

Diploma Thesis

**Contract models in tunnelling:
Comparison of the ÖNORM-model and
the FIDIC Emerald Book**

Assessment of the risks and remuneration security for performers

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

Diplomarbeit

**Vertragsmodelle im Tunnelbau:
Das ÖNORM-Modell und
das FIDIC Emerald Book im Vergleich**

Abwägung der Risiken und der Vergütungssicherheit für Ausführende

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

von

David Schoiswohl, BSc

Matr.Nr.: 01206788

unter der Anleitung von

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

Univ.Ass. Dipl.-Ing. **Alexander Bender, BSc**

Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement –
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/234-1, A-1040 Wien

Wien, im November 2021



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.

„Jeder erfolgreiche Weg beginnt mit Gelassenheit.“
— Gernot Candolini



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, Vertragsmodelle, Risikoverteilung, Vergütungssicherheit, ÖNORM B 2118, ÖNORM B 2203-1, ÖNORM B 2203-2, FIDIC Emerald Book, Vergleichsanalyse

Die vorliegende Diplomarbeit entsteht im Rahmen der Forschungstätigkeit des Institutes für interdisziplinäres Bauprozessmanagement — Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik an der TU Wien. Das spezifische Forschungsfeld widmet sich einer *Modellbildung zur Projektkosten- und Risikoabschätzung im Infrastrukturbau mit dem Fokus auf Tunnelbauwerke*. Der Tunnelbauvertrag mit einem entsprechenden Vergütungsmodell und der darin festgelegten Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern nimmt in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle ein. Als unterstützende Analyse soll die folgende Forschungsarbeit aufzeigen, wie mit charakteristischen Risiken im nationalen und in einem internationalen Vertragsmodell des Tunnelbaues umgegangen wird. Das Hauptaugenmerk liegt dabei in der Abwägung der Risiken und der damit korrelierenden Vergütungssicherheit für ausführende Unternehmen. Die Untersuchung wird in Form eines analysierenden Vergleiches des heimischen Vertragsmodells, dem ÖNORM-Modell, mit dem neu erschienenen Vertragswerk der *Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC)*, dem *Emerald Book*, durchgeführt.

Zu Beginn dieser Arbeit werden die aktuellen Bauverfahren des universellen sowie maschinellen Tunnelbaues erschlossen. Eine grundsätzliche Übersicht der vorherrschenden Bauverträge erfolgt anhand einer kurzen Vorstellung herkömmlicher sowie ausgewählter, alternativer Vertragsmodelle auf nationaler sowie internationaler Ebene. Auf Basis dieser Grundlagen folgt die eingehende Analyse des ÖNORM-Modells. Die allgemeinen Merkmale eines Bauvertrages und tunnelbauspezifische, vertragliche Regelungen werden beleuchtet. Zudem werden wichtige Aspekte der Ausschreibungserstellung und Angebotslegung und aus den Vertragsmodell resultierende Besonderheiten für den Auftraggeber sowie Auftragnehmer herausgearbeitet. Der *FIDIC*-Standardvertrag für den Tunnelbau wird unter denselben Gesichtspunkten erforscht, um sodann den Vergleich anstellen zu können.

Darauf aufbauend kann die Schwerpunktanalyse – die Abwägung der Risiken und der Vergütungssicherheit für Ausführende – durchgeführt werden. Dabei erfolgt zunächst die Definition der wesentlichen Risiken im Untertagebau, welche anschließend den jeweiligen Risikosphären der Vertragspartner gemäß den Modellen zugewiesen werden. Im Zuge dessen wird versucht, besondere Risiken für den Auftragnehmer auszuloten und eine damit einhergehende Vergütungssicherheit abzuleiten. Im Anschluss daran kann der analysierende Vergleich der beiden Musterverträge vollzogen werden. Neben den charakteristischen Merkmalen werden die Risikoverteilungen einander gegenübergestellt. Als Fazit lässt sich in qualitativer Weise abschätzen, dass dem ausführenden Unternehmen grundsätzlich eine höhere Risikotragung durch das *FIDIC Emerald Book* zukommt als beim ÖNORM-Modell. Außerdem ist nach Einschätzung des Verfassers eine geringere Vergütungssicherheit für den Auftragnehmer beim internationalen Vertragsmodell zu erkennen. Ergänzend dazu werden die beiden Standardverträge des Tunnelbaues unter den im Bauwesen dominierenden Verträgen in Bezug auf die Risikoverteilung eingeordnet. Zum Zwecke eines vertieften Verständnisses der zuvor erworbenen Erkenntnisse wird diese Diplomarbeit mit der Untersuchung drei gezielter Fallstudien praxisnaher Ereignisse des Tunnelbaues im Hinblick auf dessen vertragliche Abwicklung abgerundet.



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, contract models, risk allocation, remuneration security, ÖNORM B 2118, ÖNORM B 2203-1, ÖNORM B 2203-2, FIDIC Emerald Book, comparison analysis

This diploma thesis is being written as part of the research activities of the Institute for Interdisciplinary Construction Process Management - Research Area Construction Process and Methods at the Vienna University of Technology. The specific research field is dedicated to *modelling for project cost and risk estimation in infrastructure construction with a focus on tunnel constructions*. The tunnelling contract with a corresponding remuneration model and the risk allocation between the contracting parties defined therein plays a crucial role in this context. As a supporting analysis, the following research work is intended to show how characteristic risks are dealt with in the national and in an international contract model of tunnel construction. The main focus is on the weighing of risks and the correlating security of remuneration for executing companies. The study is carried out in the form of an analytical comparison of the domestic contract model, the ÖNORM-model, with the recently published contract model of the *Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC)*, the *Emerald Book*.

At the beginning of this thesis, the current construction methods of the universal and mechanised tunnel construction are explained. A basic overview of the prevailing construction contracts is provided by a brief presentation of conventional and selected alternative contract models at national and international level. On the basis of these fundamentals, the ÖNORM-model is analysed in detail, i.e., the general characteristics of a construction contract and contractual regulations specific to tunnel construction are examined. In addition, important aspects of tender preparation and submission as well as the special features for the employer and contractor resulting from the contract model are elaborated. The *FIDIC* standard contract for tunnelling is examined under the same aspects in order to be able to make a comparison.

Based on this, the focus analysis – the weighing of risks and remuneration security for contractors – can be carried out. First, the main risks in underground construction are defined, which are then assigned to the respective risk spheres of the contract partners, according to the models. Along with this, an attempt is made to identify particular risks for the contractor and to derive an associated security of remuneration. Following this, the analytical comparison of the two contract models can be done. In addition to the characteristic features, the risk allocations are compared. As a conclusion, it can be qualitatively estimated that the executing company basically bears a higher risk with the *FIDIC Emerald Book* than with the ÖNORM-model. Aside from that, according to the author's assessment, a lower level of remuneration security for the contractor can be recognised due to the international contract model. Furthermore, the standard contracts are classified among the dominant contracts in the construction industry in terms of risk allocation. For the purpose of a deeper understanding of the previously acquired insights, this diploma thesis is rounded off with the examination of three targeted case studies of practical events in tunnel construction with regard to their contractual handling.



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.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1	Motivation	12
1.2	Forschungsfragen	12
1.3	Forschungsmethodik und Aufbau der Forschungsarbeit	13
1.4	Begriffsbestimmungen	14
1.5	Abkürzungsverzeichnis	16
2	Grundlagen des Tunnelbaues in geschlossener Bauweise	19
2.1	Überblick und Auswahl der Vortriebsmethoden	20
2.2	Universeller Tunnelvortrieb	22
2.2.1	Sprengvortrieb	23
2.2.2	Baggervortrieb	26
2.2.3	Vortrieb mittels Teilschnittmaschine	28
2.2.4	Schutterung und Stützmitteleinbau	29
2.2.5	Grundzüge der NÖT	34
2.3	Maschinellem Tunnelvortrieb	36
2.3.1	Tunnelbohrmaschine	38
2.3.2	Schildmaschine	41
2.4	Übersicht der Vertragsmodelle für Tunnelbauprojekte auf nationaler und internationaler Ebene	44
2.4.1	Werkvertrag nach dem ABGB	49
2.4.2	ÖNORM-Vertragsmodell	50
2.4.3	GMP-Vertrag	52
2.4.4	Allianzvertrag	53
2.4.5	Vertragswerke der FIDIC	56
3	Vertragsmodell in Österreich	59
3.1	Planungsprozess von Tunnelbauprojekten	61
3.1.1	Geotechnische Planung für den zyklischen Vortrieb	62
3.1.2	Geotechnische Planung für den kontinuierlichen Vortrieb	66
3.2	ÖNORM B 2118 – der bauwirtschaftliche Mustervertrag	72
3.2.1	Das Modell der Norm	72
3.2.2	Ausschreibungs- und Angebotsbestimmungen	78
3.2.3	Besonderheiten für den AG	80
3.2.4	Besonderheiten für den AN	81
3.3	Die Werkvertragsnormen des Tunnelbaues	82
3.3.1	Vertragliche Regelungen im zyklischen Tunnelbau – ÖNORM B 2203-1	82
3.3.2	Vertragliche Regelungen im kontinuierlichen Tunnelbau – ÖNORM B 2203-2	89
3.4	Zusammenfassung und Zwischenresümee des ÖNORM-Modells	100
4	Internationales Vertragsmodell – das Emerald Book der FIDIC	101
4.1	Charakteristika des Vertragsmodells	102
4.2	Kennzeichnende Eigenschaften der Ausschreibung und des Angebotes	110

4.3	Besonderheiten für den AG	115
4.4	Besonderheiten für den AN	117
4.5	Zusammenfassung und Zwischenresümee des FIDIC Modells	118
5	Analyse der Vertragsmodelle im Hinblick auf das Risiko und der Vergütungssicherheit für Ausführende	121
5.1	Risiko im Tunnelbau – Spezifika und Clusterbildung	121
5.2	Behandlung der Risiken nach dem ÖNORM-Modell	123
5.2.1	Risikosphären gemäß der Norm	123
5.2.2	Risiko und Vergütungssicherheit für Ausführende	126
5.3	Behandlung der Risiken nach dem Emerald Book	127
5.3.1	Risikosphären gemäß FIDIC-Modell	127
5.3.2	Risiko und Vergütungssicherheit für Ausführende	130
5.4	Vergleichende Zusammenfassung der Vertragsmodelle	132
5.4.1	Charakteristische Merkmale der Modelle	132
5.4.2	Risikoverteilung der Vertragsmuster	135
5.5	Fallstudien – Abwicklung praxisnaher Ereignisse im Tunnelbau	137
5.5.1	Fallstudie 1: Verschiebung der Vortriebsklassen bzw. -abschnitte	138
5.5.2	Fallstudie 2: Wassererschwernisse	140
5.5.3	Fallstudie 3: Blockigkeit	143
6	Fazit und Ausblick	145
6.1	Beantwortung der Forschungsfragen	145
6.2	Ausblick und Handlungsempfehlung	150

Kapitel 1

Einleitung

Der Tunnelbau zählt zu den risikobehaftetsten Sektoren im Bauwesen. Dem Verfasser zugetragene Erfahrungen führender Tunnelbauexperten¹ lassen darauf schließen, dass Untertagebauvorhaben erhebliches Konfliktpotential in sich tragen. Dieser Umstand ist oftmals auf die große Anzahl an Unsicherheitsfaktoren im Baugrund, insbesondere auf die während der Ausführung mitunter rasch wechselnden, geologischen Verhältnissen, zurückzuführen. Daraus resultieren in vielen Fällen etliche Streitigkeiten, die vor allem einen finanziell beachtlichen Mehraufwand nach sich ziehen. Zur Beherrschung der wesentlichen Risiken des Hohlraumbaus kommt dem Tunnelbauvertrag ein wichtiger Stellenwert zu. Bei der Vertragserstellung sollte besonderes Augenmerk auf eine gewisse Fortschreibungs- und Anpassungsfähigkeit, faire Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern sowie auf eine konfliktarme Gestaltung gelegt werden.²

Im weiteren Sinne dieser Diplomarbeit gilt es herauszufinden, wie genau diese Schwerpunkte eines Tunnelbauvertrages einerseits im ÖNORM-Modell³ und andererseits in von der *FIDIC* sowie der *International Tunnelling and Underground Space Association (ITA)* neu eingeführten Vertragsvorlage für Untertagebauarbeiten, dem s.g. *Emerald Book*, umgesetzt werden. Das Instrument dafür liefert eine Analyse der Vertragsmodelle in Form eines Vergleiches. Die Diplomarbeit ordnet sich hierbei in die Forschungstätigkeit zur „Modellbildung der Projektkosten- und Risikoabschätzung im Infrastrukturbau mit dem Fokus auf Tunnelbauwerke“ ein, welche am Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement – Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik der TU Wien betrieben wird.

Nach einer einleitenden Erläuterung des Status Quo der Bauverfahren des geschlossenen Tunnelbaues und einer kurzen Vorstellung vorherrschender Verträge erfolgt die eingehende Untersuchung der ausgewählten Vertragsmodelle. Es werden deren charakteristische Merkmale erforscht, wichtige vertragliche Regelungen beleuchtet und die Art der Behandlung der spezifischen Risiken des Tunnelbaues analysiert, speziell hinsichtlich deren Verteilung in den jeweiligen Risikosphären. Daran anschließend wird der Vergleich der beiden Modelle angestellt. Im Zuge dieser Forschungsarbeit liegt der Fokus auf der Abwägung der Risiken und der Vergütungssicherheit für ausführende Unternehmen. Unter einer entsprechenden Vergütungssicherheit wird jene Abgeltung der Baufirmen für die Herstellung des Tunnelbauwerkes verstanden, die im Wesentlichen den bei Vertragsabschluss vereinbarten Preis nicht unterschreitet.

Die folgende wissenschaftliche Analyse beruht maßgeblich auf der Zusammenarbeit mit dem Institut, Experten der Bauwirtschaft und dem Verfasser. An dieser Stelle sei allen Beteiligten recht herzlich für den konstruktiven Austausch gedankt.

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

²Vgl. [54] Schneider, S. 22

³Als ÖNORM-Modell wird in dieser Arbeit das Konvolut an Regelwerken verstanden, das zur vertraglichen Abwicklung von Tunnelbauprojekten in Österreich eingesetzt wird.

1.1 Motivation

Der Bauvertrag versteht sich als ein Hilfsmittel zur Umsetzung eines Bauvorhabens und sein Bestreben liegt generell in der Erzielung des Projekterfolges für beide Vertragspartner.⁴ Einer der wichtigsten Beweggründe für den Abschluss eines Bauvertrages sollte die Vereinbarung zur fairen Regelung von zukünftigen Unsicherheiten sein. Baufirmen nehmen unter anderem genau dieses Vertragsmerkmal in den Fokus, wenn sie im Zuge der Projektakquisition ihre durch das Vertragsmodell entstehenden Risiken abwägen und in der Folge die Vergütungssicherheit abschätzen.

Hierzulande findet sich für den Tunnelbau ein umfangreiches Konglomerat an Vertragswerken – das ÖNORM-Modell. Seine Tauglichkeit in der fachspezifisch vertraglichen Abwicklung, wie z.B. die charakteristische Vortriebsklassifizierung, hat das Modell bereits des Öfteren unter Beweis stellen können. Im internationalen Umfeld kann nun der neu veröffentlichte Mustervertrag der *FIDIC* eine entsprechende Grundlage für die Verwirklichung von Untertagebauvorhaben schaffen. Praktische Erfahrungen mit dem *Emerald Book* sucht man aber noch vergeblich, da zum Zeitpunkt des Verfassens der Forschungsarbeit kein Projekt wissentlich mit dieser Vertragsvorlage umgesetzt wurde.

Mit Hilfe dieser Diplomarbeit soll aufgezeigt werden, wie sich das *FIDIC Emerald Book* hinsichtlich maßgeblicher vertraglicher Aspekte und der Behandlung wesentlicher Risiken, insbesondere der Risikoverteilung und der sich daraus ergebenden Vergütungssicherheit für Ausführende, einordnen lässt. Die Bezugsbasis bildet dafür das ÖNORM-Modell. Somit erfolgt nach einer vorangegangenen Analyse der beiden Vertragsmodelle der Vergleich dieser im Hinblick auf die Forschungsschwerpunkte. Die finalisierte Diplomarbeit könnte sodann heimischen Bauingenieuren als übersichtliches Nachschlagewerk dienen, speziell für das junge *FIDIC Emerald Book*.

1.2 Forschungsfragen

Das vorliegende Forschungsgebiet wird im Vorfeld anhand nachstehender vier Forschungsfragen näher präzisiert. Diese Fragestellungen liefern die Rahmenbedingungen für die anschließend vorgestellte Forschungsmethodik und dienen als Leitlinie zum Aufbau dieser Diplomarbeit. In Zusammenarbeit mit Herrn Dipl.-Ing. Alexander Bender (Betreuer – TU Wien) wurden folgende Forschungsfragen definiert:

1. Welches Konglomerat an Richtlinien und Normen stellt die vertragliche Grundlage für Untertagebauarbeiten (ÖNORM-Modell) in Österreich dar?

Aus welchen Bestandteilen setzt sich das internationale Vertragswerk der *FIDIC* für den Tunnelbau (*Emerald Book*) zusammen?

Welche charakteristischen Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten weisen die beiden Vertragsmodelle auf?

2. Welche Risikoverteilung sieht das ÖNORM-Modell vor?

Entstehen den ausführenden Unternehmen besondere Risiken aufgrund des nationalen Vertragsmodells?

3. Welche Risikoverteilung kennt das *FIDIC Emerald Book*?

Gehen aus dem internationalen Vertragsmodell der *FIDIC* besondere Risiken für den AN hervor?

⁴Vgl. [33] Kurz, S. 4

4. Welche signifikante Differenzen existieren in den verglichenen Vertragswerken im Hinblick auf die Risikoverteilung?

Bestehen wesentliche Unterschiede im Vergleich der Vergütungssicherheit für Ausführende in den Modellen?

Wie lassen sich die beiden Vertragsmuster unter den im Bauwesen vorherrschenden Verträgen hinsichtlich der Risikoverteilung einordnen?

1.3 Forschungsmethodik und Aufbau der Forschungsarbeit

Zu Beginn dieser Diplomarbeit werden einem bautechnisch versierten Leser der aktuelle Stand der verschiedenen Bauverfahren des geschlossenen Tunnelbaues näher gebracht. Zum einen werden die unterschiedlichen Methoden des universellen Vortriebes beleuchtet und zum anderen die derzeit am Markt entwickelten Tunnelvortriebsmaschinen (TVM's) aufgezeigt. Die Erarbeitung dieser Grundlagen des Hohlraumbaus im Kapitel 2 beruht auf einer weitreichenden Literaturrecherche. Im einleitenden Kapitel werden zudem die gängigen Vertragsmodelle des Bauwesens, deren Anwendung auch im Tunnelbau zu finden ist, in kurzer Weise vorgestellt. Die Auswahl umfasst dabei klassische (z.B. ÖNORM-Modell, *FIDIC*-Vertragswerke) sowie alternative Modelle (Garantierter Maximalpreis (GMP)- und Allianzvertrag).

Nachdem die wesentlichen Grundlagen für diese Forschungsarbeit erhoben worden sind, folgt die eingehende Analyse des nationalen und eines internationalen Vertragsmodells des Tunnelbaues. Im Kapitel 3 wird das heimische ÖNORM-Modell betrachtet und die Erforschung des jüngst publizierten *Emerald Book* der *FIDIC* erfolgt im Kapitel 4. Die Methodik zur Analyse fundiert auf einer umfangreichen Grundlagenenerhebung in den erforderlichen Regelwerken der Vertragswerke. Zur unterstützenden Untersuchung wird in einschlägiger Literatur zu speziellen Themen quergelesen. Inhaltlich werden wichtige vertragliche Aspekte im tunnelbautechnischen Sinne herausgearbeitet. Charakteristika wie u.a. die Preisgestaltungsform, das flexible Vergütungsmodell und die Abwicklung von Leistungsabweichungen werden erläutert und es wird auf die wichtigsten Merkmale der Ausschreibungserstellung und Angebotslegung eingegangen. Abgerundet werden die Kapitel 3 und 4 jeweils mit aus den Modellen resultierenden Besonderheiten für den Auftraggeber (AG) und Auftragnehmer (AN). Diese Hauptabschnitte weisen den gleichen Aufbau auf, sodass darauffolgend der analysierende Vergleich angestellt werden kann.

Im weiteren Verlauf der Arbeit ist die Schwerpunktanalyse – die Betrachtung der Risikobehandlung in den Vertragsmodellen – im Kapitel 5 angesiedelt. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei in der Abwägung der Risiken und folglich der Vergütungssicherheit für ausführende Unternehmen. Im Zuge dessen werden zunächst die typischen Risiken des Untertagebaues in fünf Risikoclustern erfasst und in weiterer Folge – gemäß der Risikoverteilung der Vertragsschablonen – der jeweiligen Sphäre des Bauherrn oder des Ausführenden zugeordnet. Anschließend können daraus die wesentlichsten Risiken und die damit verbundene Vergütungssicherheit für den AN abgeleitet werden.

Der resümierende Vergleich ist ebenso im Kapitel 5 zu finden. Durch die Erarbeitung derselben Punkte in den vorangegangenen Kapiteln können nun die allgemeinen und besonderen Merkmale sowie die Risikosphären der Vertragsmodelle in übersichtlicher Weise anhand von Vergleichsmatrizen gegenübergestellt werden. Ergänzend dazu werden die beschriebenen Vertragsmuster unter den in der Baubranche vorherrschenden Verträgen in Bezug auf die Risikoverteilung eingeordnet. Abschließend im Kapitel 5 sollen die zuvor erworbenen Erkenntnisse in Form dreier gezielter Fallstudien praxisnaher Ereignisse im Untertagebau vertieft werden. Dabei wird die unterschiedliche vertragliche Herangehensweise zur Abwicklung von typischen Szenarien (Vortriebsklassen-

bzw. Vortriebsabschnittsverschiebung, Wassererschwernisse und Blockigkeit) der Modelle in systematischer Weise aufgezeigt.

Am Ende kann im Kapitel 6 schließlich in Form der Beantwortung der eingangs formulierten Forschungsfragen Fazit gezogen werden. Abgerundet wird der letzte Teil der Arbeit mit einem Ausblick für zukünftige Forschungsfelder und einer Handlungsempfehlung für Tunnelbauingenieure im Hinblick auf die vorgestellten Vertragsmodelle.

1.4 Begriffsbestimmungen

Zum Zwecke einer einheitlichen Terminologie in bauvertraglicher Hinsicht und in Bezug auf den geschlossenen Tunnelbau sollen nachfolgend essentielle Begrifflichkeiten erklärt werden. Die Definitionen entstammen den einschlägigen ÖNORMEN und den Richtlinien der *Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG)* sowie den Werken von Girmscheid [17], Goger [20] und Kropik [32].

Abrasivität: Darunter wird jene Gebirgseigenschaft verstanden, die maßgebend den Werkzeugverschleiß (bzgl. der Lösewerkzeuge und sämtlicher Kontaktflächen der Tunnelbaumaschine) beeinflusst.⁵

Abschlag: Im Zuge des universellen Vortriebes ist der Abschlag ein ausgebrochener Teil des Hohlraumes, der mit einem Zyklus vollendet wird. Die Abschlagslänge spiegelt dabei die mittlere Tiefe des Abschlages wieder.⁶

Ausbau: Unter dem Begriff wird die Stützung der ausgebrochenen Hohlraumlaibung verstanden.⁷ In Verbindung mit der Reaktion des Gebirges fungieren die Ausbaumaßnahmen als permanente Stützung des Hohlraumes bei gleichzeitigem Abschluss der innen liegenden Schale des Tunnels.⁸

Bau-Soll: Dieses Soll wird als der vertraglich vereinbarte Leistungsumfang aufgefasst. Dieser ergibt sich aus den Vertragsunterlagen, insbesondere aus dem Leistungsverzeichnis (LV), Plänen, Baubeschreibung, technischen und rechtlichen Vertragsbestimmungen, und überdies aus den daraus abzuleitenden, objektiv zu erwartenden Umständen der Leistungserbringung.⁹

Bohrlochtiefste: Beim Auffahren eines Tunnels mittels dem Sprengvortrieb sind Bohrlöcher zur Beladung mit Sprengstoff in der Ortsbrust herzustellen. Die Sprengladungen werden dabei in der tiefsten Stelle der Bohrlöcher, dem Bohrlochtiefsten, platziert.¹⁰

Ereignisbewältigung: Außerordentliche Ereignisse während des Tunnelvortriebes, welche besondere Maßnahmen erfordern und nicht als Sondervortrieb einzustufen sind, werden in Form der Ereignisbewältigung abgearbeitet. Diesbezüglich treten spezielle Vergütungsregelungen in Kraft.⁷

Erschwernisse: Unter diesem Begriff werden Einflüsse auf den Vortrieb aufgefasst, welche einen erhöhten Einsatz an Produktionsmitteln benötigen oder die vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten negativ beeinträchtigen. Definitionsgemäß liegt deren Verschulden nicht im

⁵Vgl. [41] ÖGG, S. 9 ff.

⁶Vgl. [49] ÖNORM B 2203-1: 2022-01-15, S. 4 ff.

⁷Vgl. [50] ÖNORM B 2203-2: 2022-01-15, S. 6 ff.

⁸Vgl. [17] Girmscheid, S. 42

⁹Vgl. [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01, S. 8 ff.

¹⁰Vgl. [20] Goger, S. 70 ff.

Einflussbereich der Vertragspartner. Beispiele für Vortriebserschwerisse wären Wasserzutritte, Klebrigkeit, Blockigkeit oder Mixed-Face Bedingungen.¹¹

Innenschale: Die Innenschale, auch als Tunnelauskleidung bezeichnet, stellt die permanente, konstruktive Auskleidung eines Hohlraumbauwerkes dar.¹² Diese kann in einschaliger, vorzugsweise mit (bewehrten oder unbewehrten) Spritzbeton oder Tübbingausbau, oder in zweischaliger Bauweise beispielsweise durch Ortbeton hergestellt werden.¹³

Leistungsbeschreibung (LB): Die Beschreibung, das Ausmaß und die vollständige Erfassung der Leistungen für ein Bauwerk erfolgt anhand der LB. Dieses Dokument besteht i.d.R. aus dem LV und der Baubeschreibung. Ergänzend dazu dienen sämtliche Pläne, Zeichnungen, Muster, Berechnungen und dergleichen. Eine LB kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen.^{14,15}

funktionale LB: Bestimmung der Leistung auf einer eher globalen Ebene, die auf einer funktions- und qualitätsorientierten Beschreibung beruht. Konkrete Angaben zu konstruktiven Merkmalen, den zu verwendenden Materialien, spezifische Mengenermittlung, usw. sind hierbei nicht zu finden.

konstruktive LB: Die Teilleistungen werden separat im entsprechenden Detaillierungsgrad beschrieben und in ihrem voraussichtlichen Ausmaß angegeben. Das Instrument der konstruktiven LB ist das in Einzelpositionen gegliederte LV.

Leistungsziel: Der Bauherr strebt mit der Beauftragung von Bauleistungen einen gewissen Erfolg dieser an. Als Leistungsziel wird jene erfolgreiche Durchführung der Leistungen durch das ausführende Unternehmen verstanden, die den Ansprüchen des Bauherrn entsprechen und objektiv daraus abzuleiten sind. Ein gebrauchstaugliches und abnahmefähiges Tunnelbauwerk würde einen solchen Erfolg darstellen.^{9,16}

Mehr- oder Minderkostenforderung (MKF): Durch etwaige Leistungsabweichungen entsteht in aller Regel ein Veränderung zum Bau-Soll. Diese Abweichungen resultieren zumeist in einem finanziellen Mehraufwand für einen Vertragspartner und/oder fordern eine Anpassung der vertraglichen Bauzeit. Mit Hilfe der MKF (Nachtragsforderung) fordert ein Vertragspartner die Fortschreibung bzw. Anpassung des Vertrages in kostenmäßiger und terminlicher Hinsicht.⁹

Penetration: Unter der Penetration wird die Eindringtiefe des Bohrwerkzeuges pro Bohrkopfdrehung in den Untergrund verstanden. Grundsätzlich wird diese mit der Einheit [mm/U] ausgewiesen.⁷

Sondermaßnahmen: Als Sondermaßnahmen werden jene Maßnahmen definiert, die grundsätzlich nicht mit den üblichen Geräten eines Tunnelvortriebes (Tunnelbagger, Bohrgerät, TVM, usw.) durchgeführt werden können.⁶

Sondervortrieb: Hier können die Vortriebsleistungen nicht dem Regelvortrieb zugeordnet und folglich nicht entsprechend diesem abgerechnet werden.⁷

Stützmittel: Stützmittel (Sicherungsmaßnahmen) dienen zur unmittelbaren bzw. vorauseilenden Sicherung des ausgebrochenen Hohlraumes. Als Stützmittel werden v.a. Spritzbeton (mit

¹¹Vgl. [48] ÖNORM B 2203-2: 2005-01-01, S. 5 ff.

¹²Vgl. [42] ÖGG, S. 5 ff.

¹³Vgl. [17] Girmscheid, S. 397 f.

¹⁴Vgl. [24] Heegemann, S. 16 ff.

¹⁵Vgl. [32] Kropik, S. 135

¹⁶Vgl. [32] Kropik, S. 101

Bewehrung), Anker, Tunnelbögen und ferner vorausseilende Sicherungsmaßnahmen wie z.B. Stahlspieße, Dielen, etc. eingesetzt.¹⁷

Tübbing: Tübbinge sind gekrümmte Fertigteile aus Beton, welche als Teil des endgültigen Ausbaues im Zuge des maschinellen Vortriebs eingesetzt werden und radial im Tunnelquerschnitt zusammengesetzt einen tragfähigen Ring bilden.^{7,18}

Value Engineering: Ein solches Verfahren kann zum Zwecke alternativer (von der Ausschreibung des AG abweichender) Ausführungsvorschläge des AN nach Vertragsabschluss eingesetzt werden.⁹

Vortriebsstillliegezeit: Während dieser Zeit werden im Allgemeinen keine regulären Vortriebsleistungen erbracht. Ausgeschlossen davon sind Arbeiten bezüglich Beleuchtung, Bewetterung und Wasserhaltung. Zeiten für den Abgang, z.B. am Barbaratag, an Weihnachten und Ostern, fallen unter solche Zeiten.⁷

Vortriebsunterbrechung: Im Sinne einer Vortriebsunterbrechung wird jene Zeit aufgefasst, während dieser die Leistungen nicht nach den vertraglich vereinbarten Vortriebsklassen abgerechnet und für diese auch nicht die Regeln der Extrapolation der Vortriebsklassen angewandt werden können.⁶

Zusatzmaßnahmen: Darunter sind jene Leistungen zu verstehen, welche im Zuge der Vortriebsarbeiten erforderlich sind bzw. mit dem Ausbruch im Zusammenhang stehen, aber keine Stützmittel darstellen.⁶

1.5 Abkürzungsverzeichnis

ABGB Allgemeines bürgerliches Gesetzbuch

AG Auftraggeber

AGB Allgemeine Geschäftsbedingungen

AN Auftragnehmer

ARGE Arbeitsgemeinschaft

AT Arbeitstag(e)

BGK Baustellengemeinkosten

BVergG 2018 Bundesvergabegesetz 2018

bzgl. bezüglich

bzw. beziehungsweise

DAAB Dispute Avoidance/Adjudication Board

DAUB Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen

DSM Doppelschildmaschine

¹⁷Vgl. [17] Girmscheid, S. 171

¹⁸Vgl. [20] Goger, S. 295

- EHP** Einheitspreis
- ETBM** Erweiterungstunnelbohrmaschine
- etc.** et cetera
- FIDIC** Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils
- GBR** Geotechnical Baseline Report
- GDR** Geotechnical Data Report
- GGK** Geschäftsgemeinkosten
- GMP** Garantierter Maximalpreis
- GU** Generalunternehmer
- GVT** Gebirgsverhaltenstyp
- i.d.R.** in der Regel
- inkl.** inklusive
- ITA** International Tunnelling and Underground Space Association
- LB** Leistungsbeschreibung
- LV** Leistungsverzeichnis
- MKF** Mehr- oder Minderkostenforderung
- NÖT** Neue Österreichische Tunnelbaumethode
- o.ä.** oder ähnliches
- ÖBA** Örtliche Bauaufsicht
- ÖBV** Österreichische Bautechnikvereinigung
- ÖGG** Österreichische Gesellschaft für Geomechanik
- ON** Österreichisches Normungsinstitut
- ÖVBB** Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik
- PAP** Pauschalpreis
- s.g.** so genannte
- SiGe** Sicherheits- und Gesundheitsschutz
- SM** Schildmaschine
- TBM** Tunnelbohrmaschine
- TBM-A** Tunnelbohrmaschine mit Aufweitungsbohrkopf (bzw. ETBM)
- TBM-DS** Tunnelbohrmaschine mit Doppelschild

- TBM-O** offene Tunnelbohrmaschine
- TBM-S** Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild
- TSM** Teilschnittmaschine
- TSV** tunnelbautechnischer Sachverständiger
- TU** Totalunternehmer
- TVM** Tunnelvortriebsmaschine
- tw.** teilweise
- u.a.** unter anderem
- usw.** und so weiter
- v.a.** vor allem
- Vgl.** Vergleich
- z.B.** zum Beispiel
- ZGK** zeitgebundene Kosten
- zzgl.** zuzüglich

Kapitel 2

Grundlagen des Tunnelbaues in geschlossener Bauweise

Der Tunnelbau, nach Maidl [36] eine der faszinierendsten, aber auch schwierigsten Disziplinen des Bauingenieurwesens, hat in den letzten Jahrzehnten wesentlich an Bedeutung in vielen Bereichen unserer Gesellschaft gewonnen. Das Tunnelbauwerk nimmt eine besondere Rolle im Ausbau der Infrastruktur ein. Um den Wirtschaftsstandort Europa zu stärken, ist es von Nöten, das Verkehrsnetz interkontinental zu verknüpfen und auszubauen. Der Tunnel, als Teil der Infrastruktur, gewährt eine Begradigung der Trassenführung von Verkehrswegen der Straße und Schiene, wodurch erhebliche Verkürzungen der Fahrzeiten möglich werden. Weltweit existiert, insbesondere in vielen Ländern Südamerikas und Asiens, ein noch großes Potential im Infrastrukturausbau.¹⁹

Des Weiteren kommt es im Zuge der Energiewende zum Bau großer Wasserkraftwerke, wobei wichtige Elemente der Anlage, wie zum Beispiel Druckleitungen bzw. -stollen oder Kavernen, unterirdisch ausgeführt als Hohlraumbauwerke unabdingbar sind. Nicht unerwähnt soll die enorme Bedeutung des unterirdischen Hohlraumbaus in urbanen Gebieten bleiben. Der starke Bevölkerungszuwachs in Ballungsräumen großer Metropolen weltweit erfordert hocheffiziente öffentliche Verkehrsnetze. Diese sind zumeist nur mit in Tunneln geführten U-Bahnen realisierbar.²⁰

Die vorliegende Diplomarbeit nimmt im Zuge ihrer Forschungstätigkeit den Tunnelbau in den Fokus. Der Tunnelbau ist stark geprägt von vielen Unsicherheiten, besonders in der Ausführung, welche oftmals auf die große Variation der geologischen Verhältnisse zurückzuführen sind. Folglich ist die Adaptionsfähigkeit der jeweiligen Bauverfahren und Sicherungsmaßnahmen eine nicht wegzudenkende Notwendigkeit. Es haben sich im Laufe der Zeit etliche verschiedene Methoden für den Ausbruch eines Tunnels entwickelt, wobei hier die Wurzeln auf den Bergbau zurückzuführen sind.²¹

Wie sich in der Einleitung dieses Kapitels abzeichnet, kommt dem Tunnelbau enorme Bedeutung in vielen verschiedenen Sektoren des öffentlichen und privaten Lebens zu. Aus diesem Grunde möchte der Verfasser in den darauffolgenden Abschnitten einen grundlegenden Überblick der herkömmlichen Vortriebsmethoden geben und die Auswahl des jeweilig geeignetsten Verfahrens kurz beleuchten. In weiterer Folge werden die einzelnen Spezifika ausgewählter Tunnelvortriebe vorgestellt, mit dem Ziel, dem Leser ein Basisverständnis für diese interessante Bauweise zu vermitteln. Abschließend werden ausgewählte Vertragsmodelle für Tunnelbauprojekte auf nationaler sowie internationaler Ebene angeführt und in allgemeiner Weise beschrieben. Angemerkt soll sein, dass der Autor, trotz reger Bemühung, keinen Anspruch auf Vollständigkeit der vorgestellten Tunnelbauverfahren und der angeführten Bauverträge erhebt.

¹⁹Vgl. [17] Girmscheid, S. 3 f.

²⁰Vgl. [5] Bender, S. 17

²¹Vgl. [17] Girmscheid, S. 1 f.

2.1 Überblick und Auswahl der Vortriebsmethoden

Um einen allgemeinen Überblick der am weitest verbreiteten Verfahren im Tunnelbau zu bekommen, eignet sich dem Verfasser nach die Übersicht des *Deutschen Ausschusses für unterirdisches Bauen* (DAUB).

Tab. 2.1: Bauverfahren für Tunnel in geschlossener Bauweise (Quelle: DAUB et al. [9, S. 4])

Bautechnische Merkmale eines Tunnels <i>Technical features of a tunnel</i> Umwelt <i>Environment</i> Tunnel-Bauverfahren <i>Tunneling method</i>	Merkmale des Tunnels/Features of tunnel												Umwelt/Environment		
	Querschnittsgröße <i>Size of cross-section</i>		Querschnittsform <i>Form of cross-section</i>		Tunnellänge <i>Length of tunnel</i>		Sicherung Ausbau <i>Lining</i>		geford. Profilgenauigkeit <i>Required profile accuracy</i>	Grund (G)-Schicht (S)-Wasser <i>Groundwater (G) Underground water (U)</i>		Lärmerschütterungen <i>Noise vibrations</i>	Gas-Staub-Entwickl. <i>Gas dust development</i>	Schutz d. Personals <i>Protection of labour force</i>	
	gleichbleibend <i>uniform</i>	veränderlich <i>changing</i>	gleichbleibend <i>uniform</i>	veränderlich <i>changing</i>	kurz <i>short</i>	lang <i>long</i>	zweischalig <i>2-shells</i>	einschalig <i>1-shell</i>	groß <i>high</i>	ohne Zusätzmaßn. <i>without extra measures</i>	mit Zusätzmaßn. <i>with extra measures</i>				
Universeller Vortrieb <i>Universal excavation</i> Festgestein/Solid rock															
↑ Sprengvortrieb <i>Drill + blast</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	0	SX	GX	□	□	△	
Teilschnittmasch. Vortrieb <i>Roadheader</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SX	GX	△	□	△	
Spritzbetonbauw./NÖT <i>Shotcreting method/NATM</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	SX	GX	△	△	△	
Messervortrieb <i>Forepoling</i>	X	0	X	0	-	X	X	X	X	0	GX	△	△	□	
Vortrieb mit systematisch voreilender Sicherung <i>Heading with systematic advance support</i>	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	GX	△	△	□	
↓ Lockergestein/soft ground															
Maschineller Vortrieb <i>Mechanical heading</i> Festgestein/Solid rock															
↑ Tunnelbohrmasch.-Votr. <i>TBM driving</i>	X	0	Kreis circle	0	-	X	X	X	X	SX	GX	△	△	△	
Schildmasch.-Vortrieb <i>Shield machine driving</i>	X	0	Kreis circle	0	-	X	X	X	X	X	X	△	△	□	
Rohrvortrieb <i>Pipe jacking</i>	X	0	Kreis circle	0	X	X	-	X	X	X	X	△	△	□	
↓ Vorpfeßverfahren <i>Jacking method</i>	X	0	X	0	X	X	0	X	X	X	X	△	△	□	
↓ Lockergestein/soft ground															
Microtunnelvortrieb <i>Micro-tunnelling</i>	X	0	Kreis circle	0	X	0	0	X	X	X	-	△	△	□	
Eignung der Bauverfahren: <i>Suitability of the construction method:</i>	X gut geeignet <i>X well suited</i>		0 nicht geeignet <i>0 not suited</i>		- nicht üblich <i>- not usual</i>					Auswirkungen: □ groß △ geringer <i>Effects: □ high △ slight</i>					

Laut Tab. 2.1 wird grundsätzlich zwischen dem universellen (konventionellen/zyklischen) und maschinellen (kontinuierlichen) Vortrieb unterschieden. Bei der universellen Vortriebsmethode ist der Sprengvortrieb, der Vortrieb mittels der Teilschnittmaschine (TSM) sowie die Spritzbetonbauweise, insbesondere das Konzept der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NÖT), besonders hervorzuheben. Im maschinellen Vortrieb spielen die Tunnelbohrmaschinen (TBM's) und die Schildmaschinen (SM's) die Hauptrollen.

Durch die vertikale Gliederung der Auswahlmatrix werden die Merkmale des Tunnels, sowie umwelt- und sicherheitsrelevante Parameter berücksichtigt. Nach der oben angeführten Tabelle ist beispielsweise die Spritzbetonbauweise gut geeignet hinsichtlich verschiedener Querschnittsgrößen, -formen und Tunnellängen und dieses Verfahren weist geringe Umweltauswirkungen auf. Im maschinellen Vortrieb wird der TBM keine Flexibilität des Hohlraumquerschnittes zugewiesen und die Maschine ist prädestiniert für lange Tunnelstrecken. Zudem wirkt sich der Ausbruch positiv auf die Umwelt aus. Die Tab. 2.1 soll dabei den planenden und ausführenden Ingenieuren als Hilfestellung dienen und ersetzt in keinem Fall die projektbezogene Analyse.

Die Wahl der geeignetsten Vortriebsmethode

Die richtige Wahl der Vortriebsmethode ist in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht der Schlüssel zum Erfolg für ein Tunnelbauprojekt. Girmscheid [17] betont, wie wichtig es im Zuge der Wahl eines Bauverfahrens ist, die permanente Interaktion zwischen Hohlraumbauwerk und Gebirge in den Entscheidungsprozess einfließen zu lassen.

Die Vortriebsmethode und die Sicherungsmaßnahmen müssen dabei an die wechselnden geologischen und petrographischen Verhältnisse angepasst werden. Die daraus entstehende Fülle an ingenieurgeologischen, bauverfahrenstechnischen und wirtschaftlichen Randbedingungen eines Projektes sollten stets in ganzheitlicher Weise betrachtet und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Somit wird es möglich, die Wahl des geeignetsten Verfahrens zu treffen.^{22,23}

Gemäß Girmscheid [17] soll die Vortriebsmethode im Einklang mit den projektspezifischen Randbedingungen folgende Eigenschaften aufweisen:

- wirtschaftlicher und rascher Abbau des Gebirges
- Vermeidung der Entfestigung des Gebirges
- erschütterungsarme Methode in besiedelten Gebieten
- möglichst umweltschonendes Verfahren
- wirtschaftlich günstige Methode für den späteren Ausbau

Die Wahl des günstigsten Vortriebsverfahrens erfolgt unter Berücksichtigung folgender Faktoren:²⁴

- Ausbruchklassifizierung mit den jeweiligen Sicherungsmaßnahmen
- Querschnitt, Länge und Gefälle des Tunnels
- Lösbarkeit und Abrasivität des Gesteins
- hydrologische Verhältnisse
- sonstige Parameter (zum Beispiel erforderliche Vortriebsgeschwindigkeit, Schutz des Personals, etc.)

Die zweckmäßige Auswahl einer Vortriebsmethode richtet sich somit nach den projektspezifischen Merkmalen und wird wesentlich von den geologischen und hydrogeologischen Parametern des Gebirges beeinflusst.

Hinsichtlich des Einsatzbereichs einer Tunnelvortriebsmaschine (TVM) (wie z.B. der TBM oder SM) verweist Girmscheid [17] auf die beschränkte Flexibilität in der Querschnittsform und -größe. Bei den TVM's ist im Allgemeinen keine Flexibilität gegeben. Die Maschinen werden in den meisten Fällen nur für einen Durchmesser und eine Querschnittsform gefertigt. Hingegen bringt der universelle Vortrieb zumeist den Vorteil mit sich, dass der Tunnelquerschnitt beliebig über eine Vortriebsstrecke ausgebildet werden kann.²⁵

Im Falle der Einsatzmöglichkeit von mehreren Tunnelausbruchsmethoden in technischer Hinsicht, werden i.d.R. wirtschaftliche Analysen der verschiedenen Varianten einander gegenübergestellt. Der maßgebende Parameter ist dabei die Projektlänge. Aus der Abb. 2.1 lässt sich folgende Grundregel ableiten: „Je größer die Tunnellänge ist, desto wirtschaftlicher wird der

²²Vgl. [17] Girmscheid, S. 1

²³Vgl. [9] DAUB et al., S. 1 f.

²⁴Vgl. [17] Girmscheid, S. 67

²⁵Vgl. [17] Girmscheid, S. 68

Ausbruch mittels Tunnelvortriebsmaschinen.“ Girmscheid [17] gibt hierbei eine Projektlänge ab rund 2000 m für den wirtschaftlichen Einsatz von TVM's an.²⁶

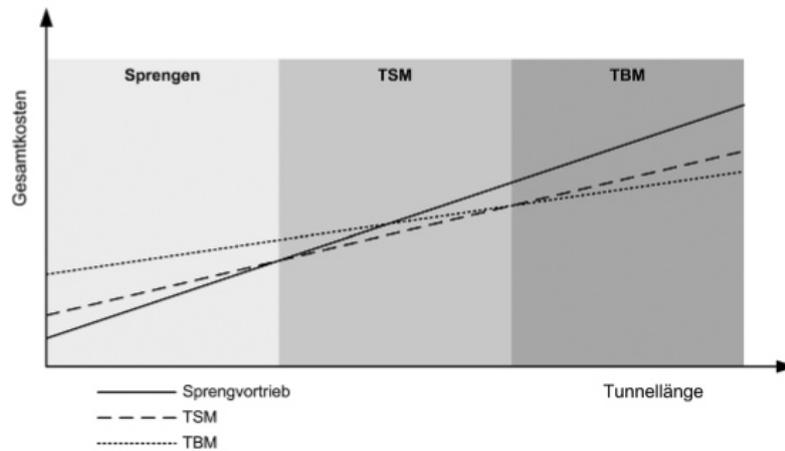


Abb. 2.1: Einsatzbereich der Vortriebsmethoden in Abhängigkeit von der Projektlänge (Quelle: Girmscheid [17, S. 70])

2.2 Universeller Tunnelvortrieb

Für die Erarbeitung dieses Abschnittes wurden die Werke von Goger [20], Girmscheid [17] und Maidl [36] herangezogen. Nach Goger [20] wird der universelle Vortrieb gemäß Abb. 2.2 folgendermaßen unterteilt:



Abb. 2.2: Bauverfahren des universellen Vortriebes (Quelle: Goger [20, S. 69])

Das wesentliche Charakteristikum des universellen Vortriebes liegt im zyklischen Ablauf der einzelnen Vorgänge. Dabei unterteilt sich ein Abschlagszyklus in folgende, hauptsächlich zeitlich nacheinander ablaufende Arbeitsvorgänge:²⁷

1. Lösen
2. Schüttern (Laden und Fördern)
3. Stützmitteleinbau

Die Abstimmung der Vorgänge untereinander, insbesondere die richtige Kombination der jeweiligen Geräte, ist essentiell, um einen zeit- und kosteneffizienten Vortrieb gewährleisten zu können. Hauptaugenmerk liegt bei der leistungsgerechten Abstimmung zwischen Lade- und

²⁶Vgl. [17] Girmscheid, S. 423

²⁷Vgl. [20] Goger, S. 70

Fördergerät. Verdeutlicht wird dies anhand des Sprengvortriebes. Beim Auffahren eines Hohlraumes mittels Sprengen liegt der Schuttervorgang am kritischen Weg. Das bedeutet, im Falle einer leistungsgerechten Abstimmung der Geräte für den Schutterbetrieb, ist mit entsprechenden Verkürzungen der Abschlagszyklen und dementsprechend mit geringeren Baukosten zu rechnen.²⁸

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Vortriebe liegt im Lösen des Gesteins. Einerseits wird das Gestein mittels Sprengen ausgebrochen, andererseits kommen vermehrt Maschinen zum Einsatz, die durch Baggern oder Schneiden bzw. Fräsen den Hohlraum auffahren.

2.2.1 Sprengvortrieb

Goger [20] und Girmscheid [17] ordnen dem Sprengvortrieb das Einsatzgebiet im Fels mit mittlerer bis hoher Festigkeit zu. Girmscheid [17] führt zusätzlich aus, dass der Abbau von Fels ab einer einaxialen Druckfestigkeit von rund 300 MN/m² ausschließlich mittels Sprengen zu bewältigen ist. Und bei einer sehr hohen Abrasivität des Gesteins ist der Sprengvortrieb in den meisten Fällen ohnehin der einzige Weg, im Gebirge voranzukommen. Ein großer Vorteil im Sprengvortrieb liegt in der Flexibilität der Querschnittsform und -größe, dem stehen jedoch die größeren Schwankungen der Vortriebsleistung, im Gegensatz zum Vortrieb mit den TVM's, gegenüber.²⁹

Der Sprengvortrieb ist ein sich ständig wiederholender Zyklus aus Bohren der Sprenglöcher, Laden des Sprengstoffes, Sprengen, Bewetterung bzw. Lüften und anschließende Schutterung sowie Durchführen der Sicherungsmaßnahmen. Durch die in den letzten zwei Jahrzehnten eingesetzte Teilrobotisierung der Prozesskette (v.a. die Vollautomatisierung des Bohrgerätes), sind die Vortriebsleistungen erheblich gestiegen. Diesem Umstand verdankt der Sprengvortrieb heutzutage seine Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Methoden. Im Folgenden wird nun auf die einzelnen Vorgänge näher eingegangen:^{30,31,32}

Bohren

Im Zuge dieses Teilvorganges werden durch das Bohrgerät Löcher mit einer Länge von ca. 3 – 5 m und Durchmesser von 17 – 127 mm in der Ortsbrust hergestellt. Essentiell ist dabei die passende Wahl des Bohrgerätes je nach Gestein und die richtige Anordnung der Bohrlöcher (Sprengschema bzw. -bild), um die gewünschte Abschlagslänge zu erzielen. Das Bohrgerät setzt sich aus folgender Ausrüstung zusammen (siehe auch Abb. 2.3):

- Bohrwagen (Trägerfahrzeug mit Antrieb und Steuerkabine)
- Ladekorb mit Hebebühne
- mehrere Bohrarmlen
- Bohrlafetten mit Bohrgestänge
- Bohrhämmer mit Bohrern

Es kommen hauptsächlich radgebundene Bohrwagen mit einer elektrohydraulischen Bohrausrüstung zum Einsatz. Im Fahrbetrieb sind die Geräte dieselbetrieben, hingegen erfolgt das

²⁸Vgl. [36] Maidl, S. 233

²⁹Vgl. [17] Girmscheid, S. 71 f.

³⁰Vgl. [20] Goger, S. 70 ff.

³¹Vgl. [17] Girmscheid, S. 73 ff.

³²Vgl. [36] Maidl, S. 185 ff.

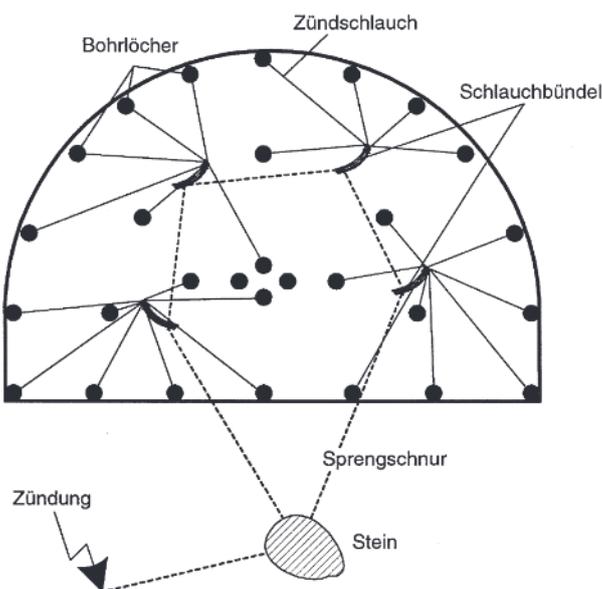


Abb. 2.4: Typisches Sprengschema mit Bündeltechnik als Anschluss der Zündschläuche an die Sprengschnur (Quelle: Girmscheid [17, S. 88])

werden. Im einfachsten Fall (isotropes, homogenes Material) breitet sich die Sprengwirkung kugelförmig aus und es wird somit ein Trichter ausgeworfen. Daraus lässt sich ableiten, dass im Idealfall die Vorgabe w dem Halbmesser des Wurftrichters entspricht.

Die Wirkung der Sprengung kann auch erheblich durch eine räumliche und zeitliche Abfolge der Detonation von gruppenweisen Ladungen erhöht werden. Dabei verschaffen sich die zeitlich versetzten Detonationen gegenseitig freie Flächen. Dies wird durch die eingebauten Zeitstufen in den Zündungen garantiert.

Tab. 2.2: Erfahrungswerte des Sprengstoffverbrauchs [kg/m^3] in Abhängigkeit vom Tunnelquerschnitt und der Gesteinsart (Quelle: Goger [20, S. 92])

Querschnitt bis	6 m ²	10 m ²	40 m ²
Weiches Gestein (Mergel, Lehm, Ton)	0,8 – 1,5	0,6 – 1,3	0,3 – 1,0
Mittelhartes Gestein (Sand-, Kalkstein, Schiefer)	2,0 – 2,8	2,0 – 2,5	1,2 – 1,7
Hartes Gestein (Harter Kalkstein, Dolomit, Granit)	2,5 – 3,5	2,5 – 3,0	1,5 – 2,0
Sehr hartes Gestein (Harter Granit, Gneis, Basalt)	2,8 – 3,8	3,0 – 3,5	2,0 – 2,5

Der Sprengstoffverbrauch beruht in der Praxis zumeist auf Erfahrungswerten und wird im Wesentlichen von dem eingesetzten Sprengstoff, der Sprengbarkeit des anstehenden Gebirges, folglich von seinen Festigkeitseigenschaften, und dem festgelegten Ausbruchsquerschnitt bestimmt. Die Tab. 2.2 zeigt die Abhängigkeit des Sprengstoffverbrauches vom Tunnelquerschnitt und der Gesteinsart. Wie sich schon vermuten lässt, steigt der Verbrauch an Sprengmitteln mit der Gesteinsfestigkeit. Und es lässt sich ableiten, dass für kleinere Querschnitte mehr Sprengstoff benötigt wird. Dies rührt daher, dass größere Querschnitte im Allgemeinen mehr Trennflächen in Form von Klüften, Schieferungen, etc. aufweisen und somit besser sprengbar sind.

Bewetterung

Unmittelbar nach der Sprengung entsteht eine gesundheitsschädliche Schwadenwolke, die es ins Freie abzuführen gilt. Zur kontrollierten Ausleitung der giftigen Schwade wird Frischluft mit einer drückenden Zusatzleitung nahe an die Ortsbrust geführt, und gleichzeitig die schädliche Luft mit einer saugenden Hauptleitung abgezogen. Die Leitungen bestehen dabei in der Regel aus Kunststoff- oder Blechlutten.

Die Bewetterung, die künstliche Belüftung eines Tunnelbauwerkes, ist, neben dem Sprengvortrieb, in allen Fällen durchzuführen. Es dürfen hierbei durch die schädlichen Gas- und Staubkonzentrationen die Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte) nicht überschritten werden.

Im Anschluss an die Bewetterung erfolgen die Zyklusschritte der Schutterung und des Stützmitteleinbaues. Da die Arbeiten in den universellen Vortrieben im Wesentlichen identisch sind, werden diese Vorgänge zusammenfassend im Unterabschnitt 2.2.4 behandelt.

2.2.2 Baggervortrieb

Der Einsatz des Baggers als Ausbruchgerät erfolgt nach Goger [20] im Lockergestein und Gebirge mit geringer Festigkeit. Maidl [36] begrenzt die wirtschaftlich sinnvolle Verwendung eines Tunnelbaggers auf ein Gebirge mit Festigkeiten bis 50 MN/m^2 , wobei Querschnitte erst ab rund 20 m^2 aufgefahren werden können.³³

Der Tunnelbagger stellt bei dieser Vortriebsmethode das Schlüsselgerät dar, also jenes Gerät, dass die Vortriebsleistung bestimmt. Dieser löst den Boden bzw. das Gestein an der Ortsbrust und belädt durch Drehen des Oberwagens die Transportgeräte an der Rückseite. Im Lockergestein können dadurch große Leistungen mit hoher Profilgenauigkeit erreicht werden.³⁴

Die zwei herkömmlichsten Geräte im Baggervortrieb werden nachstehend kurz vorgestellt:

Tunnelbagger: Die elektro- und dieselbetriebenen Hydraulikbagger sind für den Vortrieb im Tunnelbau mit einem schweren Raupenfahrwerk und Tieflöffel ausgerüstet. Ein entsprechendes Gerät der Fa. *Liebherr* ist in Abb. 2.5 ersichtlich. Für den Abbau des Lockergesteins bzw. des weichen Gebirges, sind die Tieflöffel mit Reißzähnen ausgestattet. Im Falle des Ausbruches von Gebirgen mit höherer Festigkeit können die Löffel an den Baggerarmen durch Hydraulikhämmer und -meißel ersetzt werden. Der typische Tunnelbagger entwickelte sich aus einer adaptierten Form des Hydraulikbaggers und weist folgende Charakteristika auf:³⁵

- Gedrungene Bauweise – Oberwagen, Fahrerkabine sind kleiner und der Löffelausleger und -stiel i.d.R. kürzer als beim herkömmlichen Hydraulikbagger

³³Vgl. [36] Maidl, S. 344 f.

³⁴Vgl. [17] Girmscheid, S. 147 f.

³⁵Vgl. [20] Goger, S. 93

- Seitliche Schwenkmöglichkeit um die Baggerarmlängsachse um $2 \times 45^\circ$
- Große Reichweite der Baggerarme
- Hydraulikvorrichtung angeordnet im Löffelstiel, um Beschädigungen zu vermeiden
- Volle Schwenkbarkeit des Oberwagens ab einem Hohlraumquerschnitt von rund 20 m^2 (Firsthöhe mit $5,20 \text{ m}$ und Querschnittsbreite mit $5,50 \text{ m}$)
- Bessere Sicht für die Fahrer bei Rückwärtsfahrten
- Planierschild am Unterwagen für Materialverschub
- Möglichkeit der Ausrüstung mit Hydraulikhammer und -meißel

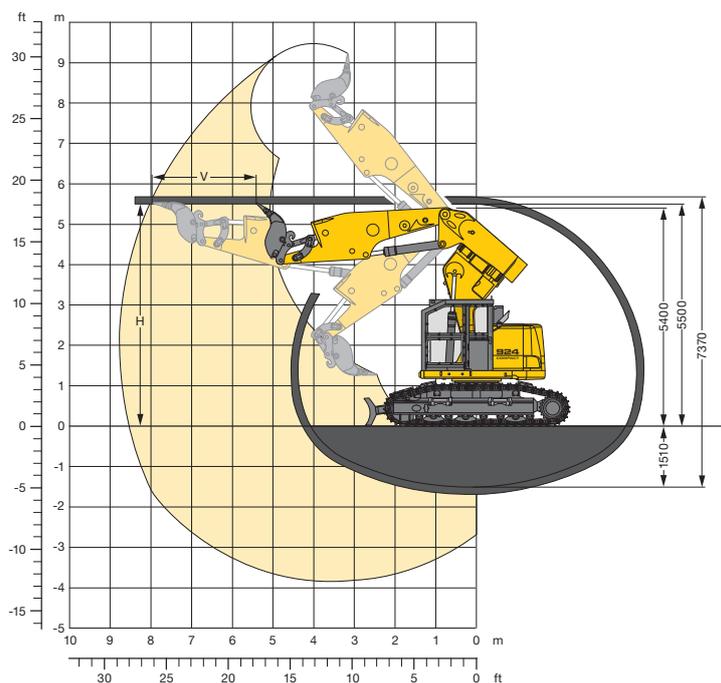


Abb. 2.5: Tunnelbagger R 924 Compact der Firma Liebherr (Quelle: Liebherr GmbH [34, S. 7])

Tunnelladebagger: Diese Sonderform kombiniert den Vorteil der höheren Löseleistung des Tunnelbaggers mit dem Schutterprinzip der Teilschnittmaschine. Dieser wird vorwiegend bei beengten Platzverhältnissen eingesetzt, da beim Tunnelladebagger im Gegensatz zum konventionellen Tunnelbagger keine Drehung erforderlich ist, um die Fördergeräte zu beladen. Die Beschickung erfolgt durch ein Gurt- oder Kettenförderband, das das Material an die Rückseite transportiert. Anstatt eines Fräskopfes wie bei der TSM (siehe Abschnitt 2.2.3) löst ein Baggerarm mit einem Tieflöffel den Boden bzw. das Gestein. Für härtere Felsformationen ist der Wechsel zu einem Hydraulikhammer oder leichten Anbaufräskopf möglich.³⁶

An dieser Stelle soll angemerkt sein, dass der Baggervortrieb auch mit dem Sprengvortrieb kombiniert werden kann. Hierbei handelt es sich um den s.g. Mischvortrieb, der in Gebirgen mit wechselnder Festigkeit Anwendung findet. Es erfolgt abwechselnd der Abbau der Ortsbrust

³⁶Vgl. [36] Maidl, S. 236 f., 345 f.

durch Baggern oder Sprengen. Ferner ist der Ausbruch nur eines Teilquerschnittes mit dem Tunnelbagger und ein anderer mittels Sprengvortrieb denkbar. Solche Verhältnisse sind aber in den meisten Fällen mit erheblichen Zeitverzögerungen und mit zusätzlichen Kosten verbunden.³⁷

2.2.3 Vortrieb mittels Teilschnittmaschine

Die Teilschnittmaschine wird vorzugsweise bei beengten Platzverhältnissen und für kleinere Querschnitte im Zuge der Spritzbetonbauweise, v.a. bei der NÖT, eingesetzt. Speziell dort, wo der Tunnelbagger an seine Grenzen stößt, bei Gesteinen mit höherer Festigkeit, kommt der TSM Bedeutung zu. Maidl [36] jedoch beschränkt den wirtschaftlichen Einsatz der Maschine auf eine einaxiale Druckfestigkeit von schätzungsweise 120 MN/m^2 . Diese Grenze zeichnet sich bei einer überproportionalen Zunahme des Werkzeugverschleißes beim Abbau des Gesteines ab. Goger [20] hingegen verweist auf die seltenere Anwendung dieser Vortriebsmethode aufgrund der Entstehung hoher Staubeentwicklung. Gelangt sie zur Ausführung, so muss ein effizientes Bewetterungssystem installiert werden.^{38,39}

Um die bevorzugten Einsatzgebiete zu verdeutlichen und die TSM von den Tunnelvortriebsmaschinen abzugrenzen, sollen an dieser Stelle die einschlägigen Vorteile dieser Vortriebsart aufgezeigt werden:⁴⁰

- Anpassungsfähigkeit bei variablen Querschnittsformen
- Flexibilität bei wechselnden Gebirgsverhältnissen
- gebirgsschonender Abbau
- weitgehend erschütterungsfrei – Einsatz im bebauten Gebiet
- weniger investitionsintensiv und mehrmaliger Einsatz möglich
- unkomplizierter Transport, kurze Aufbauzeit und einfache Montage auf der Baustelle – Einsatz bei Projekten mit geringer Vorlaufzeit und kürzeren Längen

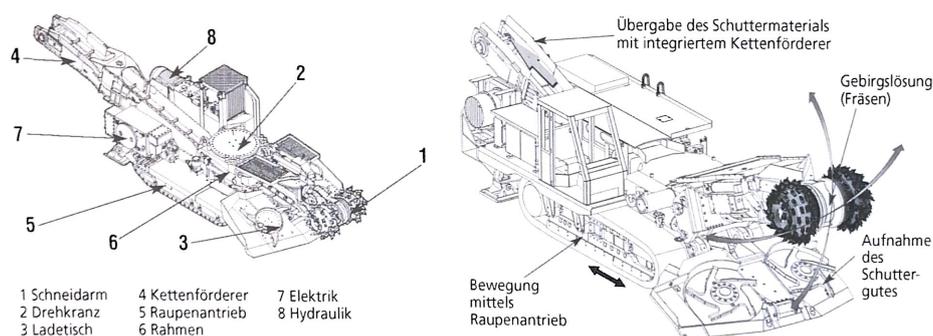


Abb. 2.6: Systemskizze und Funktionsweise einer TSM (Quelle: Maidl [36, S. 334])

Beim Auffahren eines Tunnels erfolgt in einem ersten Schritt ein punktueller Einbruch (Penetration) an der Ortsbrust durch den Schrämkopf. Anschließend wird der Querschnitt lagenweise durch

³⁷ Vgl. [20] Goger, S. 94

³⁸ Vgl. [36] Maidl, S. 334 f.

³⁹ Vgl. [20] Goger, S. 94 f.

⁴⁰ Vgl. [36] Maidl, S. 342

Schwenken des Schneidarmes abgebaut. Ist ein Abschlag erfolgt, wird abschließend der Ausbruchsrund (Tunnellaubung) profiliert. Das abgebaute Material gelangt dabei über eine Ladeeinrichtung auf ein Förderband, das gewöhnlich als Ketten- oder Kratzbandförderer ausgebildet wird. Durch das Förderband wird das Ausbruchsmaterial an die Rückseite der Maschine transportiert, wo der weitere Schutterbetrieb mit geeigneten Geräten erfolgt (siehe Unterabschnitt 2.2.4).

Die TSM übernimmt somit den Vorgang des Lösens, Ladens und einen Teil des Förderns. Die Bestandteile des Gerätes sind in Abb. 2.6 ersichtlich. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Maschinen ist die Anordnung des Schneidkopfes. Beim Längsschneidkopf rotiert das Abbauwerkzeug um die Längsachse des Schneidarmes (Ausleger der Maschine) und der Querschneidkopf besitzt zwei Schrämköpfe, die sich rechtwinkelig zur Auslegerachse drehen. Ein solcher Querschneidkopf ist das Abbauwerkzeug der TSM in Abb. 2.6. Die Vorteile der Variante mit Längsschneidkopf liegen im geringeren Werkzeugverschleiß und dem glatten Profilieren der Tunnellaubung. Hingegen weist der Querschneidkopf größere Vortriebsgeschwindigkeiten auf.⁴¹

2.2.4 Schutterung und Stützmitteleinbau

Nachdem mit dem Lösevorgang begonnen wurde, erfolgt die Schutterung, das Abtransportieren des ausgebrochenen Materials. Beim Baggervortrieb und dem Ausbruch mit der Teilschnittmaschine finden diese Arbeitsvorgänge zumeist zeitlich parallel statt. Hingegen beim Vortrieb mittels Sprengen kann die Schutterung erst nach dem Lösen erfolgen. In einem letzten Schritt eines Abschlagszyklus werden Stützmittel eingebaut, um den ausgebrochenen Hohlraum unmittelbar vor zu großen Verformungen oder gar einem Verbruch zu sichern.

Auf die Arbeitsvorgänge des Schutterens und Stützmitteleinbaues wird nun näher eingegangen:

Schutterbetrieb

Die Schutterung gliedert sich in die Teilvorgänge des Ladens und Förderns des Ausbruchsmaterials. Die Ladegeräte nehmen dabei das ausgebrochene Material auf und übergeben es an die Fördergeräte. Im Zuge des Transports des Materials aus dem Hohlraum heraus werden heutzutage rad- oder gleisbetriebene Fahrzeuge eingesetzt. Wie eingangs im Abschnitt 2.2 erwähnt, liegt der Schwerpunkt bei der Wahl der Lade- und Fördergeräte für den Schutterbetrieb in dessen leistungsgerechter Abstimmung.⁴²

Nach Maidl [36] sind folgende Faktoren bei der Gerätewahl besonders zu berücksichtigen:

1. Vorhandener Lichtraum im Hohlraumprofil
2. Transportentfernungen
3. Steigungsverhältnisse
4. Ausbruchskubatur pro Abschlag
5. Eigenschaften des Schuttermaterials (Korngröße, -form und -verteilung)

Ladegeräte: Es existiert eine Fülle an verschiedenen Geräten (z.B. Tunnelbagger oder Radlader) mit spezifischen Merkmalen, wobei eine Gliederung nach folgenden Eigenschaften erfolgen kann: nach der Ladeeinrichtung (Löffel, Schaufel, Hummerschere, etc.), dem Fahrwerk (v.a. Reifen oder Ketten), nach dem Antrieb (Diesel, Elektro, Druckluft, Hydraulik) oder dem Übergabesystem (Front-, Seitenkipper, Förderband, usw.). Für den Ladevorgang im

⁴¹Vgl. [36] Maidl, S. 336 ff.

⁴²Vgl. [36] Maidl, S. 233 f.

Zuge des Baggervortriebes kann dasselbe Gerät eingesetzt werden wie für das Lösen. Der Tunnelbagger wie auch der Tunnelladebagger sind hier die dominierenden Geräte (siehe Unterabschnitt 2.2.2). Im TSM-Vortrieb erfolgt ebenfalls die Beladung der Fördergeräte mit der Lösemaschine selbst. Im Sprengvortrieb wird ein eigenes Ladegerät benötigt. Typische Maschinen sind hierbei der bereits angeführte Tunnelbagger mittels Tieflöffel, der knickgelenkte Radlader mit einem Ladegefäß oder der Raupenlader mit Frontschaufel. Für kürzere Transportwege können die beiden Letztgenannten, insbesondere der Radlader, auch als kombinierte Lade- und Fördergeräte Anwendung finden.⁴³

Fördergeräte: Die Einteilung der Transportgeräte erfolgt zumeist nach dem Fahrwerk – unterschieden wird zwischen dem Gleisbetrieb oder dem radgebundenen Transport. Die Förderung des Schuttermaterials auf Gleisen beweist ihre Effizienz bei kleinen Querschnitten (unter ca. 20 m²) mit großen Transportstrecken. Begrenzt ist diese Förderart jedoch durch eine maximale Steigung bis rund 3 %. Eingesetzt werden heutzutage kompakte Grubenlokomotiven mit angehängten Förderwägen. Die Vielzahl an verschiedenen Förderwägen unterscheidet sich hauptsächlich in der Art der Entleerung (wie z.B. der Bodenentleerer, Einseitenselbstentlader oder Rotationskipper). Der radgebundene Transport zeichnet sich in größeren Tunnelquerschnitten durch seine hohe Beweglichkeit in Kombination mit großen Förderkapazitäten aus. Demgegenüber stehen die höheren Bewetterungskosten im Vergleich zum Gleisbetrieb, da die Transportgeräte in den meisten Fällen dieselbetrieben sind. Eine baubetriebliche Notwendigkeit bei der radgebundenen Förderung ist die Möglichkeit des ungehinderten Vorbeifahrens der Fahrzeuge im Tunnel. Zur Ausführung der Schutterung gelangen herkömmlicherweise Muldenkipper mit großen Nutzinhalten. Seltener werden kleinere Transportfahrzeuge wie der Vorderkipper, auch Dumper genannt, eingesetzt. Ihre Stärken liegen bei sehr kleinen Profilen mit kurzen Förderstrecken. Förderbänder als selbstständige Transportgeräte kommen nur in wenigen Ausnahmen zur Anwendung. Diese fungieren in der Regel als Bindeglied zwischen Lade- und Fördergerät.⁴⁴

Stützmitteleinbau

In wenig bis nicht standfestem Gebirge erfolgt die Sicherung des Tunnels nach Ausbruch durch den zeitnahen Einbau von Stützmitteln. Abgezielt wird auf die Unterstützung der Eigentragfähigkeit des Gebirges. Die Stützmittel mit einer gewissen Ausbausteifigkeit können somit als die Randverstärkung des Gebirges im Hohlraum verstanden werden.⁴⁵

Nachstehend werden die wichtigsten Stützmittel des Tunnelbaues kurz beschrieben. Auf die genaue Wirkungsweise der Sicherungen und deren Ausführung im Detail wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen. Hier wird auf die einschlägige, angeführte Literatur verwiesen. Die folgenden Stützmittel beziehen sich auf die unmittelbaren Sicherungsmaßnahmen nach dem Ausbruch, nicht jedoch auf den endgültigen Ausbau.

Spritzbeton: Das Aufbringen von Spritzbeton dient dem ausgebrochenen Gebirge als Oberflächenversiegelung. Es wirkt somit der Auflockerung und in weiterer Folge der Entfestigung entgegen, wodurch sich das Gebirgstragverhalten verbessert. Die Spritzbetonschale kann bewehrt (Baustahlgittermatten, Stahlfasern) oder unbewehrt ausgeführt werden. Aufgetragen wird der Spritzbeton durch das Trocken- oder Nassspritzverfahren. Beim konventionellen Trockenspritzverfahren wird das ofentrockene Gemisch (Zement, Zuschlag und ggf. Erstarrungsbeschleuniger) direkt an der Spritzdüse mit dem Anmachwasser gemischt, von

⁴³Vgl. [36] Maidl, S. 234 ff.

⁴⁴Vgl. [36] Maidl, S. 241 ff.

⁴⁵Vgl. [17] Girmscheid, S. 171

wo es mit hohen Geschwindigkeiten auf den Untergrund aufgebracht wird. Hingegen wird beim Nassspritzverfahren der fertig gemischte Spritzbeton über Transportmischer zur Einbaustelle gebracht und dort über eine kurze Pumpleitung durch die Spritzmaschine aufgetragen. Das reine Trockenspritzverfahren kommt gegenwärtig nur mehr selten zum Einsatz, da es durch eine hohe Staubentwicklung gekennzeichnet ist. Weit besser schneidet hier das Trockenspritzverfahren mit naturfeuchtem Mischgut aufgrund der geringeren Staubentwicklung und einem kleineren Rückprall ab. Das Nassspritzverfahren kommt bei hohen erforderlichen Fördermengen und nur kurzen Arbeitsunterbrechungen zum Einsatz.^{46,47}

Anker: Diese Stützmittel wirken als Zugelemente, die durch ihre Vorspannwirkung die Tragfähigkeit des Gebirges erhöhen. Radial im Tunnelquerschnitt eingebaut, wirken die Anker als System. Dadurch werden Nachbrüche und zu große Verformungen verhindert. Durch die möglichst senkrechte Anordnung zum Trennflächengefüge werden größere Verschiebungen in den Schichten und Klüften vermieden, was folglich zu einer Erhöhung der Gebirgsfestigkeit führt. Einzelanker schützen die Vortriebsmannschaft durch die Sicherung gelockerter Felsblöcke. Die unterschiedlichen Wirkungsweisen der Anker sind in Abb. 2.7 ersichtlich. Die Vorteile der Anker sind begründet in ihrer Anpassungsfähigkeit hinsichtlich der wechselnden Gebirgsverhältnisse und können auch noch nachträglich eingebaut werden. Üblicherweise unterscheidet man die Anker nach ihrer Verankerungstechnik. Es kommen Verbundanker (z.B. Injektionsbohranker, Klebeanker), Reibungsanker (Swellex-Anker) oder Spreizhülsenanker zum Einsatz. Die Stützmittel werden entweder schlaff oder vorgespannt ausgeführt und das Material des Ankerstabes besteht dabei aus glatten, gerippten Baustählen, hochfesten Vorspannlitzen oder aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK-Anker).^{48,49}

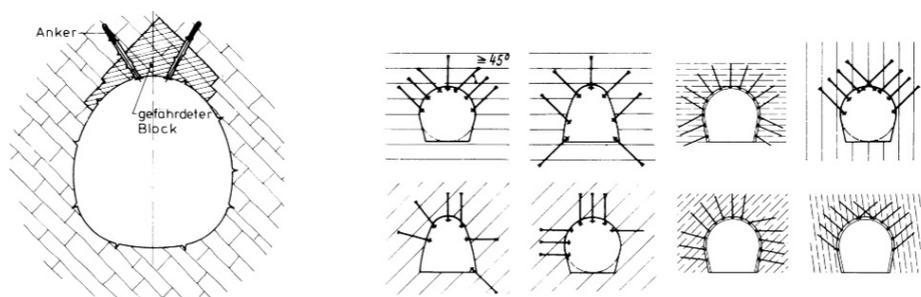


Abb. 2.7: Links: Einzelankerung, Rechts: Systemankerung (Quelle: Goger [20, S. 209])

Tunnelbögen: Die Hauptfunktion der von Girmscheid [17] bezeichneten Ausbaubögen ist die sofortige Hohlraumstützung nach dem Ausbruch im nachbrüchigen, nicht standfesten, druckhaften Gebirge und die Bögen dienen der Formgebung des Tunnelprofils. In weiterer Folge stellen diese Konstruktionselemente die Auflager für die Mattenbewehrung der Spritzbetonschale dar, ggf. auch für vorausseilende Sicherungsmaßnahmen. Eingebaut werden Bögen aus Stahlwurzprofile (HEB-, I-, Y-Profil, etc.) oder Gitterträger (wie z.B. der Drei- oder Vierpunktquerschnitt). Bei der Ausführung ist es wichtig zu beachten, dass ein guter Verbund mit der Spritzbetonschale erzielt wird. Dieser Umstand wird i.d.R. bei den Gitterträgern besser erzielt als bei den Walzprofilen. Für eine kraftschlüssige Verbindung im

⁴⁶ Vgl. [20] Goger, S. 196 ff.

⁴⁷ Vgl. [17] Girmscheid, S. 173 ff.

⁴⁸ Vgl. [20] Goger, S. 208 ff.

⁴⁹ Vgl. [17] Girmscheid, S. 226 ff.

Fußpunkt sind Auflager entweder mit Holzschwellen, Hartholzbohlen oder mit Stahlträgern eine gute Lösung. Im druckhaften Gebirge sollte eine nachgiebige Stoßverbindung in Form einer Laschenverbindung in den Bögen angestrebt werden, um nachträgliche Bewegungen aufnehmen zu können, ohne dabei auszuknicken. Die Vorteile der Tunnelbögen liegen in der sofortigen Tragfähigkeit bei Gebirgskontakt, der Flexibilität in der Erhöhung des Ausbauwiderstandes durch Verringerung des Abstandes und im zusätzlichen nachträglichen Einbau. Die gewichtigen Profile sind hingegen schwer handhabbar und bei Veränderung des Sollquerschnittes stoßen die vorgefertigten Tunnelbögen an ihre Grenzen.^{50,51}

Vorauselnde Sicherungsmaßnahmen: Liegen insofern schlechte Gebirgsverhältnisse vor, so dass die Standzeit des Gebirges kleiner ist als die Zeit zwischen dem Ausbruch und der Sicherung eines Abschlages, so werden vorauselnde Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Ebenso kommen diese in einer setzungsempfindlichen Umgebung zum Einsatz, wie bei einer oberflächennahen Unterfahrung von Gebäuden.⁵² Einen Überblick der angewandten vorauselnden Sicherungsmaßnahmen gibt die Tab. 2.3.

⁵⁰Vgl. [20] Goger, S. 221 f.

⁵¹Vgl. [17] Girmscheid, S. 239 ff.

⁵²Vgl. [36] Maidl, S. 35

Tab. 2.3: Vorauseilende Sicherungsmaßnahmen im Überblick (Quelle: Goger [20, 218 ff.], Maidl [36, 35 ff.])

Sicherung	Zweck	Einsatzgebiet	Beschreibung
Stahlspeie	Firstsicherung	nachbrüchiges, gebräches Gebirge	Bohren oder Rammen von Stabstählen oder Stahlrohren
Injektionsspeie	Firstsicherung	druckhaftes, gebräches Gebirge	Verpressen von Gebirgshohlräumen mit geeignetem Injektionsgut durch Speie
Getriebedielen	vorauseilende Sicherung des Ausbruchsquerschnitts	nicht standhafter, rolliger Boden	Rammen von profilierten Stahlblechen
Verzugsdielen	Hohlraumsicherung nach dem Ausbruch	nachbrüchiges Gebirge	Stahlbleche werden über letzten Tunnelbogen nachgeschoben
Rohr- u. Injektionsschirme	Firstsicherung, Setzungsminimierung, Unterfahrung von Objekten	Gebirge mit geringer Standzeit, innerstädtischer Bereich	Rohre als Gewölbe eingebracht oder ein Schirm mittels Hochdruckinjektion hergestellt
Düsenstrahlverfahren (DSV)	Vortriebssicherung, Ortsbrust- und Kalottenfußsicherung, Abdichtung	wechselgelagertes Lockergestein mit variabler Kornverteilung	Ausbilden eines Schirmgewölbes durch Hochdruckinjektionen bzw. Herstellung überschnittener Säulen als Abdichtung
Bodenvereisung (Gefrierverfahren)	temporäre Trag- und Dichtungsfunktion, Setzungsminimierung	wasserführendes Lockergestein, innerstädtischer Bereich	durch eingebohrte Gefrierlanzen wird das Bodenwasser mit einem Kältemittel vorübergehend gefroren

2.2.5 Grundzüge der NÖT

Die Neue Österreichische Tunnelbaumethode (NÖT) stellt in Verbindung mit dem zyklischen Vortrieb ein bemerkenswert wirtschaftliches und sicheres Konzept für die Herstellung eines Tunnels dar. Die Methode findet heutzutage internationale Beachtung, sie zeichnet sich durch ihre rasche Anpassungsfähigkeit auf veränderte Gebirgsverhältnisse aus und kann nahezu in allen Gebirgsarten und Untergründen angewandt werden. Der Verfasser möchte die Relevanz der NÖT in der Tunnelbaupraxis hervorheben. Zu diesem Zweck werden die Grundzüge des Konzeptes im vorliegenden Abschnitt aufgezeigt.

Die von Rabcewicz⁵³ 1963 zuvor bezeichnete „Neue österreichische Tunnelbauweise“ ist auf die Tätigkeiten und Entwicklungen heimischer Ingenieure zurückzuführen. Im eigentlichen Sinne handelt es sich nicht um eine Bauweise, sondern vielmehr um ein Konzept. Der bahnbrechende Gedanke war es, das Gebirge als Haupttragteil zu nutzen und so weitgehende Optimierungen in puncto Wirtschaftlichkeit und Sicherheit bei der Herstellung eines Tunnels zu erzielen. Es wurden somit wesentlich schlankere und zeiteffizientere Stützmaßnahmen, v.a. die Sicherung durch Spritzbeton, möglich, anstelle der bis dahin aufwendig ausgeführten massiven Holz- bzw. Stahlverbauten. 1978 veröffentlichte Müller⁵⁴ erstmals seine 22 Grundsätze, um die Charakteristika der NÖT in kompakter und allgemeiner Weise zu beschreiben. Ein paar ausgewählte Grundsätze befinden sich zusammenfassend am Ende dieses Abschnittes.⁵⁵

Der Vortrieb erfolgt durch Sprengen, Baggern oder durch einen Mischvortrieb, wobei die einzelnen Abläufe des Lösens, Schutterns und des Stützmitteleinbaus zyklisch erfolgen. Eine Darstellung eines typischen Vortriebsablaufes und der dabei verwendeten Stützmittel ist in Abb. 2.8 ersichtlich.

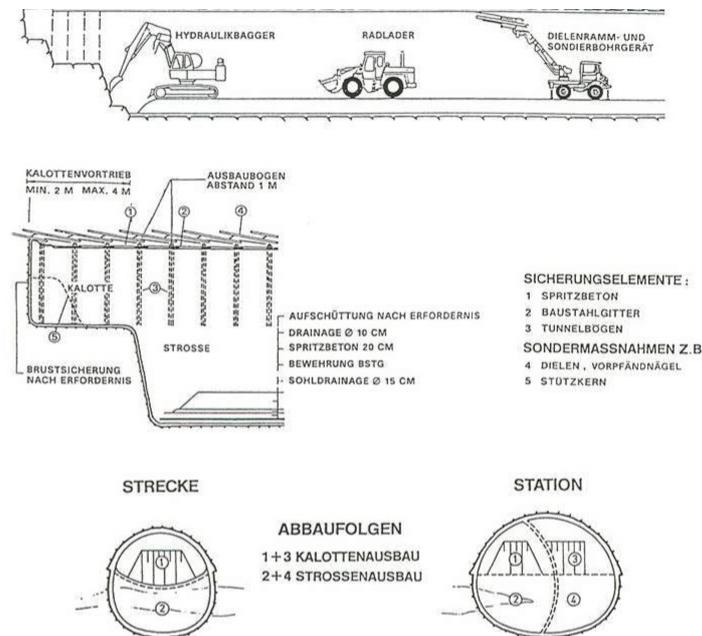


Abb. 2.8: Vortriebsablauf und Stützmittel bei der NÖT (Quelle: Goger [20, S. 110])

Der Grundgedanke der NÖT besteht darin, das Gebirge um den ausgebrochenen Hohlraum als tragenden Bauteil zu nutzen, indem ein Gebirgstragring aktiviert wird. Dazu werden festgelegte

⁵³Ladislaus von Rabcewicz (1893 - 1975), österreichischer Tunnelbaupionier

⁵⁴Leopold Müller (1908 - 1988), österreichischer Pionier der Felsmechanik, Ingenieurgeologie und des Tunnelbaues

⁵⁵Vgl. [20] Goger, S. 104

Verformungen der Tunnellaubung zugelassen, sodass sich das Gebirge entspannt und es zu einem Spannungsabbau kommen kann. Durch den darauffolgenden Einbau geeigneter Stützmittel, wie der im Abschnitt 2.2.4 angeführten, wird eine Stabilisierung des umliegenden Gebirges erreicht und eine unerwünschte Auflockerung vermieden. Es ist sicherlich ein gewisser Mut der ausführenden Mineure erforderlich, um unmittelbar nach Ausbruch Verformungen zuzulassen, jedoch macht sich dieser in einem äußerst wirtschaftlichen Einsatz der Sicherungsmaßnahmen bezahlt.⁵⁶

Ein weiteres kennzeichnendes Merkmal des mittels der NÖT konzipierten Vortriebes ist die semi-empirische Bauweise. Es werden während der Bauausführung stetig messtechnische Überwachungen der Gebirgsverformung und des Spannungsverlaufes vorgenommen, insbesondere bei stark druckhaftem Gebirge. Die Ergebnisse finden im laufenden Vortrieb Eingang, indem auf die wechselnden Gebirgsverhältnisse durch Anpassung der Art und des Umfangs der Stützmittel reagiert wird. Durch diese iterative Vorgangsweise ist die Flexibilität der Methode während der Ausführung sichergestellt und es können in beinahe allen Untergrundverhältnissen Hohlraumbauwerke aufgefahren werden.⁵⁷

Die selektierten Grundsätze der Neuen österreichischen Tunnelbaumethode sind:^{58,59}

- Wesentlich tragender Bauteil ist das umliegende Gebirge – in Abb. 2.9 ist die signifikante Reduktion des Ausbaues durch die Umsetzung dieses Grundsatzes erkennbar.

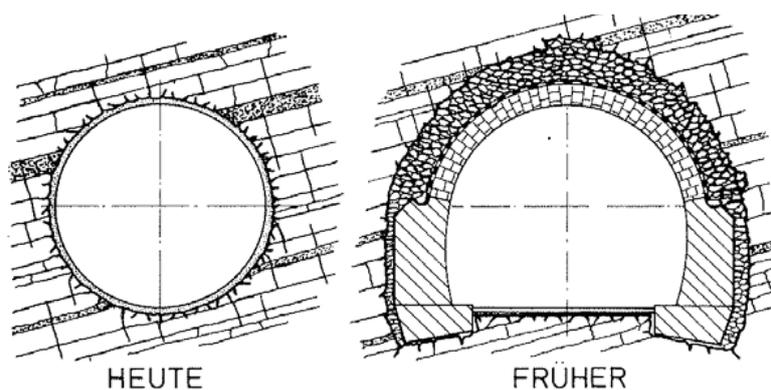


Abb. 2.9: 1. Grundsatz der NÖT nach Müller, 1978 (Quelle: Adam [1, S. 76])

- Ursprüngliche Gebirgsfestigkeit muss erhalten bleiben und Auflockerungen sind durch einen definierten Ausbauwiderstand infolge der Stützmittel, wie Spritzbeton, Anker, Tunnelbögen, etc., zu verhindern.
- Zeitlich gerechter Einbau der Stützmittel („nicht zu früh und nicht zu spät“), um gezielte Verformungen zuzulassen und den Ausbauwiderstand zu minimieren.
- Geotechnische Erkundung im anstehenden Gebirge und laufende messtechnische Überwachung (der Verformungen und der Spannungen) während des Baues
- Statisch wird der Tunnel als Rohr (=Gebirgstragring inkl. Ausbau) betrachtet – möglichst gerundete Querschnittsformen, kraftschlüssige Ausbildung des Ausbaues mit dem Gebirge und rechtzeitiger Ringschluss der Stützmittel mit der Tunnelsohle

⁵⁶ Vgl. [1] Adam, S. 73 f.

⁵⁷ Vgl. [1] Adam, S. 76

⁵⁸ Vgl. [20] Goger, S. 109

⁵⁹ Vgl. [1] Adam, S. 76 ff.

- Der Vortrieb erfolgt in Teilschritten (Kalotte, Strosse, Sohle) und der Tunnelquerschnitt soll möglichst im Vollprofil ausgebrochen werden – die Wahl der Länge der Kalotte bzw. Strosse richtet sich dabei nach der spezifischen Standzeit des Gebirges.

2.3 Maschineller Vortrieb

Die Informationen dieses Abschnittes entstammen hauptsächlich der Literatur von Girmscheid [17] und Goger [20]. Die Einteilung des maschinellen (kontinuierlichen) Vortriebes erfolgt nach Goger [20] gemäß Abb. 2.10 in folgende Verfahren:

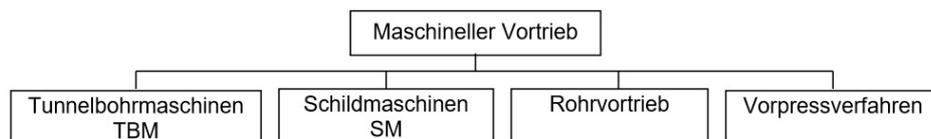


Abb. 2.10: Bauverfahren des maschinellen Vortriebes (Quelle: Goger [20, S. 113])

Die Tunnelbohrmaschinen (TBM's) und die Schildmaschinen (SM's) werden in weiterer Folge zu den Tunnelvortriebsmaschinen (TVM's) zusammengefasst. Der Rohrvortrieb und das Vorpessverfahren sind spezielle Verfahren im maschinellen Vortrieb und werden in der vorliegenden Arbeit nicht näher behandelt.

Die Tunnelvortriebsmaschinen bzw. der maschinelle Vortrieb unterscheidet sich gegenüber dem zyklischen Vortrieb in der Arbeitsweise. Das Lösen, Laden und Abtransportieren des Ausbruches erfolgt gleichzeitig und die Sicherung des Tunnelquerschnittes geschieht, abgesehen von der offenen Tunnelbohrmaschine (siehe Abschnitt 2.3.1), direkt nachlaufend durch den Ausbau in Form von Tübbing. Es kann somit allgemein gesagt werden, dass es sich um einen kontinuierlichen Tunnelvortrieb handelt.⁶⁰

Girmscheid [17] verweist auf einen günstigeren, wirtschaftlicheren Einsatz der TVM's gegenüber dem zyklischen Vortrieb bei folgenden Merkmalen eines Tunnelbauprojektes.⁶¹

- längere Baulose (> 2000 m)
- ungünstige Bodenart- und Grundwasserverhältnisse, die ein geschlossenes Verfahren erfordern
- hohe Anforderungen an Setzungen, Erschütterungen und/oder Lärm in der Nähe von Bebauungen
- große erforderliche Vortriebsleistungen

Beim Einsatz von Tunnelvortriebsmaschinen ist stets eine sorgfältige Vorerkundung des anstehenden Baugrundes durchzuführen, sodass eine optimale Abstimmung des Gerätes auf die anzutreffenden Bodenarten, Grundwasserverhältnisse und Überbauung erfolgen kann. Den oben angeführten Vorteilen des kontinuierlichen Vortriebes stehen jedoch auch gewisse Nachteile gegenüber. Der Einsatz einer TVM ist gekennzeichnet durch einen hohen Investitionsaufwand für die Anschaffung des Gerätes und der Baustelleneinrichtung. Ferner sind hohe Anforderungen an das *Know-how* und die Erfahrung des technischen Personals von Nöten, um die Maschine erfolgreich einsetzen zu können.⁶¹

⁶⁰Vgl. [20] Goger, S. 113

⁶¹Vgl. [17] Girmscheid, S. 423

Der Auffassung des Autors nach sollte daher im Vorfeld das Maschinenkonzept im Einklang mit sämtlichen geologischen, bauwirtschaftlichen und -betrieblichen Randbedingungen des Projektes gut durchdacht und behutsam gewählt werden. Eine ungünstige Wahl einer TVM kann in der Ausführung zu Störfällen führen, die wiederum negative Auswirkungen auf die Bauzeit und Kosten mit sich ziehen. Bei einer gänzlich falschen Wahl der Maschine bezüglich (bzgl.) der Geologie kann dies unter Umständen sogar das Scheitern des Projektes bedeuten.

Eine übersichtliche Einteilung der am Markt angebotenen TVM-Systeme gibt folgende Abbildung der DAUB:

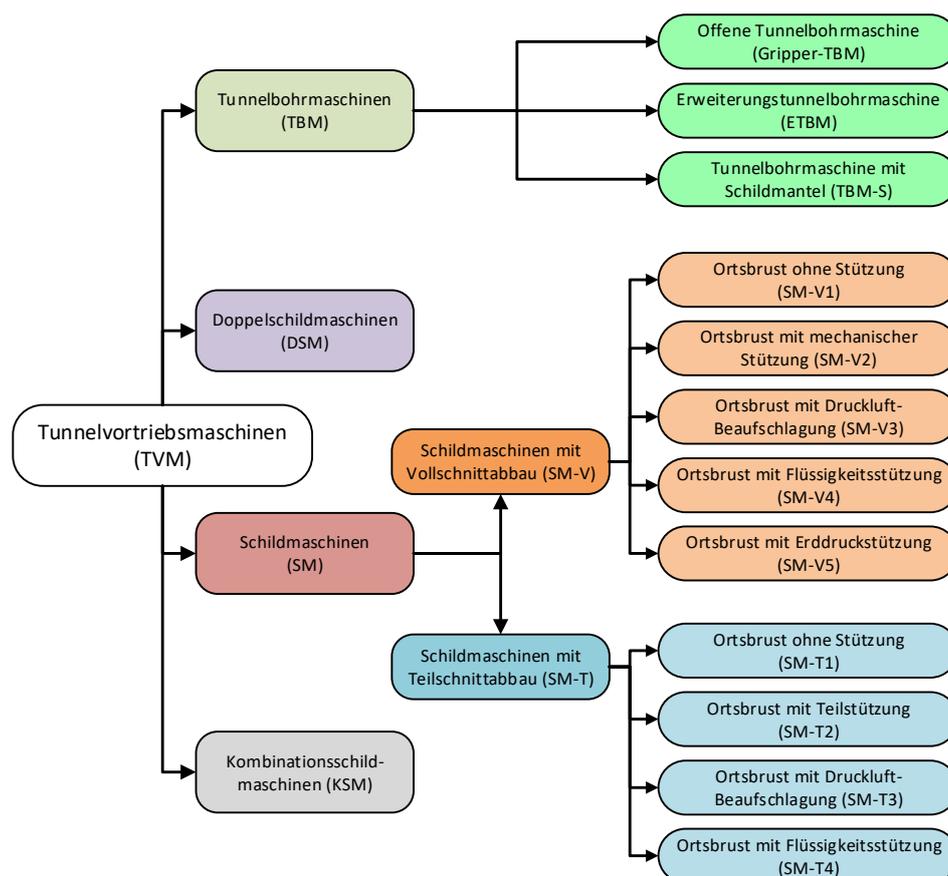


Abb. 2.11: Einteilung der Tunnelvortriebsmaschinen (Quelle: Adaptiert nach DAUB [8, S. 11])

Tunnelvortriebsmaschinen werden in erster Linie unterschieden in Tunnelbohrmaschinen (TBM's), Doppelschildmaschinen (DSM's), Schildmaschinen (SM's) und Kombinationsschildmaschinen (KSM's). Die Maschinen können dabei den Querschnitt vollflächig mit dem Bohrkopf bzw. Schneidrad oder in Teilen mit geeigneten Lösewerkzeugen abbauen. Der Ausbruch des Querschnittes im Vollschnittverfahren ist i.d.R. kreisförmig und an dessen Form gebunden. Mittels den TVM's kann eine hohe Profiligenauigkeit erreicht werden und es existiert eine große Bandbreite an Durchmessern. Der zuvor festgelegte Durchmesser kann laut Girmscheid [17] während des Vortriebes aber nur beim Verfahren mit der TBM ohne Schild beschränkt variiert werden. Eine mögliche Auswahl der Bohrdurchmesser bezüglich des Maschinentyps ist in Abb. 2.12 gegeben.⁶²

⁶²Vgl. [17] Girmscheid, S. 426

TVM-Typ	Bohrdurchmesser [m]
TBM-O (Gripper-TBM)	2,0 - 12,5 m
TBM-S (Einfachschild)	1,5 - 14,0 m
DSM (Doppelschildmaschine)	2,8 - 12,5 m
Schildmaschine mit Erddruckstützung	1,7 - 16,0 m
Schildmaschine mit Flüssigkeitsstützung	4,8 - 19,0 m

Abb. 2.12: Maschinentypen und ihr Bohrdurchmesser (Quelle: Goger [20, S. 115])

Die TBM findet ihre Anwendung zumeist im Festgestein. Für das Auffahren eines Tunnels im Lockergestein ist die SM das vorherrschende Gerät, wobei durch die neuesten maschinentechnischen Entwicklungen der Abbau eines heterogenen Untergrundes mit beiden Systemen möglich wird. Im Zuge des Ausbruches mittels der TBM erfolgt die Sicherung, abgesehen von der TBM mit Schild, zeitlich und räumlich nachlaufend und der Vorschub beruht auf der Verspannung der Maschine quer zur Tunnelachse direkt im umliegenden Gestein. Das Vordringen der SM in den Boden geschieht unter dem Schutz des Schildes in Kombination mit einer möglichen Stützung der Ortsbrust. Die endgültige Sicherung erfolgt durch den unmittelbar nachgezogenen Tübbingausbau. Die Vorschubkraft der Schildmaschine wird durch die Abstützung auf den bereits eingebauten Tübbing erzeugt.^{62,63}

In den nachfolgenden Unterabschnitten werden nun ausgewählte Typen der TBM und der SM und deren kennzeichnende Merkmale näher beschrieben. Zudem werden die unterschiedlichen Einsatzgebiete der Maschinen eingegrenzt und das gerätespezifische Bauverfahren kurz umrissen.

2.3.1 Tunnelbohrmaschine

Nach Girmscheid [17] erfolgt der Einsatz von TBM's im Festgestein mittlerer bis hoher Festigkeit (einaxiale Druckfestigkeit 50 – 300 MN/m²) mit nicht allzu großer Abrasivität.

Gemäß der Abb. 2.11 werden heutzutage die offene Tunnelbohrmaschine (TBM-O) bzw. Gripper-TBM, die Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild (TBM-S) und die Tunnelbohrmaschine mit Aufweitungsbohrkopf bzw. die Erweiterungstunnelbohrmaschine (ETBM) den TBM's zugeteilt. Goger [20] gliedert zudem die Doppelschildmaschine (DSM) bzw. die Tunnelbohrmaschine mit Doppelschild (TBM-DS) unter den Tunnelbohrmaschinen ein. Der Verfasser folgt dieser Einteilung und folglich wird die DSM in diesem Unterabschnitt behandelt.

Bei den TBM's erfolgt der Abbau des anstehenden Gebirges durch eine auf die Ortsbrust aufgebrauchte Anpresskraft in Tunnellängsachse und der rotierenden Bewegung des Bohrkopfes. Die Kraft erzeugen die Vorschubhydraulikpressen mit einem maximalen Bohrhub von 1,0 – 2,0 m. Zum Lösen des Gesteins ist der Bohrkopf mit Rollenmeißeln bzw. Disken bestückt. Diese Abbauwerkzeuge schneiden sich gebirgsschonend in die Ortsbrust und lösen dabei s.g. Chips, die über Räumslitze auf ein integriertes Förderband gelangen. Von dort erfolgt der Transport zur weiteren Schutterung des Ausbruchmaterials. Die Chips sind das gelöste Bohrklein bzw. das zerkleinerte Gestein.⁶⁴

Folgende Varianten einer TBM bedürfen einer genaueren Beschreibung:

Gripper-Tunnelbohrmaschine: Dieser Maschinentyp bohrt sich in Gebirge mit ausreichender Standzeit und weitgehend störungsfreien Zonen. Grundsätzlich werden Tunnel aufgefahren, in denen nur eine geringe Sicherung des Ausbruches erforderlich ist. Girmscheid [17] behauptet sogar, dass ca. 80 – 90 % der Tunnellänge weitgehend standfest und nur in sehr geringem Umfang Stützmittel erforderlich seien. Der Aufbau einer TBM-O bzw. Gripper-TBM mit

⁶³Vgl. [20] Goger, S. 113 ff.

⁶⁴Vgl. [20] Goger, S. 116 f.

den wichtigsten Einrichtungen ist in Abb. 2.13 dargestellt. Ein Arbeitsvorgang besteht aus dem Bohren, Sichern und Umsetzen der Maschine. Für das Eindringen in das Festgestein verspannt sich die TBM mittels ihren Grippern radial im Gebirge und der rotierende Bohrkopf wird über die Vorschubzylinder vorangetrieben. Nach erfolgtem Bohren wird die Maschine umgesetzt. Dazu werden die Abstützungen ausgefahren und die Verspannungen (Gripper) gelöst. Im nächsten Schritt gleitet die Maschine mit der Verspanneinrichtung nach vorne. Nach erneuter Verspannung und mit eingezogener Abstützung ist die TBM bereit für einen neuen Bohrvorgang. Die systematische Sicherung der Tunnellaubung erfolgt grundsätzlich in der Nachläufereinrichtung hinter der Maschine. An dieser Stelle kommt es außerdem zum Einbau der Sohlübbänge. In nachbrüchigem Gebirge kann mitunter schon die Sicherung mittels Tunnelbögen, Ankern oder Gitter(netzen) im Maschinenbereich unmittelbar hinter dem Bohrkopf erfolgen. Falls ein Ausbau mit Spritzbeton erforderlich ist, so soll dieser möglichst im Nachläuferbereich eingebaut werden, um etwaige Verschmutzungen der Antriebseinheit zu vermeiden. Zum Schutz der Tunnelbauarbeiter direkt hinter dem Bohrkopf kann ein Firstschild, welches unter Punkt 4 in Abb. 2.13 ersichtlich ist, installiert werden.^{65,66}

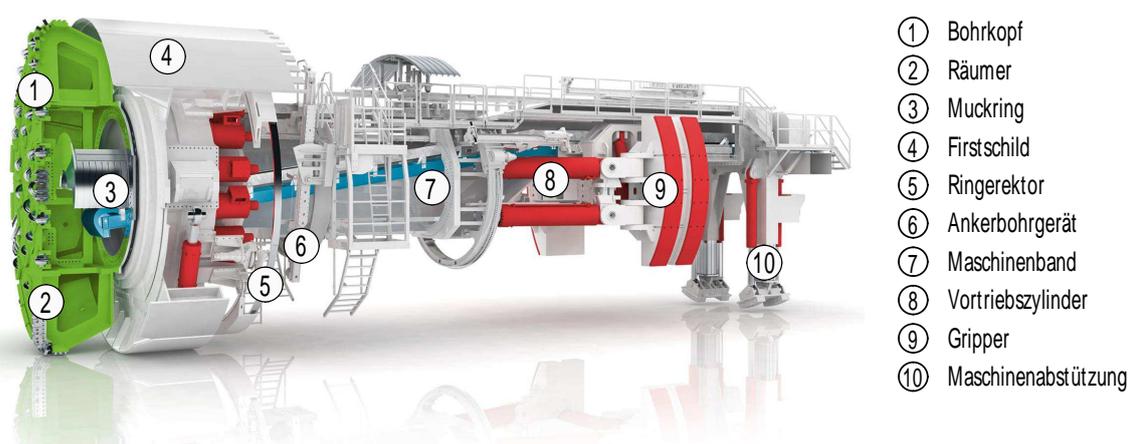


Abb. 2.13: Aufbau einer Gripper-TBM der Fa. Herrenknecht (Quelle: Adaptiert nach Herrenknecht AG [28])

Erweiterungstunnelbohrmaschine: Das Gerät weist im Allgemeinen den gleichen Aufbau wie die Gripper-TBM auf und ergänzt diese in technischer Hinsicht. Der Unterschied liegt darin, dass bei der ETBM in einer ersten Phase ein Pilotstollen mit einem Durchmesser von 4,0 bis 4,5 m im Zentrum des endgültigen Tunnelquerschnittes vorgetrieben wird. Vor allem bei Tunnelbauprojekten, bei denen Risikofaktoren vorlaufend ermittelt werden sollen, kommt dieses Verfahren zum Einsatz. Nach Durchörterung des Gebirges mit dem Pilot- bzw. Sondierstollen erfolgt in der zweiten Phase die Erweiterung des Tunnelquerschnittes durch Aufweiten mit der Erweiterungstunnelbohrmaschine. Das charakteristische Kennzeichen der Maschine ist der Ort der Verspannung. Für die Aufweitungsbohrung verspannt sich die ETBM im Pilotstollen, sodass der Bohrkopf beim Penetrationsvorgang gezogen wird. Dort ist auch der Antrieb für den Bohrvorgang situiert. Somit steht beinahe der ganze aufgefahrene

⁶⁵Vgl. [20] Goger, S. 121 ff.

⁶⁶Vgl. [8] DAUB, S. 11 f.

Hohlraum für den sofortigen Ausbau mit Stützmitteln auf der Nachläufereinrichtung zur Verfügung.⁶⁷

Tunnelbohrmaschine mit Schild: Der Einsatz von Bohrmaschinen mit Schilden erfolgt im Allgemeinen in nachbruchigem und gebrächen Gebirgen. Der Untergrund weist i.d.R. eine geringe Festigkeit und Standfähigkeit auf, wobei jedoch kein großer Bergwasserandrang zu erwarten ist. Es sind somit umfangreiche Stützmaßnahmen erforderlich, die jedoch bei diesen Gerätetypen durch den Einbau einer permanenten Tübbingauskleidung übernommen werden.^{68,69} Bei der TBM mit Schild wird zwischen der Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild und der Doppelschildmaschine unterschieden:

- *Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild (TBM-S)*
Der Einsatz einer TBM-S wird in Gebirgen sinnvoll, in denen keine ausreichende Verspannbarkeit der Gripper möglich ist. Eine Schreitfolge der Maschine besteht aus dem Bohren im Schutze des Schildes, dem Einbringen der Tübbinge und dem Nachsetzen des Gerätes. Im Gegensatz zur Gripper-TBM erfolgt der Vortrieb der TBM-S aufgrund der Abstützung der Vorschubpressen in Längsrichtung auf den bereits eingebauten Tübbingen.⁶⁸
- *Doppelschildmaschine (DSM) bzw. Tunnelbohrmaschine mit Doppelschild (TBM-DS)*
Eine Kombination der Gripper-TBM und der TBM-S stellt die Doppelschildmaschine dar. Hier ist ein Vortrieb im Einfach- oder im Doppelmodus möglich. Im standfesten Gebirge ohne Störungzonen erfolgt das Bohren im Doppelmodus unter radialer Verspannung im Gebirge mittels den Grippern bei gleichzeitigem Einbau der Tübbinge. Bei ausreichend standfestem Gestein kann ggf. auf den Tübbingausbau verzichtet werden. Das Doppelschild (Teleskopschild) ist in diesem Modus eingefahren, sodass die Gripper freiliegen. Die erforderliche Vorschubkraft wird dabei durch die Hauptvortriebspresen erzeugt. Im Doppelmodus werden erheblich größere Vortriebsleistungen als bei den konventionellen TBM's erzielt. Im Einfachmodus treibt sich die Maschine mit geschlossenem Teleskopschild im nachbruchigen, weniger standfesten Gebirge unter Abstützung auf dem Tübbingausbau vor. Der Vorschub basiert in diesem Fall auf den Hilfspresen (Nebenvortriebspresen) und das Gripper-System mit den Hauptvortriebspresen ist deaktiviert. Die DSM mit ihren Bestandteilen ist in Abb. 2.14 dargestellt. Gut ersichtlich ist im hinteren Teil der Maschine die nachgezogene Tübbingauskleidung. Die Tübbinge werden hierbei mittels einer beweglichen, schwenkbaren Einrichtung, dem s.g. Erektor, radial im Tunnelquerschnitt eingebaut.^{70,69}

⁶⁷Vgl. [17] Girmscheid, S. 445 f.

⁶⁸Vgl. [20] Goger, S. 125 f.

⁶⁹Vgl. [8] DAUB, S. 12

⁷⁰Vgl. [20] Goger, S. 128

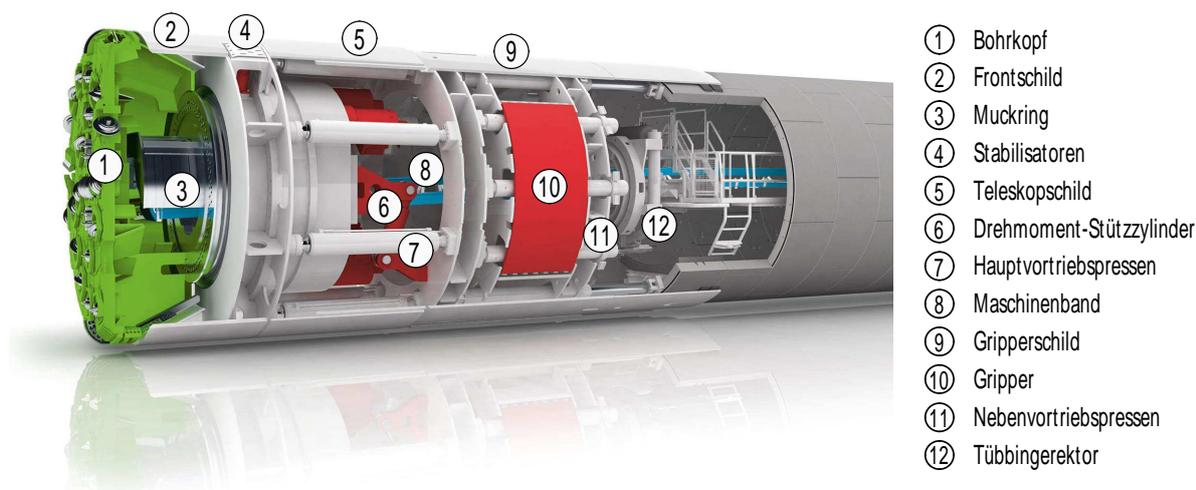


Abb. 2.14: Aufbau einer DSM der Fa. Herrenknecht (Quelle: Adaptiert nach Herrenknecht AG [26])

2.3.2 Schildmaschine

Die Herstellung längerer Tunnelbauwerke im Lockergestein erfolgt nach Girmscheid [17] mittels der Schildmaschinen. Diese werden im oder auch außerhalb des Grundwassers eingesetzt und durch eine mögliche Stützung der Ortsbrust wird dem Umstand Rechnung getragen, dass in Lockergesteinböden oftmals mit einer geringen Standzeit des hergestellten Hohlraumes zu rechnen ist.⁷¹

Die *DAUB* unterscheidet Schildmaschinen mit vollflächigem und teilflächigem Abbau. Und in einer weiteren Gliederungsebene werden die verschiedenen Maschinentypen nach ihrer Art der Ortsbruststützung voneinander abgegrenzt (siehe Abb. 2.11 auf Seite 37).

Für das Auffahren eines Hohlraumes wird die SM mit Vollschnittabbau in den Boden mechanisch vorgeschoben bei gleichzeitigem Ausbruch des Lockergesteines an der Ortsbrust. Der kopfseitig konisch zugespitzte Schildmantel gewährleistet das Eindringen in den Untergrund und reduziert die Reibungskräfte während des Vortriebes. Für den Abbau des Bodens bestreicht das Schneidrad mit geeignetem Werkzeugbesatz (Messer, Zähne, Meißel, Disken, usw.) vollflächig die Ortsbrust. Die notwendigen Vorschubkräfte werden durch die Hydraulikpressen erzeugt. Wie beim Verfahren mit der TBM-S, fungiert hierbei der bereits fertiggestellte Tübbingausbau als Widerlager. Im Allgemeinen gelangt das abgebaute, zerkleinerte Lockergestein über Öffnungen im Schneidrad auf integrierte Förder- oder Kettenbänder, die das Material einer weiteren Schutterung zuführen. Auch eine Pump- oder Flüssigkeitsförderung des Schuttermaterials sind denkbar.^{71,72}

Der Vortrieb einer SM zeichnet sich dadurch aus, dass das Arbeiten gänzlich unter dem Schutz des geschlossenen Schildes erfolgt. Der Mantel reicht bis zum endgültigen Ausbau. Um den Übergang zwischen dem Schild und den Tübbingungen gegen drückendes Grundwasser, Boden und/oder Verpressmörtel zu schützen, ist die Maschine mit einer Schildschwanzdichtung ausgestattet. Diese sitzt an der Innenseite des Schildmantels und dichtet die Fuge zu den eingebauten Tübbingungen ab. Aufgrund des Unterschiedes im Durchmesser zw. dem Schneidrad (bzw. des vordringenden Schildes) und der Betontübbing, entsteht ein Ringspalt. Dieser muss im Zuge des Vortriebes verpresst

⁷¹Vgl. [17] Girmscheid, S. 427 f.

⁷²Vgl. [20] Goger, S. 133

werden um den Kraftschluss zwischen dem Ausbau und der Hohlraumwandung herzustellen. In den meisten Fällen erfolgt dies durch Einbringen von Injektionsmörtel.⁷³

In Abb. 2.15 sind die verschiedenen Systeme der Ortsbruststützung dargestellt. Nachfolgend werden die unterschiedlichen SM-Typen mit vollflächigem Abbau kurz beleuchtet.^{74,75,76}

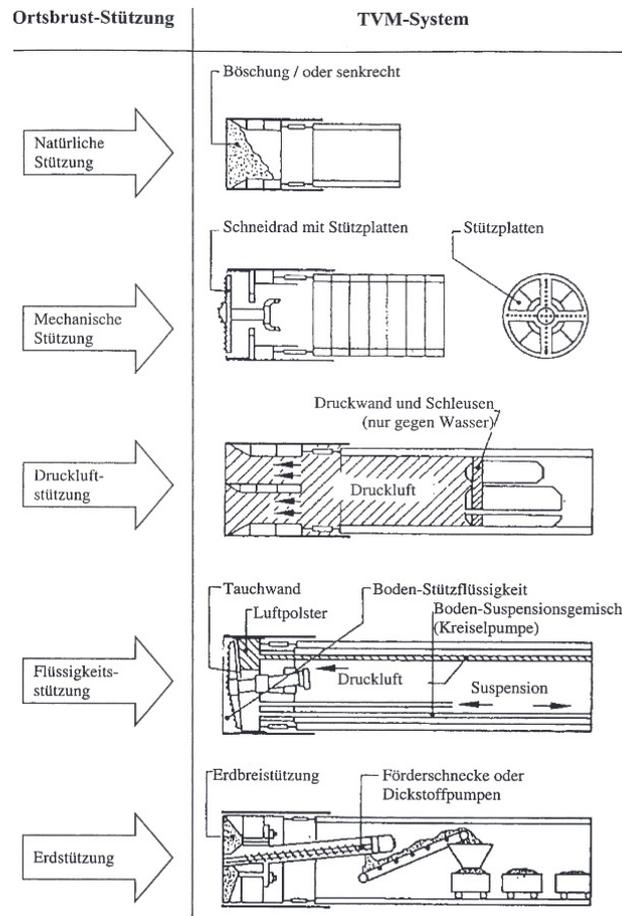


Abb. 2.15: Systeme der Ortsbruststützung bei einer SM (Quelle: Girmscheid [17, S. 496])

Schildmaschine ohne Stützung der Ortsbrust: Es erfolgen keine spezielle Maßnahmen zur Stützung der Ortsbrust. Bei den s.g. offenen Schilden kann die Ortsbrust ggf. auch nur durch eine Böschung gestützt werden, was der natürlichen Stützung in Abb. 2.15 entspricht. Diese Vortriebsweise kann in trockenen, bindigen Schluff- oder Tonböden ohne nennenswerten Grundwasserandrang erfolgen, wobei die Ortsbrust überwiegend stabil bleibt.

Schildmaschine mit mechanischer Stützung der Ortsbrust: Dieses System eignet sich zum Abbau von trockenen, weichen Böden, wie nicht standfesten, bindigen Untergrund oder Wechsellagerungen von bindigen und nicht bindigen Böden. Zur Stützung der Ortsbrust werden verstell- und andrückbare Stützplatten herangezogen, die in den Zwischenräumen der Speichen des Schneidrades situiert sind. Die Platten sind elastisch gelagert, wobei diese beim Vorschub in den Boden gedrückt werden, sodass das abgebaute Material in die

⁷³Vgl. [17] Girmscheid, S. 506 ff.

⁷⁴Vgl. [17] Girmscheid, S. 429 f.

⁷⁵Vgl. [20] Goger, S. 136 ff.

⁷⁶Vgl. [36] Maidl, S. 277 ff.

Abbaukammer gelangen kann. Angemerkt soll hier sein, dass das Verfahren nur außerhalb des Grundwassers zum Einsatz gelangt.

Schildmaschine mit Druckluftbeaufschlagung: Das Druckluftschild wurde zum Einsatz in Grund- und Schichtwasser entwickelt. Die erzeugte Druckluft nimmt dabei nur den Grundwasserdruck auf, und zwar mindestens in jener Druckhöhe, die an der Schildsole vorherrscht. Für die Erddruckstützung wird das Schneidrad herangezogen oder der Boden verfügt über eine ausreichende Standfestigkeit. Für die Druckluftherzeugung wird entweder der ganze Hohlraum im Abbaubereich mit Überdruck beaufschlagt oder nur die Abbaukammer durch eine trennende Druckwand unter Überdruck gesetzt. Für beide Varianten sind jedoch aus sicherheitstechnischen Gründen separate Druckluftschleusen für den Materialtransport und die Vortriebsmannschaft erforderlich.

Schildmaschine mit Flüssigkeitsstützung der Ortsbrust: Zur Ausführung gelangen diese SM's in nicht standfesten, feinteilarmen Böden, die nur eine geringe bis keine Bindung aufweisen. Auch der Einsatz im Grundwasser ist möglich. Besonders prädestiniert sind die Maschinen für einen sandigen bis mittelkiesigen Baugrund. Die Ortsbrust wird durch eine Flüssigkeit in der Abbaukammer gestützt. Die Kammer ist durch eine Druckwand vom bereits aufgefahrenen Tunnel abgetrennt. Es kommen dabei vorwiegend Betonitsuspensionen als Stützflüssigkeit zum Einsatz. Die Druckregelung erfolgt beim *Hydroschild* aufgrund eines mit Druckluft erzeugten Luftpolsters oder durch aufeinander abgestimmte Förder- und Speisepumpen. Die letztere Stützdrucksteuerung wird beim *Slurry-Shield* verwendet. Das durch den Abbau entstehende Flüssigkeits-Boden-Gemisch wird über Kreiselpumpen einer Separationsanlage zugeführt. Dort kommt es zu einer Trennung der Flüssigkeit und einem Großteil der Feststoffe, um die Stützsuspension im Sinne der Wirtschaftlichkeit wiederverwenden zu können. Die Flüssigkeitsschilde zeichnen sich durch ihren setzungsarmen Vortrieb aus. So nimmt dieser SM-Typ eine Vorreiterstellung im innerstädtischen Hohlraumbau ein.

Schildmaschine mit Erddruckstützung der Ortsbrust: Die Erddruckschilde stellen Hohlraumbauwerke im nicht standfesten, bindigen Untergrund her, speziell in feinteilreichen Böden. Auch im Grundwasser beweisen die Geräte ihre Einsatzfähigkeit. Die Ortsbrust wird durch den unter Druck stehenden Boden in der Abbaukammer gestützt. Die Kammer ist wiederum durch eine Druckwand gegenüber dem restlichen Tunnel abgetrennt. Der für die Stützung erforderliche Boden wird aus dem Vortrieb gewonnen und sollte i.d.R. eine breiige, viskose Konsistenz aufweisen. Dies stellt entweder das eindringende Grundwasser sicher oder es wird Wasser hinzugegeben. Der Abtransport aus der Abbaukammer erfolgt durch die Förderschnecke. Die Stützdrucksteuerung beruht auf dem Zusammenspiel zwischen dem Vorschub der Pressen und der Fördergeschwindigkeit der Schnecke.

Die wichtigsten konstruktiven Elemente einer Schildmaschine mit Ortsbruststützung sind anhand des Erddruckschildes der *Fa. Herrenknecht* in Abb. 2.16 ersichtlich. In der Abbildung ist der bereits fertiggestellte Tübbingausbau, auf dem sich die Vorschubpressen (siehe Punkt 6) abstützen, gut erkennbar.

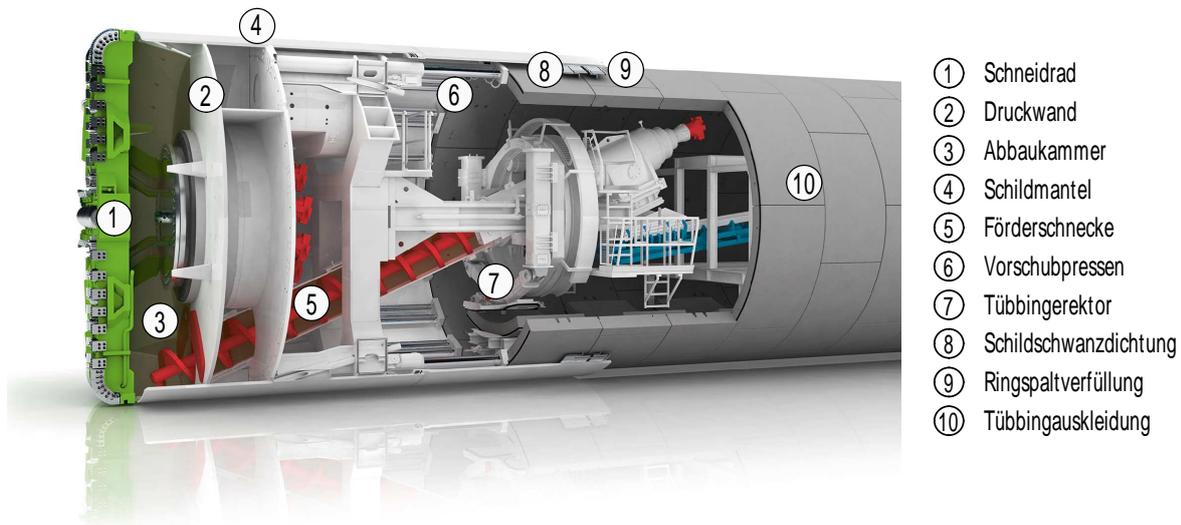


Abb. 2.16: Aufbau eines Erdpressschildes der Fa. Herrenknecht (Quelle: Adaptiert nach Herrenknecht AG [27])

2.4 Übersicht der Vertragsmodelle für Tunnelbauprojekte auf nationaler und internationaler Ebene

Die Recherche der Vertragsmodelle auf nationaler Ebene beruht auf den Werken von Girmscheid [18], Heegemann [24] und Kropik [32]. Die Informationen bzgl. internationaler Bauverträge sind vorwiegend diversen Fachartikeln einschlägiger Zeitschriften entnommen. Die Erläuterungen hinsichtlich der *FIDIC*-Vertragswerke entstammen den Büchern von Demblin und Mörth [10] sowie Hök [30].

Wie schon eingangs im Abschnitt 2 erwähnt, zeichnen sich Tunnelbauvorhaben durch große Unsicherheiten, vor allem in der Baudurchführung, aus und zählen somit zu den risikobehaftetsten Projekten in der Bauwirtschaft. Aus diesem Grunde soll am Anfang eines jeden Bauvorhabens der AG die geeignetste Abwicklungsform wählen, aus der sodann das Vertragsmodell hervorgeht. Durch die Abwicklungsart wird die Verantwortungs- und Risikoverteilung der Vertragspartner definiert, denen im Bauvertrag besondere Beachtung geschenkt wird.⁷⁷

Nach Girmscheid [18] kommen folgende Abwicklungsformen im Untertagebau zum Tragen:⁷⁷

1. *Einzelleistungsträger*

Der AG, auch Bauherr genannt, führt das Projekt mit Einzelplanern und Einzelunternehmern durch. Die Einzelplaner erstellen aufgrund der Vorgaben des Bauherrn Teile der Planung in den jeweiligen Projektphasen her und die Einzelunternehmer werden mit der Ausführung des Bauwerkes betraut. Ein Kennzeichen dieser Abwicklungsart ist die strikte Trennung der Planungs- und Ausführungsleistungen. In Abb. 2.17 ist schematisch die Abfolge eines Projektes im Untertagebau dargestellt. Daraus geht hervor, dass der AG mit seinen Einzelplanern die Konzeptionierung des Projektes in den Phasen der Vorstudie, dem Vor- und Bauprojekt vornimmt und die Bauunternehmen lediglich in der Ausführung einbezogen werden.

⁷⁷Vgl. [18] Girmscheid, S. 693 ff.

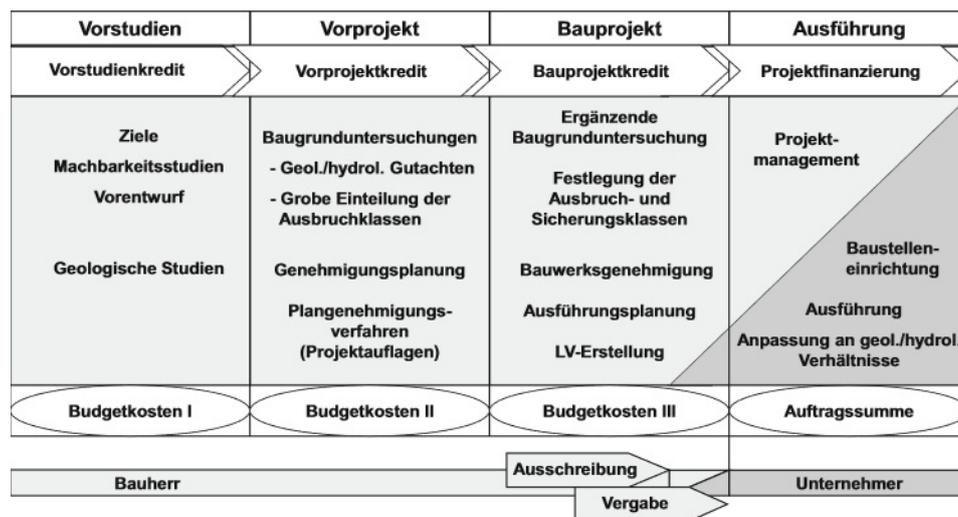


Abb. 2.17: Projektphasen im Zuge der Abwicklung eines Einzelleistungsträgers (Quelle: Girmscheid [18, S. 697])

2. *Generalleistungsträger*

Hierbei wird unterschieden zwischen Generalplaner und Generalunternehmer (GU). Der Generalplaner übernimmt sämtliche Planungsleistungen, die v.a. aus dem Vorentwurf inkl. Machbarkeitsstudien, der Genehmigungs- und Ausführungsplanung bestehen. Der GU führt in weiterer Folge alleinverantwortlich alle Leistungen zur Erstellung des Tunnelbauwerkes auf Basis der Ausführungsplanung durch. Die Projektphasen und deren Zuteilung an die Vertragspartner folgt im Allgemeinen der Abb. 2.17. Das Spezifische liegt darin, dass der AG für alle Planungsphasen einen Generalplaner beauftragt. In der Ausführungsphase steht dem AG ebenfalls nur ein Vertragspartner, der GU, gegenüber. Jedoch besteht bei dieser Abwicklungsform die Möglichkeit, die Unternehmer schon in die Planungsphase miteinzubeziehen. Dies erfolgt durch die Ausschreibung eines Leistungsprogramms auf Grundlage der Genehmigungsplanung, wodurch die Unternehmer in weiterer Folge die Ausführungsplanung vollziehen. Somit werden schon die Ausführenden in einer früheren Phase miteinbezogen, sodass diese ihr *Know-how* und ihren Erfahrungsreichtum in die Planung einbringen können. In weiterer Folge wird diese Abwicklungsform als GU+ bezeichnet.

3. *Totalleistungsträger*

Bei diesem Abwicklungsmodell werden die Planungs- und Ausführungsleistungen zusammengeführt. Der Totalunternehmer (TU) verpflichtet sich dabei aufgrund der Vorstudie/des Vorentwurfes des Bauherrn zur Erbringung der gesamten Genehmigungs- und Ausführungsplanung. Des Weiteren übernimmt der TU die Aufgabe eines GU in Form der Herstellung des nutzungsreifen Tunnelbauwerkes. In Abb. 2.17 würden somit die Phasen und deren zugehörige Leistungen des Vor- und Bauprojektes, sowie die Ausführungsphase dem TU zugeordnet werden.

Unter den verschiedenen Aspekten eines Tunnelbauprojektes, wie der Berücksichtigung von besonderen Risiken (z.B. Baugrund-, Genehmigungs- oder Finanzierungsrisiko), der Risikoverteilung, Kosten- und Terminalsicherheit, rasche Realisation, usw., wählt der AG die geeignetste der oben angeführten Abwicklungsformen. Überlegungen, ob und in welcher Form Gestaltungs- und Änderungsmöglichkeiten erwünscht sind, ob auf einen Wettbewerb der Ideen (Optimierungs-

potenzial) abgezielt wird oder nur der Preis bei der Vergabe des Projektes ausschlaggebend ist, sollten im Entscheidungsprozess mitberücksichtigt werden.⁷⁸

Ist die Abwicklungsform eines Tunnelbauprojektes gewählt, so entsteht demzufolge der Bauvertrag. Der AN, im Sinne eines Bauunternehmens, wird durch den Vertragsabschluss zu einem früheren oder einem späteren Zeitpunkt in das Projekt einbezogen. Der Zeitpunkt der Vergabe ergibt sich aus der Abwicklungsform. Je nachdem hat dann der Unternehmer mehr oder weniger Planungsleistungen zu erbringen. Beispielsweise wird der Einzelunternehmer gemäß Abb. 2.17 erst nach Beendigung der Planungsphase zum Projekt hinzugezogen und hat folglich keinen oder nur einen sehr geringen Planungsaufwand zu leisten.

Tunnelbauverträge besitzen unter den Bauverträgen ein Alleinstellungsmerkmal. Aufgrund der vielen Unsicherheiten in der Ausführung (durch die oftmals wechselnde Geologie), herrscht spezieller Regelungsbedarf in Hinsicht auf die Fortschreibungsfähigkeit des Vertrages. Und eine nachträgliche Anpassungsfähigkeit der Verträge, soll Raum für Optimierung während des Vortriebes schaffen.⁷⁹

Schneider [54] verweist auf nachstehende vertragsrechtliche Charakteristika eines Tunnelbauvertrages:⁸⁰

- Anpassungsmöglichkeit bei geänderten Verhältnissen
- faire Risikoverteilung
- konfliktfreie bzw. -arme Auslegung – vertragliche Regelungen zur Vermeidung, Beilegung und Schlichtung von Streitigkeiten

Bauverträge können laut Heegemann [24] grundsätzlich nach der Art der Preisgestaltung unterschieden werden. Der Verfasser gibt in Tab. 2.4 eine übersichtliche Darstellung der typischen Bauvertragsarten inkl. deren Merkmalen. Solche Merkmale können die Planungsverantwortung durch einen jeweiligen Vertragspartner, die Art der LB, bestehend aus der Baubeschreibung und dem Leistungsverzeichnis (LV), die Festlegung (Art, Qualität und Menge) der Leistung oder deren Vergütung sein. Es erfolgt zudem eine Zuteilung zu möglichen Abwicklungsformen und es wird versucht, die Verwendung der Preisgestaltungsarten den jeweiligen Vertragsformen, die in diesem Abschnitt erläutert werden, zuzuordnen.

Nach Tab. 2.4 werden Bauverträge im Allgemeinen in Leistungs- und Aufwandsverträge unterteilt. Unter den Leistungsverträgen werden der Einheitspreis (EHP)⁸¹-Vertrag, der Detail-Pauschalpreis (PAP)⁸²-Vertrag und der Global-PAP-Vertrag subsumiert. Beim EHP-Vertrag werden die einzelnen Bauleistungen in den jeweiligen Positionen des LV's einer konstruktiven LB auf Basis von vereinbarten EHPen und tatsächlichen Mengen vergütet. Dem Detail-PAP-Vertrag liegt ebenso eine konstruktive LB mit einem in Einzelpositionen gegliederten LV zugrunde. Somit ist bei dieser Vertragsform die Zusammensetzung der Bauleistung im Detail ersichtlich. Ganz im Gegensatz zum Global-PAP-Vertrag, bei dem keine detaillierte Aufgliederung der Bauleistung vorgesehen ist. Jedoch zeichnen sich beide PAP-Verträge durch die Vergütung einer vereinbarten Pauschale aus und Heegemann [24] verweist bei diesen Vertragsarten darauf, dass die Art, Güte und Menge grundsätzlich erfassbar sein sollten. Der Global-PAP-Vertrag wird nach Girmscheid [18] weiter in eine einfache und komplexe Form unterteilt. Der signifikante Unterschied ist der Detaillierungsgrad in der Beschreibung der Leistung. Beim einfachen Global-PAP-Vertrag liegt

⁷⁸Vgl. [18] Girmscheid, S. 695 f.

⁷⁹Vgl. [18] Girmscheid, S. 717

⁸⁰Vgl. [54] Schneider, S. 22

⁸¹im englischen *unit price*

⁸²im englischen *lump-sum*

eine relativ detaillierte Beschreibung des Leistungsziels vor. Zusätzlich existiert eine Komplettheitsklausel für gewisse Global-Elemente, die garantiert, dass diese vollständig und funktionsfähig ausgeführt werden. Hingegen beim komplexen Global-PAP-Vertrag erfolgt die LB hauptsächlich global, mit dem Ziel ein voll-funktionsfähiges Bauwerk herzustellen. Den Aufwandsverträgen wird der Regiepreisvertrag und Selbstkostenerstattungsvertrag zugeordnet. Die Vergütung beim Regiepreisvertrag erfolgt nach tatsächlichem Aufwand und beim Selbstkostenerstattungsvertrag werden die entstandenen Kosten des AN zzgl. eines vereinbarten Zuschlages abgegolten.^{83,84}

In den darauffolgenden Unterabschnitten werden anfänglich die Wurzeln des heimischen Bauvertrages anhand des Werkvertrages nach dem *Allgemeinen bürgerlichen Gesetzbuch (ABGB)* in kurzer Form hergeleitet. Anschließend erfolgt die Erläuterung des Status Quo der Tunnelbauverträge in Österreich – des ÖNORM-Modells. Abgerundet wird dieses Kapitel durch eine zusammenfassende Beschreibung alternativer Vertragsmodelle im internationalen Kontext. Die Auswahl der alternativen Vertragsformen beschränkt sich dabei auf den Garantierten Maximalpreis (GMP)-Vertrag, das Allianzmodell und die Vertragswerke der *FIDIC*.

Angemerkt soll sein, dass die folgenden Ausführungen keine vollumfängliche Beschreibung der unterschiedlichen Vertragsmodelle darstellen und ebenso keine juristischen Detailanalysen beinhalten. Die Erläuterung der Modelle folgt einer anwendungsorientierten Betrachtung, wobei der Verfasser versucht die wesentlichen Kernaussagen der Verträge in baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Hinsicht darzulegen.

⁸³Vgl. [32] Kropik, S. 637 ff.

⁸⁴Vgl. [18] Girmscheid, S. 70 f.

Tab. 2.4: Überblick der Bauverträge nach der Preisgestaltung (Quelle: Heegemann [24, 13 ff.], Kropik [32, 637 ff.], Girmscheid [18, 70 ff.], Affenzeller [2], Demblin und Mörth [10, 2 ff.]

Verträge nach Preisgestaltung	Merkmale	Abwicklungsform	Anwendung im Vertragsmodell
<u>Leistungsverträge</u>			
EHP-Vertrag	Planung bei AG / konstruktive LB mit LV gegliedert in Einzelpositionen / Art u. Güte der Leistung genau festgelegt / Menge annähernd bestimmbar / Vergütung nach vereinbarten Preisen u. tatsächl. Mengen	Einzelunternehmer / GU	ÖNORM-Modell / FIDIC Red Book / FIDIC Green Book
Detail-PAP-Vertrag	Planung meist bei AG / konstruktive LB mit LV gegliedert in Einzelpositionen / Art, Güte u. Menge der Leistung genau ermittelbar / Vergütung einer vereinbarten Pauschale	GU / GU+	tw. im FIDIC Yellow Book / tw. im FIDIC Emerald Book
Global-PAP-Vertrag	Planung i.d.R. bei AN (zumindest Ausführungsplanung) / meist funktionale LB / Art, Güte u. Menge der Leistung bestimmbar / Vergütung einer vereinbarten Pauschale	GU+ / TU	tw. im GMP-Modell / tw. im FIDIC Yellow Book / FIDIC Silver Book / FIDIC Golden Book / tw. im FIDIC Emerald Book
<u>Aufwandsverträge</u>			
Regiepreisvertrag	Bauleistung nicht genau erfassbar / Vergütung nach tatsächlichem Aufwand	alle Formen möglich	—
Selbstkostenerstattungsvertrag	Bauleistung nicht eindeutig bestimmbar / Vergütung von angefallenen Selbstkosten des AN zzgl. eines vereinbarten Zuschlages / meist offengelegtes Kalkulations-LV des AN (<i>open books</i>)	GU / GU+ / TU	tw. im GMP-Modell / tw. im Allianz-Modell

2.4.1 Werkvertrag nach dem ABGB

Der Bauvertrag wird im Sinne des *Allgemeinen bürgerlichen Gesetzbuches* als typischer Werkvertrag verstanden. Ein Werkvertrag kommt zustande, wenn sich jemand verpflichtet, ein Werk gegen ein angemessenes Entgelt herzustellen. Dabei wird das Werk den Umständen und Vorstellungen des Bestellers (AG) entsprechend vom Unternehmer (AN) persönlich oder auf seine Verantwortung hin durch Dritte errichtet. Der Unternehmer schuldet dem Besteller sodann einen bestimmten Erfolg der Herstellung des Werkes.⁸⁵

Der Werkvertrag wird gemäß Heidemann [25] im *ABGB* in den §§ 1151, 1152 sowie 1165 – 1171 geregelt. Kennzeichnend ist dabei der § 1166, der den Werkvertrag vom Kaufvertrag durch die Beistellung des Stoffes durch den Besteller abgrenzt. Der Stoff kann im bauvertragsrechtlichen Sinne als Baugrund interpretiert werden.

Kropik [32] betont, dass das geltende Werkvertragsrecht gemäß *ABGB* überwiegend dem dispositiven Recht unterliegt. Es können somit die Bestimmungen des bürgerlichen Rechts im Werkvertrag individuell abgeändert werden. Erfolgt keine gesonderte Bestimmung durch die Vertragspartner zu gewissen Punkten im Werkvertrag, so gilt die gesetzliche Normallage des *ABGB*. Der Dispositionsfreiheit der Vertragspartner sind jedoch auch Grenzen gesetzt. Kropik [32] zufolge unterliegt der Werkvertrag der Geltungs- und Inhaltskontrolle. Somit wird sichergestellt, dass ein Vertragspartner keine versteckten Klauseln, die den anderen benachteiligen, einführt und/oder gegen gesetzliche Verbote oder die guten Sitten verstößt.^{86,87}

Ein Werk, also z.B. ein Tunnelbauwerk, wird im Zuge eines Werkvertrages nach dem *ABGB* durch einen Kostenvoranschlag angeboten. Der Kostenvoranschlag muss dabei eine detaillierte Preisaufschlüsselung, also wie sich ein Gesamtpreis zusammensetzt, aufweisen und Inhalt des Vertrages werden. Nach dieser Aufschlüsselung, die ferner die Einheitspreise eines LV (EHP-Vertrag) darstellen kann, wird das Werk im Zuge der Ausführung nach tatsächlich Geleistetem abgerechnet. Dabei kann ein leistungsorientierter (vgl. EHP-Vertrag) oder ein aufwandsorientierter (vgl. Regiepreisvertrag) Kostenvoranschlag vorliegen. Zudem existiert die Möglichkeit, die Kostenvoranschläge als verbindlich oder unverbindlich auszuweisen. Besteht eine ausdrückliche Gewährleistung des Kostenvoranschlages, so ist der Gesamtpreis als verbindlich anzusehen.⁸⁸

Die wichtigsten Rechte und Pflichten des Bestellers im Werkvertrag lt. *ABGB* sind folgende:⁸⁵

- Stoffbeistellung
- Pflicht zur Aufklärung und Mitwirkung
- Fürsorgepflicht gegenüber dem Unternehmer, sonstigen Baubeteiligten und Dritten
- Abnahmepflicht
- Zahlung eines angemessenen Entgeltes

In der Unternehmersphäre liegen folgende Rechte und Pflichten:⁸⁵

- Persönliche Herstellung nach anerkannten Regeln der Technik oder zulässige Weitergabe an Dritte
- Fürsorgepflicht gegenüber dem Besteller, sonstigen Baubeteiligten und Dritten
- Warnpflicht

⁸⁵ Vgl. [24] Heegemann, S. 10

⁸⁶ Vgl. [32] Kropik, S. 3

⁸⁷ Vgl. [32] Kropik, S. 35

⁸⁸ Vgl. [32] Kropik, S. 615 f.

- Ablieferung des Werkes
- Rechnungslegung
- Behebung von Leistungsstörungen – insb. Gewährleistung und Schadenersatz

2.4.2 ÖNORM-Vertragsmodell

Die Umsetzung der allgemein gesetzlichen Normallage des *ABGB* für die vertragliche Durchführung von Bauprojekten erfolgt in der *ÖNORM B 2110* [45] bzw. *ÖNORM B 2118* [47] in den jeweils aktuell gültigen Fassungen. Die *ÖNORM B 2110* stellt die allgemeinen Vertragsbestimmungen für Bauleistungen dar und wird als *der* bauwirtschaftliche Mustervertrag angesehen. Ein Bauvertrag an sich ist kein einfacher Werkvertrag, sondern ein komplexer Langzeitvertrag, indem im Vorhinein nicht jede Leistung ins Detail festgelegt werden kann. Somit muss es möglich sein, den Vertrag im Laufe der Baudurchführung zu konkretisieren und anzupassen. Daher ergibt sich, dass die Vertragspartner zu einer gewissen partnerschaftlichen Zusammenarbeit angehalten sind. Die definierten Bestimmungen und Regelungen der ÖNORM tragen diesem Umstand Rechnung und liefern so den Rahmen für ein Kooperationsmodell. Die *ÖNORM B 2118* ist im weitesten Sinne die Anwendung der *ÖNORM B 2110* auf Großprojekte, v.a. für Infrastrukturbauten, unter Einbezug des Partnerschaftsmodells. Die Regelungen und Bestimmungen dieser ÖNORMEN haben den Charakter von Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB's) und müssen vor Vertragsabschluss eindeutig von beiden Partnern vereinbart werden, um Gültigkeit zu erlangen.^{89,90}

Ist eine der o.g. Normen vereinbart, so kommen die Inhalte der Werkvertragsnormen der Reihe *B 22xx* und *H 22xx* zum Tragen. Die Normen dieser Reihe werden einzelnen bauspezifischen Tätigkeiten zugeordnet und beinhalten technische, wirtschaftliche und rechtliche Aspekte der Ausführung, insbesondere den Regelungsbedarf von Abrechnung und Vergütung. Für den Tunnelbau werden hierbei die Werkvertragsnorm *ÖNORM B 2203-1* [49] für den zyklischen und die *ÖNORM B 2203-2* [50] für den kontinuierlichen Vortrieb relevant.

Der Standardvertrag der österreichischen Tunnelbauprojekte beruht somit, neben den projektspezifischen Teilen eines Vertrages (wie der LB, dem LV, Baugrundgutachten, Plänen, etc.), auf den Vorformulierungen folgender Regelwerke:

- *ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen* bzw.
- *ÖNORM B 2118:2021 12 01: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten* und
- *ÖNORM B 2203-1:2001 12 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb* und/oder
- *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*

Die Verfahrens- und Vertragsbestimmungen dieser Normen gelten zusätzlich zu der im Bauwesen allgemein gültigen Verfahrensnorm *ÖNORM A 2050* [44], die die Vergabe über Aufträge von Leistungen – Ausschreibung, Angebot und Zuschlag – regelt. Öffentliche AG unterliegen jedoch dem *Bundesvergabegesetz 2018 (BVerG 2018)*. Bei großen Tunnelbauprojekten trifft dies in den meisten Fällen zu. Es existieren zudem etliche Richtlinien und weitere Normen, die in Verbindung

⁸⁹Vgl. [32] Kropik, S. 80 ff.

⁹⁰Vgl. [24] Heegemann, S. 27

mit den oben angeführten Regelwerken erforderlich werden. Jene Dokumente werden an dieser Stelle nicht explizit angeführt, sondern können in den jeweiligen „normativen Verweisen“ der einschlägigen Normen nachgeschlagen werden. Folgend werden die inhaltlichen Eckpunkte und Regelungen der angewandten Vertragsnormen des Untertagebaues kurz skizziert:

ÖNORM B 2110: In dieser Norm werden grundsätzliche Bestimmungen hinsichtlich des Verfahrens der Ausschreibung und des Angebotes sowie des Vertrages getroffen. Wird die *ÖNORM B 2110* vereinbart, so werden nur die Vertragsbestimmungen zum Vertragsbestandteil. In den Bestimmungen werden grundlegende Vertragsformalitäten (z.B. Vertragsbestandteile, Rücktritt, Schiedsgericht) geregelt, es werden wichtige Aspekte der Baudurchführung (Termine, Definition von Leistungen, Preisarten, Verzug, usw.) erläutert und Rechnungslegungs- sowie Zahlungsmodalitäten definiert. Des Weiteren versucht die Norm, einen Leitfaden im Umgang mit Leistungsabweichungen zu geben, in dem auch die Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern festgelegt wird. Am Ende des Dokumentes befinden sich die Haftungsbestimmungen für das Bauwerk nach der Übernahme.

ÖNORM B 2118: Dieses vertragsrechtliche Regelwerk weist im Allgemeinen den gleichen Aufbau wie die ihr zu Grunde liegende Norm, die *ÖNORM B 2110*, auf und folgt ihr auch inhaltlich. Das Spezifikum der *ÖNORM B 2118* liegt in der Ausformulierung eines Partnerschaftsmodells. Es wird eine verpflichtende regelmäßige Partnerschaftssitzung verlangt, die Risikosphären werden gegenüber der *ÖNORM B 2110* genauer bestimmt und entsprechend den Vertragspartnern zugeordnet. Außerdem wird die Behandlung von Leistungsabweichungen präzisiert und eine genaue Vorgangsweise diesbezüglich vorgeschrieben. Empfohlen wird dieses Regelwerk für Großprojekte, insbesondere mit mehreren AN in Form einer Arbeitsgemeinschaft (ARGE), und bei komplexen Bauvorhaben.

ÖNORM B 2203-1: Die tunnelbauspezifische Umsetzung der *ÖNORM B 2110* beziehungsweise *ÖNORM B 2118* für den zyklischen Vortrieb erfolgt in dieser Werkvertragsnorm. Um die Flexibilität für die wechselnden Baugrundverhältnisse zu gewährleisten, braucht es ein anpassungsfähiges Vergütungssystem. Somit soll ein angemessenes und leistungsgerechtes Entgelt sichergestellt werden.⁹¹ In Österreich erfolgt dies mittels der Vortriebsklassifizierung. Es wird dabei der anstehende Untergrund entlang der Trasse in annähernd homogene Bereiche mit gleichartigen Eigenschaften und Ausbruchverhalten inklusive der entsprechenden Sicherungsmaßnahmen eingeteilt. In der *ÖNORM B 2203-1* wird daher vorgeschrieben, Positionen für den Ausbruch in Verbindung mit den jeweiligen Vortriebsklassen im Vertrag vorzusehen, in denen die Vergütung der tatsächlich angetroffenen Klasse erfolgt. Die Norm besteht wiederum aus einem Verfahrens- und Vertragsteil, wobei nur der Letztere Vertragsbestandteil wird. In weiterer Folge werden technische Ausführungsbestimmungen festgelegt und Abrechnungsregeln definiert. Solche Regeln können sich dabei auf den Umgang mit Vortriebsunterbrechungen, nicht prognostiziertem Mehrausbruch oder Wassererschwernissen beziehen. Angemerkt soll sein, dass die *ÖNORM B 2203-1* derzeit in Überarbeitung ist.

ÖNORM B 2203-2: Eine eigene Norm für den kontinuierlichen Vortrieb wurde erstmals 2005 eingeführt. Diese stellt die Basis für den Werkvertrag des Verfahrens mittels Tunnelvortriebsmaschinen (TVM's) dar. Die Struktur der Norm ist ident mit jener des zyklischen Vortriebes. Die Merkmale des Bauverfahrens mit der jeweiligen TVM finden in den einzelnen Bestimmungen der Norm Eingang. Dies erfolgt beispielsweise, indem der AG bereits in der Leistungsbeschreibung gewisse Mindestanforderungen an das einzusetzende Gerät definiert

⁹¹Vgl. [20] Goger, S. 30 f.

und dem Vortriebssystem entsprechende Parameter in der Vortriebsklassenermittlung einfließen lässt. Es existiert dabei eine eigene Vortriebsklassenmatrix für die Gripper-TBM, TBM-A und eine separate für die TBM-S, TBM-DS sowie SM. Wie die Norm für den zyklischen Vortrieb, befindet sich ebenso die *ÖNORM B 2203-2* derzeit in Überarbeitung.

Die kennzeichnenden Eigenschaften des ÖNORM-Modells im Detail, wie zum Beispiel die Preisgestaltungsmöglichkeiten und das Vergütungsmodell, die spezifischen Ausschreibungs- und Angebotsbestimmungen, welche Besonderheiten dem AG bzw. dem AN zukommen oder inwiefern die Richtlinien der *Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG)* mit den ÖNORMEN im Zusammenhang stehen, werden an dieser Stelle nicht näher behandelt. Die eingehende Analyse des traditionellen Vertragsmodells im nationalen Tunnelbau erfolgt im Abschnitt 3. Die Risikobehandlung, die Risikosphären der Vertragspartner nach dem ÖNORM-Modell und folglich welches Risiko für Ausführende aufgrund des Vertragsmodells entsteht, bilden die Kernthemen der vorliegenden Arbeit, deren dezidierte Untersuchung sich im Abschnitt 5 befindet.

2.4.3 GMP-Vertrag

Nach Heidemann [25] lässt sich der Garantierte Maximalpreis (GMP)⁹²-Vertrag unter den innovativen Vertragsmodellen, in weiterer Folge als s.g. alternative Bauverträge bezeichnet, einordnen. Ein Vertrag kann laut Goger und Reckerzügl [21] als alternativ bezeichnet werden, sofern sich dieser in seinen Grundsätzen von nationalen Standardverträgen (in Österreich z.B. die *ÖNORM B 2110* bzw. *ÖNORM B 2118*) wesentlich unterscheidet.

Aufgrund der zunehmenden Streitkultur in der Durchführung von Bauprojekten, die meist auf traditionellen Verträgen basierten, kam es vor allem im angloamerikanischen Raum zu einer Innovation des Bauvertragswesens – es wurden alternative Vertragsformen entwickelt. Diese Modelle fassen den Kooperationsgedanken ins Auge, indem ein Projekt zu Gunsten aller Beteiligten, sprich in Form einer *win-win* Situation, abgewickelt werden sollte. Innovative Vergütungsmodelle im Sinne einer partnerschaftlichen Erfolgsbeteiligung, das frühzeitige Einbinden des Unternehmers (*early contractor involvement*) zur Nutzung seines *Know-how's* und das *open book*⁹³ Prinzip sind schlagende Charakteristika, die ein alternatives Vertragsmodell auszeichnen.^{94,95}

Der GMP-Vertrag entstand in den 1970er Jahren in den USA und findet seit ungefähr 20 Jahren im deutschsprachigen Raum Anwendung. Das Modell ist nach Haghsheno [23] eine Kombination eines PAP- und Selbstkostenerstattungsvertrages. Die Merkmale solcher Verträge sind in Tab. 2.4 auf Seite 48 angeführt.⁹⁶

Charakteristika des Vertragsmodells

Ein wesentliches Merkmal des GMP-Vertrages ist die Vereinbarung eines Zielpreises. Dieser ergibt sich aus der Kalkulation der Herstellkosten des Unternehmers zzgl. eines Zuschlages für Geschäftsgemeinkosten (GGK), Wagnis und Gewinn. Es wird vertraglich festgelegt, dass dieser als Maximalpreis garantiert wird und somit nicht überschritten werden darf. Man kann den GMP-Vertrag folglich den Zielkostenverträgen⁹⁷ zuordnen. Die Differenz zwischen den tatsächlich entstandenen Kosten und dem Zielpreis wird einer vertraglich festgelegten Regelung

⁹²im englischen *guaranteed-maximum-price*

⁹³Unter dem Prinzip wird verstanden, dass der Unternehmer die Kalkulation seiner Kosten dem AG vollständig offenlegt. Vgl. [6] Burtscher, S. 107

⁹⁴Vgl. [21] Goger und Reckerzügl, S. 226

⁹⁵Vgl. [31] Khafadji und Scharpf, S. 12 f.

⁹⁶Vgl. [23] Haghsheno, S. 35 f.

⁹⁷im englischen *target contracts*, Zielkosten = *target costs*

zugeführt. Im Falle einer Unterschreitung des GMP, kommt es zu einem Bonus, der zwischen den Vertragspartnern aufgeteilt wird. Bei Überschreiten des Zielpreises wird nur der garantierte Preis vergütet und der AN trägt die Mehrkosten.⁹⁸

Diese Bonus-Malus-Regelung soll Anreize schaffen, Kosteneinsparungen durch Optimierungen sowohl in der Planungs- wie auch in der Ausführungsphase zu erzielen. Es existieren verschiedene Abwicklungsmodelle, in denen der Unternehmer einmal früher und einmal später in das Bauprojekt einbezogen wird. In den meisten Fällen werden jedoch dem AN Planungsleistungen übertragen und die Definition der Zielvorgaben beruht zumeist auf einer funktionalen LB.⁹⁹

Risikoverlagerung und Konfliktpotenzial

Die Risikoverteilung des Vertragsmodells folgt einem eher konventionellen Ansatz, indem den Partnern strikte Sphären zugeordnet werden. Ein kollektiver Risikotopf ist beim GMP-Vertrag nicht vorgesehen. So kommt den ausführenden Firmen ein besonderes Risiko zu, weil die Kosten jenseits der Maximalpreisschranke vollständig zu Lasten des AN gehen.¹⁰⁰

Das *early contractor involvement*, das *open book* Prinzip und die Bonusregelung des GMP-Vertrages verfolgen allesamt das Ziel, Konflikte zu reduzieren bzw. gar zu vermeiden. Gesetzzt wird auf das Kooperationsverhalten beider Parteien. Haghsheno [23] hat infolge seiner Dissertation jedoch erkannt, dass GMP-Verträge keinen positiven Beitrag zur Verringerung des Konfliktpotentials von Bauprojekten liefern.^{101,102}

2.4.4 Allianzvertrag

Diese alternative Vertragsform wurde von *British Petroleum* (BP) erstmals zu Beginn der 1990er Jahre im Zuge des Baues eines Anlagenprojektes, dem *Andrew Field Project*, in der Nordsee entwickelt. Die konfliktträchtige Bauwirtschaft Australiens Ende der 1990er Jahre übernahm die Idee der kooperativen Projektabwicklung des Allianzmodells. Es folgte die erste erfolgreiche Abwicklung eines großen Infrastrukturprojektes – der Bau des *Northside Storage Tunnel*. Von da an setzte sich diese Vertragsart als alternative Form zur Konfliktreduzierung, insbesondere im öffentlichen Sektor, durch und dient mitunter als Vorbild für Bauprojekte in Österreich.^{103,104}

Beim Allianzvertrag, im Sinne einer Projektallianz¹⁰⁵, steht das gemeinsame Streben nach dem Projekterfolg, anstatt der individuellen Interessen der Vertragsparteien, im Vordergrund. Der zentrale Gedanke ist dabei, dass alle am Projekt Beteiligten entweder „gemeinsam gewinnen oder verlieren“. Dazu wird eine fiktive Projektgesellschaft zwischen dem AG, Planern und den ausführenden Unternehmen gebildet. Es wird gemeinsam der Vertragsrahmen im Form von Prinzipien und Zielen definiert. Der AN wird dabei i.d.R. noch vor der eigentlichen Ausführungsphase, insbesondere bei der Festlegung der Zielkosten, einbezogen. Für das Allianzmodell gibt es keine allgemeine Mustervorlage, sondern der Vertrag wird auf das jeweilige Projekt zugeschnitten.¹⁰³

⁹⁸Vgl. [23] Haghsheno, S. 37 f.

⁹⁹Vgl. [25] Heidemann, S. 34 f.

¹⁰⁰Vgl. [31] Khafadji und Scharpf, S. 16 f.

¹⁰¹Vgl. [31] Khafadji und Scharpf, S. 13 f.

¹⁰²Vgl. [23] Haghsheno, S. 154

¹⁰³Vgl. [25] Heidemann, S. 42 f.

¹⁰⁴Vgl. [21] Goger und Reckerzügl, S. 227 f.

¹⁰⁵Die Projektallianz wird zeitlich begrenzt zur Abwicklung eines Projektes geschlossen. Im Gegensatz dazu werden strategische Allianzen für einen längeren Zeitraum zwischen zumindest zwei Unternehmen zum Zwecke des gemeinsamen Wettbewerbsvorteils gebildet. Vgl. [25] Heidemann, S. 42

Kennzeichnende Merkmale des Allianzmodells

Laut Ross [52] zeichnet sich ein Allianzvertrag in seiner ursprünglichen Form durch folgende Merkmale aus:¹⁰⁶

1. Gemeinsame Verantwortung für die Durchführung des Projektes
2. Kollektives Tragen der Risiken im Zusammenhang mit der Ausführung des Projektes
3. Gemeinsame Beteiligung an den Gewinnen oder Verlusten infolge einer Abweichung von den Zielkosten (Bonus-Malus-Regelung)

Zudem formuliert der *National Guide to Alliance Contracting* der australischen Regierung nachstehende Kernprinzipien für ein Allianzmodell:¹⁰⁷

- kollektive Risiko- und Chancenteilung
- Zusage zur Streitbeilegung (*no dispute*)
- Projektentscheidungen nur in Einstimmigkeit nach dem *best-for-project* Prinzip
- gemeinsame Konflikt- und Problemlösung in Form einer *no fault-no blame* Kultur
- offene, ehrliche Kommunikation und faires Handeln nach dem Prinzip des guten Glaubens
- Transparenz infolge des *open book* Prinzips
- gemeinsame Verwaltungsstruktur

Zum Zwecke der gemeinsamen Verwaltung der Allianz werden Teams aus Vertretern der Allianzpartner gegründet. Es besteht zum einen ein Steuerungsteam, das die wichtigen strategischen Entscheidungen einstimmig trifft. Zum anderen existiert ein Managementteam für die operativen Tätigkeiten des Projektes. In den Gremien sind sämtliche Vertreter gleichberechtigt und die Entscheidungsfindung zielt auf die Optimierung des Projektes ab, ganz im Sinne des *best-for-project* Prinzips. Weitere zentrale Grundsteine in der Projektverwaltung sind die offene, ehrliche Kommunikation zwischen den Partnern und die transparente Buchhaltung aller Transaktionen (*open book* Prinzip). Treten Störungen auf, so wird von einer strengen Fehlerzuweisung an den jeweils anderen Partner abgesehen, sondern die Probleme werden im Schulterchluss gelöst. Dieses Verhalten entspricht einer *no blame* Kultur und wird noch dazu durch die Verpflichtung der Streitbeilegung und der gemeinsamen Risikoübernahme bestärkt.^{104,108}

Innovatives Vergütungsmodell

Beim Allianzvertrag kommt ein innovatives Vergütungsmodell zum Einsatz. Es werden vor Bauausführung in einem mehrteiligen System gemeinsam vom AG und AN Zielkosten festgelegt. Das Vergütungssystem mit den Kostenbestandteilen ist in Abb. 2.18 dargestellt. Die Kosten aus dem ersten Teil, die direkten Kosten des Projektes inkl. projektspezifischer Baustellengemeinkosten (BGK)¹⁰⁹, entsprechen den Selbstkosten des AN. Mit den Zuschlägen aus dem zweiten Teil, den GgK und dem Gewinn, zuzüglich eines vereinbarten Zuschlages für die gemeinsame Risikoübernahme, werden die Zielkosten definiert. Der dritte Teil des Vergütungssystems stellt

¹⁰⁶ Vgl. [52] Ross, S. 1

¹⁰⁷ Vgl. [4] Australian Government – Department of Infrastructure and Regional Development, S. 14 f.

¹⁰⁸ Vgl. [4] Australian Government – Department of Infrastructure and Regional Development, S. 18 ff.

¹⁰⁹ im englischen *overhead costs*

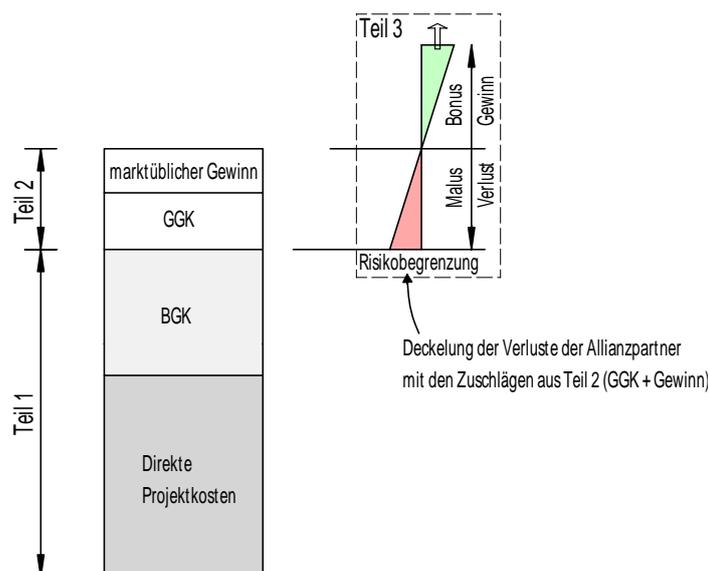


Abb. 2.18: Vergütungsmodell des Allianzvertrages (Eigene Darstellung nach Ross [52, S. 4 ff.] und Heidemann [25, S. 101])

die Bonus-Malus-Regelung dar. Im Zuge der Abrechnung der tatsächlich angefallenen Kosten ergibt sich für gewöhnlich eine Differenz zu den Zielkosten. Im Falle einer Unterschreitung der vereinbarten Kosten entsteht ein Bonus, der unter den Vertragspartnern aufgeteilt wird. Ross [52] empfiehlt hier eine Aufteilung von 50:50 zwischen dem AG und seinen Allianzpartnern. Kommt es zu einer Überschreitung der Zielkosten, setzt die Malusregel ein. In der Abb. 2.18 ist zu erkennen, dass jedoch der Verlust der AN mit den GGK und dem Gewinn gedeckelt ist. Somit wird sichergestellt, dass die ausführenden Unternehmen ihre projektbezogenen Kosten in jedem Fall vergütet bekommen. Das Vergütungssystem enthält einige Merkmale des Selbstkostenerstattungsprinzips, wodurch das Allianzmodell in seiner Anwendung teilweise den Selbstkostenerstattungsverträgen zugeordnet werden kann (siehe Tab. 2.4 auf Seite 48).¹¹⁰

Die gemeinsame Risikosphäre der Vertragspartner zielt darauf ab, den kalkulierten Risikozuschlag des AN zu minimieren und dadurch die Gesamtprojektkosten senken zu können. Der daraus entstehenden höheren Risikobelastung der Ausführenden wird jedoch mit der Verlustbegrenzung begegnet.¹¹¹

Allianzverträge sind prädestiniert für komplexe Bauvorhaben, bei denen das Bau-Soll im Vorhinein nicht genau festgelegt werden kann und somit nicht berechenbare Risiken entstehen. Große Tunnelbauprojekte erfüllen nach Meinung des Autors genau diese Bedingungen. Ein erstes Pilotprojekt auf Basis des Allianzmodells in Österreich war das Gemeinschaftskraftwerk Inn, das aufzeigte, dass große, komplexe Bauprojekte in Österreich durchaus mit einem alternativen Vertragsmodell erfolgreich abgewickelt werden können. Bestärkt durch diese positiven Erfahrungen bei der Umsetzung eines Untertagebauwerks mit diesem Vertragsmodell, folgt nun ein weiteres Projekt. Die Abwicklung des Speicherkraftwerkes Kühltai bedient sich ebenso eines Allianzmodells und befindet sich bereits in der Ausführungsphase.^{103,104,112}

¹¹⁰Vgl. [52] Ross, S. 4 ff.

¹¹¹Vgl. [31] Khafadji und Scharpf, S. 16

¹¹²Vgl. [55] Swietelsky AG

2.4.5 Vertragswerke der FIDIC

Die *Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC)* ist eine internationale Vereinigung beratender Ingenieure. Der Dachverband umfasst derzeit 102 Mitglieder aus Vertretern nationaler Ingenieursverbände. Österreich ist mit der Organisation der *Austrian Consultants Association* vertreten. Gegründet wurde die private Organisation 1913 mit Sitz im schweizerischen Genf. Die Zielsetzung der *FIDIC* besteht darin, die Interessen ihrer Mitgliedsverbände zu fördern. Zu diesem Zweck erstellt und verbreitet die Vereinigung einschlägige Richtlinien und Standardvorlagen für die Ingenieurbranche. Ihre Kerndisziplin liegt in der Erarbeitung und Verwaltung international anerkannter Bauvertragsmuster.¹¹³

Ein erster Standardvertrag wurde auf Basis englischer Vertragsbedingungen 1957 unter der Kurzbezeichnung *Red Book* veröffentlicht. Der Name dieses Werkes, wie auch die Namen der anderen, ist auf die Farbe des Einbandes zurückzuführen. Heutzutage existieren bereits etliche Vertragsvorlagen für unterschiedliche Anwendungen im Bauwesen. Der wesentliche Unterschied der Verträge liegt im Ausmaß der übertragenen Leistungen an den AN. Demzufolge kommt es zu unterschiedlichen Modellen der Vergütung, vorwiegend Einheitspreise oder eine vereinbarte Pauschale, und zu verschiedenen Risikoverteilungsansätzen. Je nachdem welche Abwicklungsform für ein Bauprojekt erforderlich ist (siehe Abschnitt 2.4), wird ein entsprechendes Vertragsmuster der *FIDIC* gewählt. Im Falle des *Red Book*, ein typischer EHP-Vertrag, plant der AG¹¹⁴ bzw. dessen Gehilfen und der AN¹¹⁵ verpflichtet sich zur Durchführung der reinen Bauleistung aufgrund einer konstruktiven LB. Im Gegensatz dazu steht das *Silver Book*, das die komplette Projektabwicklung – von der Planung bis zur schlüsselfertigen Ausführung – auf Basis einer funktionalen LB des Bestellers durch den Unternehmer vorsieht. Diese Vertragsform spiegelt sich in einem klassischen Global-PAP-Vertrag wieder.¹¹⁶

Die gebräuchlichsten Vertragsmuster (*Red, Yellow and Silver Book*) sind aktuell in der zweiten überarbeiteten Version des Jahres 2017 verfügbar. Das neueste publizierte Werk ist das *Emerald Book* – ein eigens für Untertagebauarbeiten konzipiertes Vertragsmodell, das 2019 erschienen ist. Eine Auflistung der aktuell erhältlichen *FIDIC*-Baumusterverträge und deren jeweilige Verwendung ist in Tab. 2.5 zu finden. Die Zuweisung der wichtigsten *FIDIC*-Standardverträge zu den Preisgestaltungsformen erfolgte bereits in der Tab. 2.4 des Abschnittes 2.4.

Anwendung und Aufbau der FIDIC-Verträge

Die Vertragsmuster der *FIDIC* werden üblicherweise bei Bauvorhaben im internationalen Kontext verwendet. Insbesondere bei der Durchführung von Bauprojekten, die von internationalen Entwicklungsorganisationen, wie der Weltbank, beauftragt werden, sind diese Musterverträge die Grundlage schlechthin. Westeuropäische Staaten verwenden die *FIDIC* Vertragsbedingungen in der Abwicklung nationaler Projekte eher selten, da sie ohnehin mit soliden Standard-Bauverträgen ausgestattet sind (beispielsweise die *ÖNORM B 2110* in Österreich). Hingegen greifen Osteuropäische Länder, wie Polen oder Rumänien, und Länder im arabischen Raum bevorzugt auf diese Standardbauverträge zurück. Sämtliche erschienenen Regelwerke sind auf Englisch verfasst und die Formulierung der Inhalte beruht auf der Terminologie des angloamerikanischen Rechtssystems. Trotz bereits existierender Übersetzungen in viele Sprache ist die Beherrschung der englischen Sprache bei der Anwendung dieser Dokumente unverzichtbar.¹¹⁷

Die Vertragsvorlagen erlangen nur Gültigkeit, sofern sie ausdrücklich von den Vertragsparteien vereinbart werden. Die Verträge beinhalten i.d.R. allgemeine und besondere Vertragsbedingun-

¹¹³Vgl. [14] FIDIC

¹¹⁴im englischen *Employer*

¹¹⁵im englischen *Contractor*

¹¹⁶Vgl. [10] Demblin und Mörth, S. 1 ff.

¹¹⁷Vgl. [10] Demblin und Mörth, S. 5 ff.

Tab. 2.5: FIDIC Vertragsfamilie und deren Einsatzbereich (Quelle: FIDIC [14], Demblin und Mörth [10, 2 ff.])

Bezeichnung	Einsatzbereich
Red Book – Conditions of Contract for Construction	Bauprojekte, die vom AG oder dessen Gehilfen geplant und vom AN ausgeführt werden.
Yellow Book – Conditions of Contract for Plant and Design-Build	Bauprojekte, die auf den Grundlagen des AG vom Unternehmer geplant (Ausführungsplanung) und ausgeführt werden.
Silver Book – Conditions of Contract for EPC/Turnkey Projects	Bauprojekte, die nach den Vorgaben des AG vollständig vom AN geplant und schüsselfertig ausgeführt werden. Nicht empfohlen für Projekte mit hohem unvorhergesehenen Risiko.
Golden Book – Conditions of Contract for Design, Build and Operate Projects	Projekte, bei denen sich der AN zur Erbringung sämtlicher Planungs- und Bauleistungen sowie zur Betreuung der Anlage innerhalb eines vereinbarten Zeitraumes verpflichtet.
Green Book – Short Form of Contract	Bauprojekte, mit einer geringen Auftragssumme. Empfohlen für relativ einfache Bauarbeiten und/oder für Leistungen mit kurzer Baudauer.
Blue-Green Book – Form of Contract for Dredging and Reclamation Works	Bauverträge für Bagger- und Erdbauarbeiten.
White Book – Client/Consultant Model Services Agreement Guide	Dienstleistungsmustervertrag zwischen dem AG und seinem Ingenieur.
Emerald Book – Conditions of Contract for Underground Works	Projekte des Untertagebaues/Tunnelbaues, bei denen der Unternehmer auf Basis der Unterlagen des AG plant und ausführt.

gen¹¹⁸. Die *General Conditions* stellen einen konsistenten Vertragsinhalt dar und sollen auf Empfehlung des Dachverbandes nicht abgeändert werden. Für vertragsrechtliche Besonderheiten eines Bauprojektes werden die *Particular Conditions* definiert.¹¹⁷

Die *FIDIC* Musterverträge weisen, mit nur wenigen Ausnahmen, eine einheitliche Struktur auf und bestehen aus folgenden Teilen:

- Allgemeine Vertragsbedingungen (20 Klauseln bzgl. Rechte und Pflichten der Partner, Vergütung, Risikoverteilung, Claim-Management, Streitschlichtung, usw.)
- Anleitung für die Erstellung der besonderen Vertragsbedingungen
- Vorlagen für Vertragsformulare (Angebotsschreiben, Schlussbrief, Vertragsvereinbarung, etc.)
- Muster für die Streitschlichtungs-/vermeidungsvereinbarung
- Garantie- und Sicherstellungsvorlagen

Die *FIDIC*-Vertragswerke besitzen, im Vergleich zum nationalen Standardvertrag, in vielerlei Hinsicht einzigartige Merkmale. Beispielsweise spielt der *Ingenieur*¹¹⁹ eine besondere Rolle in den Vertragsbedingungen. Dieser fungiert als eine Art Vertragsadministrator, der mit etlichen Kompetenzen bei der Projektabwicklung ausgestattet wird. Ein weiteres Charakteristikum ist das mehrstufige Streitschlichtungsverfahren. Dieses in den Musterverträgen festgelegte Verfahren dient im Falle von Streitigkeiten zwischen den Vertragsparteien dazu, systematisch Einigungen zu erzielen und somit rasch Lösungen herbeizuführen.¹²⁰

Das Aufzeigen der einschlägigen Kennzeichen und die detaillierte Modellbeschreibung eines *FIDIC*-Vertrags-musters für den Tunnelbau erfolgt im Abschnitt 4 anhand des *Emerald Book*. Unter anderem wird aufgezeigt, wie sich die Preise gestalten bzw. welches Vergütungsmodell in dem Tunnelbauvertrag der *FIDIC* vorgesehen ist, welche Bestimmungen für die Ausschreibung und das Angebot essentiell sind und welche besonderen Rechte und Pflichten dem AG bzw. AN zukommen. Die Untersuchung der Risikobehandlung im *Emerald Book* mit der definierten Sphärenverteilung und inwiefern ein besonderes Risiko für Ausführende aufgrund der Vertragsvorlage entsteht, wird im Abschnitt 5 durchgeführt.

¹¹⁸im englischen *General and Particular Conditions*

¹¹⁹im englischen *Engineer*

¹²⁰Vgl. [30] Hök, S. 456 ff.

Kapitel 3

Vertragsmodell in Österreich

Die vorliegende Diplomarbeit hat sich zum Ziel gesetzt, einen Vergleich des heimischen Tunnelbauvertrages, dem ÖNORM-Modell, mit dem internationalen Vertragsmuster für Untertagebauten der *FIDIC*, dem *Emerald Book*, anzustellen. Der Fokus liegt dabei auf den entstehenden Risiken und der daraus resultierenden Vergütungssicherheit für ausführende Unternehmen aufgrund des Vertragsmodells. Aus diesem Grunde wird im vorliegenden Abschnitt der traditionelle Tunnelbauvertrag in Österreich anhand des ÖNORM-Modells vorgestellt und in weiterer Folge näher beleuchtet. Eingangs soll jedoch das Zustandekommen eines Bauvertrages für Tunnelbauprojekte kurz beschrieben und die typischen Bestandteile eines solchen Vertrages aufgezeigt werden.

Dem Abschluss eines Tunnelbauvertrages gehen die Phasen der Projektentwicklung, Planung, Ausschreibung und der Vergabe voraus. Die einzelnen Projektphasen sind in der Abb. 3.1 dargestellt. Die in der Abb. 3.1 definierten Phasen beziehen sich dabei auf die *Richtlinie für die Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur* der ÖGG. Am Anfang steht die Projektidee eines Untertagebauvorhabens, die im Zuge des Vorprojektes mit anschließender Entwurfs- und Genehmigungsplanung konkretisiert wird. Nach erfolgreicher Genehmigung des Projektes folgt die Ausschreibungsplanung, die die Grundlage für die Angebotserstellung der Bieter darstellt. In Österreich ist es in den meisten Fällen üblich, dass der Auftraggeber (AG) mit seinen Gehilfen – Ingenieure der Fachgebiete Ingenieurgeologie, Hydrologie und Geo- sowie Bautechnik, sämtliche Planungsleistungen bis zur Ausschreibung erbringt. Das Bauvorhaben wird schließlich durch die Ausschreibung veröffentlicht und die Unternehmer in Form eines GU kalkulieren ihren Preis, der sich im Angebot niederschlägt. Im Zuge der Angebotserstellung kann es mitunter der Fall sein, dass sich aufgrund einer entsprechenden Projektgröße mehrere Baufirmen zu einer Bietergemeinschaft zusammenschließen und ein gemeinsames Angebot abgeben. Das Anbieten von alternativen Lösungen zur Umsetzung des Projektes seitens der ausführenden Firma ist unter gewissen Umständen denkbar, sofern die der Ausschreibung bzw. dem Angebot zugrundeliegenden Regelungen (z.B. *BVergG 2018*, *ÖNORM A 2050*) dies zulassen. Nachdem die Angebotsprüfung durch den AG durchgeführt wurde, erfolgt die Vergabe an jenes Bauunternehmen (bzw. an jene Bietergemeinschaft), das nach den jeweiligen Zuschlagskriterien das günstigste Angebot abgeliefert hat. Letztendlich kommt nun der Bauvertrag zwischen dem AG und dem AN zustande. Nach Abschnitt 2.4 entspricht diese Abwicklungsform der des Generalleistungsträgers bzw. Generalunternehmers, bei der AG-seitig zum größten Teil die Planung erfolgt und sich ein GU verpflichtet, sämtliche Ausführungsleistungen zu erbringen.

Das Standardregelwerk für das nationale Bauvertragsmodell ist zum einen die *ÖNORM B 2110* [45] und zum anderen für Großprojekte die *ÖNORM B 2118* [47]. Ein Tunnelbauprojekt ist von Natur aus von einer hohen Komplexität geprägt. Der Größe entsprechend erfolgt die Ausführung zumeist über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Demzufolge kommt bei Bauvorhaben im Tunnelbau i.d.R. die *ÖNORM B 2118* zum Tragen. Die tunnelbauspezifischen Aspekte einer vertragsgemäßen Ausführung finden in den Werkvertragsnormen *ÖNORM B 2203-1* [49] für den zyklischen und in der *ÖNORM B 2203-2* [50] für den kontinuierlichen Vortrieb Eingang. Basierend

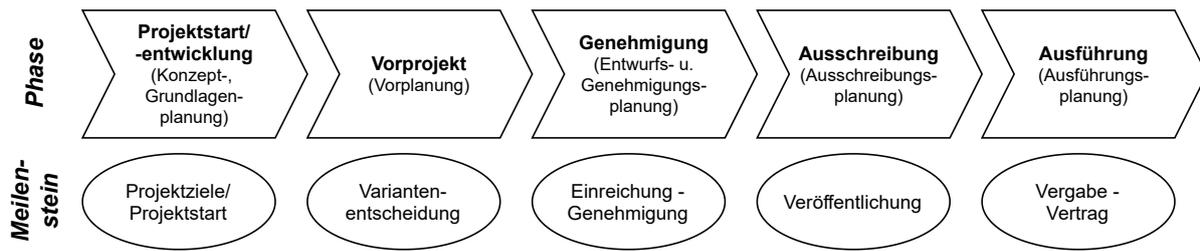


Abb. 3.1: Projektphasen eines Tunnelbauvorhabens (Eigene Darstellung nach ÖGG [43, S. 7])

auf den Vorformulierungen dieser Mustervorlagen kommt der Tunnelbauvertrag zustande und setzt sich grundsätzlich aus folgenden Bestandteilen zusammen:^{121,122}

- Baubeschreibung
- Technische Vertragsbestimmungen
- Rechtliche Vertragsbestimmungen
 - Bestimmungen und Muster für Aufmaß und Abrechnung
 - Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan
 - Angaben zur Baustellenkoordination
 - Sicherheitsmanagementplan
 - usw.
- Baugrundgutachten und geomechanische Planung
 - Gutachten zur Geologie, Hydrogeologie und Geotechnik
 - geomechanische Prognose (u.a. Einteilung in Vortriebsklassen und -abschnitte)
 - tunnelbautechnische Rahmenpläne
 - tunnelbautechnischer Prognoselängenschnitt
- Angebotszusammenstellung, Leistungsverzeichnis
 - Bietererklärungen (Angebotsschreiben, Bieterangaben)
 - Bauzeitmodell
 - Vorbemerkungen zum LV (z.B. Erläuterungen zu den zeitgebundenen BGK)
 - Vergabe-Leistungsverzeichnis (Langtext- und Kurz-LV)
 - K-Blätter lt. *ÖNORM B 2061*
- allgemeine Geschäftsbedingungen
- Schriftstücke
 - Gegenschlussbrief (Vertragsvereinbarung)
 - Baueinleitung
 - Bauvorbereitungsgespräche

¹²¹Vgl. [20] Goger, S. 43 f.

¹²²Vgl. [3] Auftraggeber Tunnelbauprojekt

- Aufklärungsgespräche
 - detaillierter Bauzeitplan
 - ergänzende Unterlagen (Baustelleneinrichtungsplan, behördliche Bescheide, etc.)
- Planbeilagen

In weiterer Folge werden die Vertragsmuster, die im Verbund *die* Grundlage für den heimischen Tunnelbauvertrag bilden und in der vorliegenden Arbeit als das ÖNORM-Modell bezeichnet werden, näher analysiert. In Kombination mit den Planungsrichtlinien der ÖGG ist dies zum einen die Bauwerkvertragsnorm ÖNORM B 2118 und zum anderen die Werkvertragsnormen, die ÖNORM B 2203-1 sowie die ÖNORM B 2203-2. Es erfolgt eine allgemeine Untersuchung des ÖNORM-Modells für den Untertagebau und es werden insbesondere jene Aspekte in den Fokus genommen, aus denen Risiken für Ausführende aufgrund des Vertragsmodells entstehen bzw. entstehen könnten. Um jedoch den spezifischen Bestimmungen der Werkvertragsnormen der Reihe ÖNORM B 2203 folgen zu können, speziell den Ausführungen der Vortriebsklassifizierung, müssen die Grundzüge der Planung für ein Tunnelbauprojekt aufgezeigt werden. Die Planung basiert in Österreich zumeist auf den Richtlinien der ÖGG, deren Festlegungen in den Tunnelbaunormen Eingang gefunden haben. Somit wird im ersten Unterabschnitt des Kapitels 3 der Planungsprozess anhand dieser Richtlinien dargelegt.

3.1 Planungsprozess von Tunnelbauprojekten

Eine allgemeine Verfahrensanleitung für den Planungsprozess von Untertagebauwerken stellen die *Richtlinien für geotechnische Planung* der *Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG)* dar. Die ÖGG ist der nationale Ableger der Internationalen Gesellschaft für Felsmechanik mit Sitz in Salzburg. Diese Institution beschäftigt sich seit ihrer Gründung im Jahre 1968 mit sämtlichen Fragestellungen in der Geomechanik, insbesondere des Fels- und Tunnelbaues.

Veröffentlicht wurde bereits eine Richtlinie für den zyklischen Vortrieb und eine für den maschinellen Vortrieb. Die Dokumente beinhalten eine allgemeine Aufgabenbeschreibung für die Phasen der Planung und Ausführung für alle Projektbeteiligten – den AG, Planer, Gutachter und ausführende Unternehmen. Die Zielsetzung besteht darin, die geotechnische Planung von Tunnelbauwerken in nachvollziehbarer, ingenieurmäßiger Weise darzulegen. Jedoch behandeln diese Regelwerke, im Sinne technischer Richtlinien, bewusst nicht die Risikoaufteilung und folglich auch nicht die Verantwortungsverteilung zwischen dem AG und AN. Die Thematik des Risikos im Tunnelbau wird in den einschlägigen ÖNORMEN geregelt. Anlass zur Erstellung der Planungsrichtlinien waren die Überarbeitungen der Werkvertragsnormen des Tunnelbaues, die gezielt auf etwaige Grundlagen in diesen Richtlinien, speziell auf die Gebirgscharakterisierung und Festlegung der bautechnischen Maßnahmen, verweisen.¹²³

Im Zuge der Planung wird als Erstes ein Baugrundmodell erstellt und das Gebirgsverhalten in der Folge eines ungesicherten Ausbruches abgeschätzt. Des Weiteren werden geeignete Vortriebsmethoden untersucht und die damit verbundenen Sicherungsmaßnahmen für das gewünschte Systemverhalten festgelegt. Abschließend werden die Vortriebsklassen definiert, die die Grundlage für die Angebotserstellung und Vergütung der eigentlichen Tunnelbauleistung liefern. Während der Ausführung des untertägigen Bauwerkes müssen laufend die Entwurfsannahmen aufgrund des stetigen Informationszuwachses evaluiert und in weiterer Folge präzisiert bzw. angepasst werden. Die ÖGG unterscheidet deshalb in ihren Richtlinien grundsätzlich zwischen der Planungs- und Ausführungsphase. Ein spezielles Merkmal der Richtlinie für den maschinellen Vortrieb ist eine

¹²³Vgl. [42] ÖGG, S. 1 ff.

weitere Planungsphase für die Erstellung eines maschinentechnischen Konzeptes der vorgesehenen TVM seitens der ausführenden Firma. In den einzelnen Phasen sehen die Regelwerke für die geotechnische Planung definierte Schritte vor, um die Nachvollziehbarkeit der Planung gewährleisten zu können. In den folgenden Unterabschnitten wird nun näher auf die einzelnen Schritte der Planungsphase eines zyklischen sowie eines kontinuierlichen Vortriebes eingegangen.^{123,124}

3.1.1 Geotechnische Planung für den zyklischen Vortrieb

Die aktuelle Fassung der *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb* der ÖGG [42] ist im Februar des Jahres 2021 erschienen und ersetzt in der dritten überarbeiteten Auflage die bis dahin geltende Richtlinie vom Oktober 2008. Anfangs werden für ein geplantes Tunnelbauwerk sämtliche Projekt-, Randbedingungen und Anforderungen evaluiert und die endgültige Trasse gewählt. In der Richtlinie werden sodann neun Schritte festgelegt, von der Bestimmung der Gebirgsarten bis hin zur Ermittlung der Vortriebsklassen mit anschließendem geotechnischen Bericht, denen im Zuge der geotechnischen Planung von Hohlraumbauwerken grundsätzlich gefolgt werden soll. Eine übersichtliche Darstellung des Ablaufes der einzelnen Planungsschritte für den zyklischen Vortrieb kann der Abb. 3.2 entnommen werden. Die neun Schritte lauten wie folgt.¹²⁵

- 1. Schritt – Bestimmung der Gebirgsarten:** Es werden aufgrund eines geologischen Modells Gebirgsbereiche mit gleichartigen Eigenschaften (z.B. Festigkeit, Verformung, Trennflächengefüge, usw.) entlang der Tunneltrasse zusammengefasst und als Gebirgsarten definiert. Die Ermittlung der geotechnisch relevanten Eigenschaften und deren Streubreite erfolgt stets projektspezifisch durch vorhandene Untergrunderkundungen und/oder durch ingenieurmäßig begründete Annahmen. Die Anzahl der Gebirgsarten ist von Projekt zu Projekt verschiedenen und richtet sich nach den vorherrschenden geologischen Verhältnissen.
- 2. Schritt – Ermittlung der Einflussfaktoren für das Gebirgsverhalten:** Hier werden örtliche Einflussfaktoren ermittelt und den verschiedenen Gebirgsarten zugeordnet. Nachstehende Faktoren haben maßgebenden Einfluss auf das Gebirgsverhalten:
 - Bergwasserverhältnisse
 - räumliche Orientierung der Trennflächen zum Bauwerk
 - örtlicher, primärer Spannungszustand
 - Abmessungen, Form und Lage der Bauwerke/Bauteile
- 3. Schritt – Bestimmung des Gebirgsverhaltens und Zuordnung zu Gebirgsverhaltenstypen:** Das Gebirgsverhalten wird für Bereiche untersucht, welche die gleiche Gebirgsart und gleichartige Merkmale an Einflussfaktoren aufweisen. Dabei wird jenes Verhalten des Gebirges analysiert, das durch den Ausbruch eines Hohlraumes ohne jegliche Sicherungsmaßnahmen, Querschnittunterteilung und Ortsbruststützung hervorgerufen wird. In einem weiteren Schritt werden die verschiedenen Gebirgsverhalten übergeordneten Kategorien der Gebirgsverhaltenstypen (GVT's) zugeordnet. In welchem Detaillierungsgrad dies erfolgt und/oder ob weitere Unterkategorien erforderlich sind, ist projektspezifisch festzustellen. Die einzelnen Kategorien der GVT's sind der Tab. 3.1 zu entnehmen.
- 4. Schritt – Bestimmung des Ortsbrustverhaltens:** Anschließend wird das Verhalten der Ortsbrust der jeweiligen Gebirgsart in Folge eines Vollausschlusses ohne vorausseilende

¹²⁴Vgl. [43] ÖGG, S. 8

¹²⁵Vgl. [42] ÖGG, S. 10 ff.

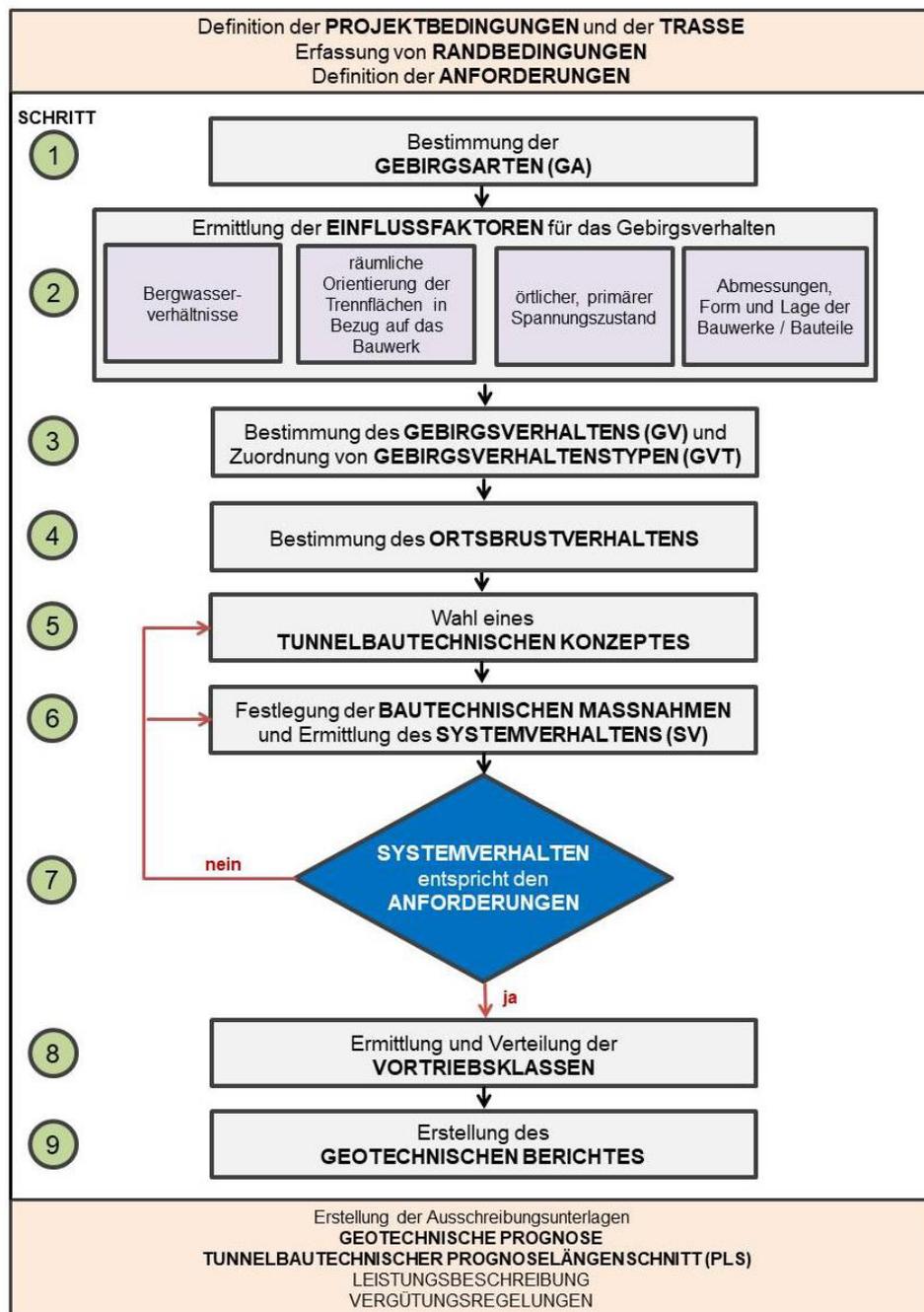


Abb. 3.2: Ablauf der geotechnischen Planung für den zyklischen Vortrieb (Quelle: ÖGG [42, S. 13])

Tab. 3.1: Übergeordnete Kategorien von Gebirgsverhaltenstypen (Quelle: ÖGG [42, S. 19])

Übergeordnete Kategorien von Gebirgsverhaltenstypen	Beschreibung des Gebirgsverhaltens (ohne bautechnische Maßnahmen)
1 Standfestes Gebirge	Standfestes Gebirge mit dem Potenzial zum schwerkraftbedingten Herausfallen oder Herausgleiten von kleinvolumigen Kluftkörpern
2 Gefügebedingte Ausbrüche	Großzügige gefüge- und schwerkraftbedingte Ausbrüche, vereinzelt lokales Überschreiten der Scherfestigkeit an Trennflächen
3 Hohlraumnahe Überbeanspruchung	Spannungsbedingte Neubrüche bzw. Plastifizierung des Gebirges in Hohlraumnähe, ev. in Kombination mit gefügebedingten Ausbrüchen
4 Tiefreichende Überbeanspruchung	Spannungsbedingt tiefreichende Neubrüche bzw. Plastifizierung im Gebirge mit großen Deformationen
5 Bergschlag	Schlagartige Ablösungen von Gesteinsplatten verursacht durch Sprödbbruch
6 Schichtknicken	Knicken von schlanken Schichtpaketen, häufig in Kombination mit Scherversagen
7 Firstniederbruch durch Scherversagen	Großvolumige Ausbrüche überwiegend im Firstbereich mit progressivem Scherversagen
8 rolliges Gebirge	Ausrieseln von kohäsionsarmem, gering verzahntem, trockenem bis feuchtem Gebirge
9 fließendes Gebirge	Ausfließen von kohäsionsarmem, gering verzahntem Gebirge mit hohem Wassergehalt oder Wasserzufluss
10 Quellendes/Schwellendes Gebirge	Zeitabhängige Volumenzunahme des Gebirges vorwiegend im Sockelbereich durch physikalisch/chemische Reaktion von Gebirge und Wasser in Kombination mit Entspannung
11 Gebirge mit kleinräumig wechselnden Verformungsverhalten	Kleinräumige, starke Änderungen von Spannungen und Deformationen über längere Strecken, bedingt durch heterogenen Gebirgsbau

Sicherungsmaßnahmen ermittelt. Die Standfestigkeit und potenzielle Versagensmechanismen werden untersucht. Analog zur Vorgangsweise bei der Ermittlung der Gebirgsverhalten werden die resultierenden Ortsbrustverhalten in Typen eingeteilt und den GVT's in Tab. 3.1 zugeordnet.

- 5. Schritt – Wahl eines tunnelbautechnischen Konzeptes:** Abhängig von der Gebirgsart und dem Gebirgs- und Ortsbrustverhalten wird für jede charakteristische Situation des geplanten Hohlraumbauwerkes ein tunnelbautechnisches Konzept entwickelt. Das Konzept legt in den definierten Bereichen die Ausbruchsmethode und die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen (Ausbaukonzept) fest. Darüber hinaus können Angaben zu Querschnittsunterteilungen, Abschlagslängen und zusätzlich notwendige Bauhilfsmaßnahmen (Baugrundverbesserung, Grundwasserabsenkung, Drainage, etc.) erfolgen.
- 6. Schritt – Festlegung der bautechnischen Maßnahmen und Ermittlung des Systemverhaltens:** Durch die Angabe der Art und Menge werden die bautechnischen Maßnahmen weiter spezifiziert. Nun kann die Untersuchung des Systemverhaltens unter Berücksichtigung des tunnelbautechnischen Konzeptes und sämtlicher Einflussfaktoren erfolgen. Das Systemverhalten ist das Verhalten des Gebirges unter Einbezug der bautechnischen Maßnahmen (Sicherungsmaßnahmen). Es wird dabei das Systemverhalten im unmittelbaren Ausbruchsbereich, im gesicherten Bereich und im Bereich des Endzustandes der primären Sicherung ermittelt. Zudem können die verschiedenen Bauzustände (beispielsweise der zeitliche Verlauf der Stützmittel) und eventuell nachfolgende Bauphasen an dieser Stelle miteinbezogen werden.
- 7. Schritt – Vergleich des Systemverhaltens mit den Anforderungen:** Das zuvor ermittelte Systemverhalten wird den Anforderungen des Projektes gegenüber gestellt. Solche Anforderungen können z.B. zulässige maximale Oberflächensetzungen, Begrenzung des Wasserzutrittes, o.ä. sein. Werden die Anforderungen erfüllt, so kommt es in weiterer Folge zur Ermittlung der Vortriebsklassen. Andererseits werden das tunnelbautechnische Konzept bzw. die Festlegungen der bautechnischen Maßnahmen überarbeitet, bis die Anforderungen erfüllt werden können.
- 8. Schritt – Ermittlung der Vortriebsklassen:** Das Ergebnis der geotechnischen Planung eines zyklischen Vortriebes stellen die so genannten Vortriebsklassen dar. Das Klassifizierungssystem ist *die* Grundlage für die Kalkulation und Vergütung der Vortriebsleistung. Die Regelungen zur Ermittlung der Vortriebsklassen werden in der Tunnelbaunorm für den zyklischen Vortrieb – der *ÖNORM B 2203-1* [49] getroffen. Auf Basis des prognostizierten Baugrundmodells wird das Untertagebauwerk in verschiedene Bereiche unterteilt und je Bereich eine Vortriebsklasse ermittelt. Eine solche Klasse definiert sich über die erste und zweite Ordnungszahl. Die erste Ordnungszahl stellt die Abschlagslänge je prognostiziertem Homogenbereich mit gleichartiger Gebirgscharakteristik (Gebirgsart, Gebirgsverhalten, Ortsbrustverhalten, etc.) dar. Dabei bezieht sich eine Abschlagslänge auf die festgelegte Querschnittsunterteilung (Kalotte bzw. Strosse oder Kalotte mit Strosse). In einem weiteren Schritt werden die zuvor festgesetzten bautechnischen Maßnahmen (Stütz- und Ausbaumaßnahmen) je Bereich ermittelt, über Faktoren bewertet und zusammengefasst in eine Stützmittelzahl übergeführt. Die Bewertungsfaktoren spiegeln dabei den Aufwand für die einzelnen Maßnahmen wieder (z.B. zeitlicher Aufwand für den Einbau von Ankern, Baustahlgitter oder Spritzbeton) und sind in der Werkvertragsnorm eindeutig festgelegt. Die so errechnete Stützmittelzahl geht als zweite Ordnungszahl in die jeweilige Vortriebsklasse ein. Durch den Schnittpunkt der ersten und zweiten Ordnungszahl in einer Matrix

ergibt sich sodann eine Vortriebsklassenmatrix mit in der Norm definierten Bandbreiten. Das Regelwerk legt eine Bandbreite für die Abschlagslänge und eine für den Umfang der bautechnischen Maßnahmen (Stützmittelzahl) fest, innerhalb deren der Vortrieb in der jeweiligen Klasse verbleibt. Dieses Modell bedingt, dass nicht jede geringfügige Änderung der Gebirgsverhältnisse eine Änderung der Vortriebsklasse zufolge hat und lässt somit gewisse Abweichungen der tatsächlich angetroffenen Parameter von den prognostizierten innerhalb einer Klasse zu. Ein Musterbeispiel für eine Vortriebsklassenmatrix ist in der Abb. 3.3 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Zeilen die erste Ordnungszahl und die Spalten die zweite Ordnungszahl darstellen. Die eingetragenen Felder in der Matrix stellen die jeweiligen Vortriebsklassen mit ihren Bandbreiten dar.

Erste Ordnungszahl	Abschlagslänge bis		Zweite Ordnungszahl									
	Kalotte oder Kalotte + Strosse	Strosse	Stützmittelzahl									
			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				4/2,4	4/3,6						
5	1,7 m					5/4,5	5/6,1					
6	1,3 m						6/5,5	6/7,5				
7	1,0 m											

Abb. 3.3: Musterbeispiel für eine Vortriebsklassenmatrix im zyklischen Vortrieb (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [49, S. 12])

9. Schritt – Erstellung des geotechnischen Berichtes: Die Ergebnisse der geotechnischen Planung der vorangegangenen Schritte werden letztendlich in einem Bericht zusammengefasst.

Abschließend wird die Planung des zyklischen Vortriebes in der geotechnischen Prognose dargelegt. Der Bericht umfasst die Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Grundlagen und der dem Prognosemodell zugrundeliegenden Parameter. Zudem finden die Festlegungen hinsichtlich der geo- und tunnelbautechnischen Maßnahmen Eingang. Ein beiliegender tunnelbautechnischer Prognoselängenschnitt dient dazu, die geotechnische Planung graphisch darzustellen, insbesondere die prognostizierten Homogenbereiche mit ihren Gebirgscharakteristika und deren Verteilung. Nun können die Ausschreibungsunterlagen für das Tunnelbauprojekt erstellt werden. Die Leistungsbeschreibung (LB), bestehend aus der Baubeschreibung und dem LV, in Kombination mit der geotechnischen Prognose, dient dabei den ausführenden Firmen schließlich zur Angebotserstellung und stellt im Falle der Auftragserteilung die Grundlage für die Vergütung dar.

3.1.2 Geotechnische Planung für den kontinuierlichen Vortrieb

Im Jahre 2013 erfolgte die Veröffentlichung einer eigenen Richtlinie für den Vortrieb mit einer TVM. Die aktuelle Ausgabe der *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb* ist auf der Website der ÖGG abrufbar. Der Aufbau und die Systematik des Dokumentes stellt sich wie in der Richtlinie für den zyklischen Vortrieb dar. Besondere Beachtung wird dem Maschinen- und Ausbaukonzept geschenkt, da nachträgliche Anpassungen des Vortriebes und der Stützmaßnahmen im Gegensatz zum universellen Vortrieb nur in sehr begrenztem Maße möglich sind. Basierend auf der Definition der Grundlagen des

geplanten Untertagebauwerkes (Projekt-, Randbedingungen, Anforderungen und festgelegte Trasse) erfolgt die geotechnische Planung für den kontinuierlichen Vortrieb gemäß der Richtlinie in sechs Schritten und ein letzter Schritt umfasst die Ermittlung der Vortriebsklassen inkl. der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen. Der Ablauf der Planung gestaltet sich grundsätzlich wie in dem verwandten Regelwerk des zyklischen Vortriebes, von der Bestimmung der Gebirgsarten bis hin zu der Ermittlung der Vortriebsklassen. Das Ablaufdiagramm in Abb. 3.4 gibt einen guten Überblick der einzelnen Schritte. Nachfolgend werden diese nun eingehend beschrieben.¹²⁶

1. Schritt & 2. Schritt: Die Bestimmung der Gebirgsarten (1. Schritt) und in weiterer Folge die Bestimmung des Gebirgsverhaltens sowie die Zuordnung zu den GVT's (2. Schritt) erfolgt gleichermaßen wie bei der Planung von Untertagebauten mit zyklischen Vortrieb. Deshalb wird an dieser Stelle auf die Vorgangsweise des 1. – 3. Schrittes im Abschnitt 3.1.1 verwiesen.

3. Schritt – Evaluierung/Wahl der Vortriebsart: Es wird untersucht, ob ein kontinuierlicher Vortrieb in technischer, wirtschaftlicher und umweltverträglicher Hinsicht für ein Tunnelbauwerk machbar ist. Dabei werden unter anderem folgende Faktoren berücksichtigt:

- Tunnellänge und Ausbruchsquerschnitt
- geographische/topographische Lage
- Erschütterungen (z.B. im innerstädtischen Bereich)
- Querschnittsänderungen
- stark wechselnde Gebirgsverhältnisse

Ebenso sind die Randbedingungen des Projektes (Verwertbarkeit u. Deponierbarkeit des Ausbruchmaterials, Temperaturniveau, Gas, Chemismus im Untergrund, usw.) einzubeziehen. Auf Grundlage dieser Evaluierung fällt die Wahl entweder auf den kontinuierlichen oder zyklischen Vortrieb. Für die mögliche Vortriebsart erfolgt sodann die tiefere geotechnische Planung. Abschließend wird in diesem Planungsschritt das Ortsbrustverhalten in identischer Vorgangsweise zum 4. Schritt im Abschnitt 3.1.1 ermittelt.

4. Schritt – Wahl eines tunnelbautechnischen Konzeptes: Fällt die Wahl im 3. Schritt auf den Vortrieb mit einer TVM, so wird ein tunnelbautechnisches Konzept für diese Vortriebsart erarbeitet. Es wird der geeignete Maschinentyp, das Vortriebsverfahren und das Ausbaukonzept (z.B. Tübbingsystem oder Spritzbetonsicherung mit Anker) mit sämtlichen Regel-, Sonder- und Zusatzmaßnahmen beschrieben. Folgende Anforderungen für einen TVM-Typ des zukünftigen AN gilt es zu definieren:

- geometrische Daten wie z.B. nominaler Bohrdurchmesser, Überbohrmaß
- Bohrkopf-/Schneidradgestaltung
- Vorschubkraft, Drehmoment
- Tragvermögen Schild
- Umbaumöglichkeit der TVM
- Erkundungskonzept während des Vortriebes, vorauseilende Sicherungsmaßnahmen, usw.

5. Schritt – Festlegung der bau- und maschinentechnischen Maßnahmen und Abschätzung bzw. Ermittlung des Systemverhaltens: Das tunnelbautechnische Konzept

¹²⁶Vgl. [41] ÖGG, S. 12 ff.

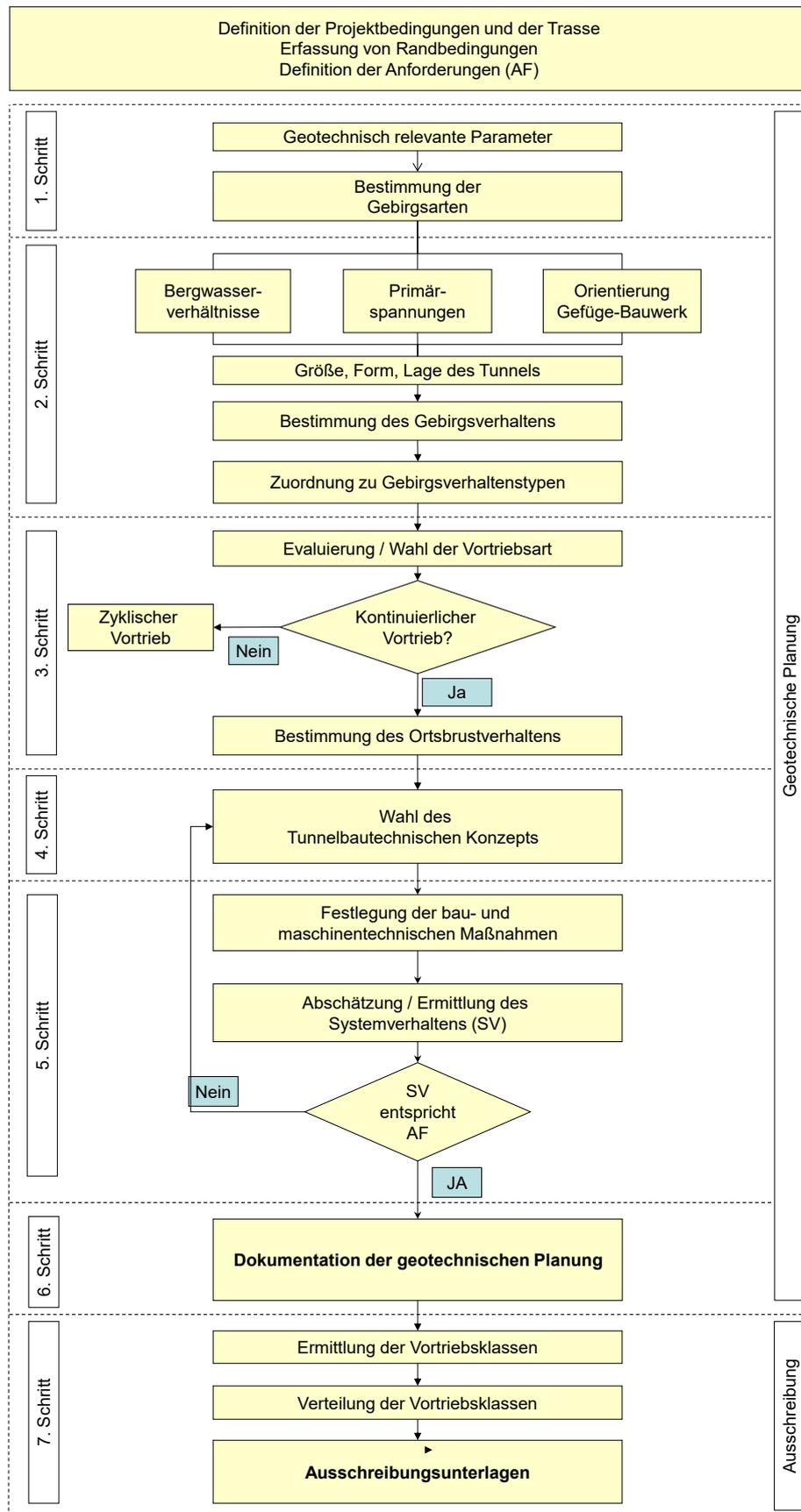


Abb. 3.4: Ablauf der geotechnischen Planung für den kontinuierlichen Vortrieb (Quelle: ÖGG [41, S. 15])

wird weiter verfeinert, indem sämtliche bau- und maschinentechnische Maßnahmen im Detail festgelegt werden. Dazu werden die Regelmaßnahmen, also jene Maßnahmen, die über den ganzen Vortrieb hinweg eingesetzt werden, näher definiert und weitere erforderliche Maschinenparameter (Penetration, Umdrehungsgeschwindigkeit, Schildreibung, etc.) erläutert. Sonder- und Zusatzmaßnahmen kommen in Kombination mit den Regelmaßnahmen nur zum Einsatz, falls dies das prognostizierte Gebirgsverhalten erfordert. Sofern alle erforderlichen bau- und maschinentechnischen Maßnahmen festgelegt wurden, erfolgt die Ermittlung des Systemverhaltens. Das Systemverhalten beschreibt jenes Verhalten, das sich aus dem Zusammenwirken des ausgebrochenen Gebirges und der jeweiligen Maßnahmen ergibt. Für folgende Bereiche wird das Systemverhalten eigens untersucht:

1. Bohrkopf-/Schneidradbereich
2. Schildbereich/Bohrkopfträger & Firstschild
3. Einbaubereich
4. Bereich fertiger Ausbau bis Endzustand
5. Sonderbereiche

Das ermittelte bzw. abgeschätzte Systemverhalten wird mit den projektspezifischen Anforderungen verglichen. Werden diese erfüllt, so kommt es zum nächsten Schritt – der Dokumentation der geotechnischen Planung. Andernfalls ist das tunnelbautechnische Konzept mit den bau- und maschinentechnischen Maßnahmen solange zu variieren, bis das Systemverhalten in sicherer und wirtschaftlicher Weise den Anforderungen entspricht.

6. Schritt – Dokumentation der geotechnischen Planung: Die geotechnische Planung wird durch eine übersichtliche, nachvollziehbare Dokumentation abgeschlossen. Es werden die Gebirgscharakteristika und alle bau- sowie maschinentechnischen Maßnahmen festgehalten. Dies bedingt eine enge Zusammenarbeit aller Fachplaner des Tunnelbauwerkes – den Tunnelplanern, Geologen, Hydrogeologen und Geotechnikern. Die Dokumentation umfasst in aller Regel den geotechnischen Bericht inkl. des tunnelbautechnischen Rahmenplans, erforderliche Risikoanalysen, den Sicherheitsmanagementplan, die Störfallanalyse und Spezifikationen bzgl. maschinentechnischer Anforderungen. Ein wesentlicher Teil des tunnelbautechnischen Rahmenplans und essentiell für die Ermittlung der Vortriebsklassen ist ein charakteristischer Längsschnitt durch die gesamte Tunneltrasse. Dieser Schnitt beinhaltet u.a. die verschiedenen Gebirgsbereiche mit den prognostizierten Gebirgsarten und deren Gebirgsverhalten, geo- und bautechnische Besonderheiten sowie den Einsatz von bautechnischen Maßnahmen in den jeweiligen Bereichen.

7. Schritt – Ermittlung der Vortriebsklassen und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen: Anschließend an die geotechnische Planung des Vortriebes mit einer TVM werden die Vortriebsklassen ermittelt. Die Vorgehensweise zur Bestimmung der Vortriebsklassen erfolgt in der Werkvertragsnorm für den kontinuierlichen Vortrieb – der *ÖNORM B 2203-2* [50]. Auf Grundlage der vorangegangenen geotechnischen Planung, insbesondere der Gebirgscharakterisierung der festgelegten Bereiche, wird der Vortrieb in einen oder mehrere Vortriebsabschnitte eingeteilt. Die einzelnen Vortriebsabschnitte setzen sich aus Bereichen mit Regelvortrieb, Sondervortrieb oder Bereichen mit Ereignisbewältigung zusammen. Damit ein Regelvortrieb vorliegt, müssen entsprechende Kriterien erfüllt werden. So dürfen z.B. keine leistungsmindernden Ausbrüche des Tunnelquerschnittes erfolgen oder die Schildreibung nur so gering sein, sodass die Bohrgeschwindigkeit dadurch unbeeinflusst bleibt.

Darüber hinaus bewegt sich der s.g. Drehmomentenfaktor¹²⁷ innerhalb der vertraglich vereinbarten Bandbreiten und der Vortrieb erfolgt ausschließlich im Regelausbau (prognostizierte Stützmittel, Tübbingausbau). Sofern Umstände während des Vortriebes angetroffen werden, die von einem Regelvortrieb abweichen (nicht erwartete Erschwernisse, erheblich leistungsmindernde Ausbrüche, etc.), kommt der Sondervortrieb zum Tragen. Als Basis zur Ermittlung der Leistungen für diesen speziellen Fall dient eine projektspezifisch festzulegende Referenzstrecke. Für diese Strecke werden die vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten zzgl. der Zeiten für Wartung, Reparatur und zusätzlicher, vereinbarter Zeitbedarf infolge von Erschwernissen (z.B. Ansätze Wassererschwernisse, Überbohrmaß) ermittelt. Aus der Dokumentation der betroffenen Strecke folgt die tatsächliche Vortriebsdauer. Aus dieser wird in Kombination mit der vertraglichen Vortriebsdauer ein Produktivitätsfaktor errechnet. Dieser Mehr- bzw. Minderfaktor dient schließlich der Abrechnung der Leistungen für die Bereiche des Sondervortriebes. Kann unter Umständen keine Referenzstrecke definiert werden, so ist der jeweilige Vortrieb der Ereignisbewältigung zuzuordnen. Für die Regelvortriebe innerhalb der einzelnen Abschnitte erfolgt eine Einteilung in Vortriebsklassen. Eine Vortriebsklasse bzw. eine Vortriebsklassenmatrix definiert sich über die erste und zweite Ordnungszahl. In der *ÖNORM B 2203-2* erfolgt die Ermittlung der beiden Ordnungszahlen getrennt nach den unterschiedlichen TVM-Typen:

- **Vortriebsklassen für TBM-O/ETBM**¹²⁸

1. *Ordnungszahl*

Liegt eine ausreichende Standfestigkeit für einen Ausbruch mit einer Gripper-TBM bzw. ETBM vor, so wird die Vortriebsgeschwindigkeit hauptsächlich von dem Löseverhalten, insbesondere der Eindringung des Bohrkopfes in die Ortsbrust pro Umdrehung (Penetration), bestimmt. Die Norm legt daher fest, dass das einzige Kriterium der ersten Ordnungszahl die Penetration ist. Die Kennzahl errechnet sich aus maschinenspezifischen Parametern, wie den Abmessungen des Schneidringes oder der Meißelndruckkraft je Schneidring, für eine vom AG festgelegte „Referenzmaschine“. Der ermittelte Wert wird folglich den Bandbreiten der Penetration zugeordnet. Diese in der Norm definierten Streubreiten stellen die erste Ordnungszahl dar.

2. *Ordnungszahl*

Abhängig von den einzubauenden Regelstützmitteln werden pro Vortriebsklasse Stützmittelzahlen ermittelt. Analog zur Herangehensweise in der Ermittlung der Stützmittelzahlen des zyklischen Vortriebes, werden sämtliche Stützmaßnahmen (u.a. Anker, Spritzbeton, Bögen) mit in der Norm festgelegten Faktoren bewertet und zusammengefasst in eine Stützmittelzahl übergeführt. Durch die Einordnung der ermittelten Werte in den festgelegten Geltungsbereich wird die zweite Ordnungszahl generiert.

- **Vortriebsklassen für TBM-S/TBM-DS**

1. *Ordnungszahl*

Die Festlegung der ersten Ordnungszahl wird in gleicher Weise vorgenommen wie bei der Gripper-TBM bzw. ETBM.

2. *Ordnungszahl*

Reicht die Bestimmung der Vortriebsklasse mittels der ersten Ordnungszahl nicht aus, um den Vortrieb im jeweiligen Abschnitt ausreichend zu beschreiben, so werden weitere leistungsbestimmende Merkmale in Form der zweiten Ordnungszahl projektbezogen angegeben. Solche Merkmale können beispielhaft die Unterscheidung nach

¹²⁷der Drehmomentenfaktor ist das Verhältnis des realen zum theoretisch errechneten Drehmoment, mehr dazu in [50] *ÖNORM B 2203-2*: 2022-01-15, S. 13 f.

¹²⁸ETBM in der *ÖNORM B2203-2* als TBM mit Aufweitungsbohrkopf (TBM-A) bezeichnet

dem Einfach- oder Doppelmodus der TBM-DS, die Art der Tübbingauskleidung (gedichtet/ungedichtet) oder ferner die Eigenschaften einer Ringspaltverfüllung sein.

- **Vortriebsklassen für SM**

1. *Ordnungszahl*

Das Auffahren eines Hohlraumes durch die SM wird maßgeblich durch das Gebirgsverhalten, speziell das Verhalten des Untergrundes an der Ortsbrust bestimmt. Aus diesem Grunde schreibt die Norm vor, die erste Ordnungszahl über die Art der Ortsbruststützung zu definieren. Des Weiteren kann es sinnvoll sein, den Modus der Stützung (offen, geschlossen, halbgeschlossen) über die betreffende Ordnungszahl einfließen zu lassen. Ist die Angabe der Merkmale der Ortsbruststützung nicht zielführend, so kann diese Klassifizierungszahl entfallen.

2. *Ordnungszahl*

Beim Vortrieb mittels SM's kann eine weitere Klassifizierung durch Angabe des eingesetzten Vortriebsverfahrens (Betriebsmodus/Stützdruck/Tübbingtyp) im Sinne der zweiten Ordnungszahl erfolgen.

ERSTE ORDNUNGSZAHL	Penetration bis	ZWEITE ORDNUNGSZAHL											
		0,5	1,5	2,5	4	6	8	11	15	19	24	30	36
		GELTUNGSBEREICH											
		0 bis 1,00	1,01 bis 2,00	2,01 bis 3,00	3,01 bis 5,00	5,01 bis 7,00	7,01 bis 9,00	9,01 bis 13,00	13,01 bis 17,00	17,01 bis 21,00	21,01 bis 27,00	27,01 bis 33,00	33,01 bis 39,00
1	> 11,5 mm/U												
2	11,5 mm/U												
3	9,00 mm/U												
4	7,00 mm/U												
5	5,50 mm/U												
6	4,20 mm/U												
7	3,20 mm/U												
8	2,60 mm/U												
9	2,00 mm/U	siehe Regelungen zu Sondervortrieb											

Abb. 3.5: Musterbeispiel für eine Vortriebsklassenmatrix im kontinuierlichen Vortrieb mit einer TBM-O/TBM-A (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [50, S. 20])

Ein Beispiel für eine Vortriebsklassenmatrix des Abbaues mit der TBM-O/ETBM ist in Abb. 3.5 dargestellt. Die Zeilen bilden die Penetrationsklassen mit den zulässigen Bandbreiten als erste Ordnungszahl. In den Spalten im Sinne der zweiten Ordnungszahl sind die Stützmittelzahlen und deren zulässige Streubreite eingetragen. Insofern kein Bedarf an der Klassifizierung leistungsbestimmender Merkmale der zweiten Ordnungszahl besteht, so entfällt diese. Folglich gilt lediglich die Erste. Diese Regel kommt jedoch nur bei der Klassifizierung des Vortriebes mit der TBM-S/TBM-DS oder SM zum Einsatz. Im letzten Schritt erfolgt die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen, sodass im Zuge der Veröffentlichung die Firmen ihr Angebot für das Tunnelbauprojekt legen können.

3.2 ÖNORM B 2118 – der bauwirtschaftliche Mustervertrag

Die Mustervorlage für Bauverträge heimischer Großprojekte stellt die *ÖNORM B 2118* [47] dar. Diese regelt die allgemeinen Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Einbezug eines Partnerschaftsmodells in ihrer aktuell gültigen Version vom 01.12.2021. Das Ziel dieser Vertragsschablone sind ausgewogene Regelungen für die Vertragspartner. Göllles und Link [22] verweisen darauf, dass öffentliche AG durch das *BVergG 2018* sogar verpflichtet werden, die *ÖNORM B 2118* (bzw. die *ÖNORM B 2110*) zur Abwicklung ihrer Bauvorhaben, insbesondere für die Ausschreibung und den Bauvertrag, zugrunde zu legen. Private Bauherrn sind hingegen nicht zur zwingenden Anwendung der *ÖNORM* verpflichtet. Jedoch wird im Allgemeinen empfohlen, die *ÖNORM B 2118* (bzw. die *ÖNORM B 2110*) als konsistente Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB) für deren Projekte zu verwenden.¹²⁹

Die folgenden Unterabschnitte sollen dem Leser einen Überblick über das im heimischen Bauwesen allgemein gültige Vertragsmodell geben. Zu Beginn wird das Modell der *ÖNORM B 2118* mit seinen einschlägigen Charakteristika dargelegt. Es folgen essentielle Bestimmungen für das Verfahren der Ausschreibung und des Angebotes und abschließend werden die Besonderheiten für den AG sowie AN aufgezeigt. Zur unterstützenden Erarbeitung der nachfolgenden Abschnitte werden die Werke von Kropik [32] sowie Göllles und Link [22] herangezogen. Obwohl sich die Ausführungen dieser Bücher überwiegend auf die *ÖNORM B 2110* beziehen, jedoch diese in einigen Punkten identisch mit der *ÖNORM B 2118* sind, werden beide Lektüren als Literaturquellen verwendet.

3.2.1 Das Modell der Norm

Die Werkvertragsnorm kann grundsätzlich in einen Verfahrens- und Vertragsteil gegliedert werden. Im ersten Teil, den Verfahrensbestimmungen, werden gezielte Hinweise gegeben, sodass der AG eine sachgemäße LB der geplanten Bauleistungen erstellen kann. Weitere spezielle Bestimmungen dienen den ausführenden Unternehmen als Leitfaden zur Abgabe eines den Umständen entsprechenden Angebotes. Die wichtigsten Ausführungen der Norm für die Ausschreibung und das Angebot werden im Unterabschnitt 3.2.2 erläutert.

Im zweiten Teil des Mustervertrages befinden sich die Vertragsbestimmungen. Es werden die allgemeinen Bedingungen eines Bauvertrages (Vertragsbestandteile, Partnerschaftssitzung, Rücktritt, etc.) festgelegt, wesentliche Bestimmungen für die Baudurchführung (z.B. bzgl. Termine, Vergütung, Verzug) beschrieben und eine Verfahrensanleitung für mögliche Leistungsabweichungen gegeben. Zudem regelt die *ÖNORM B 2118* in diesem Teil maßgebende Modalitäten für die Projektabwicklung, beispielsweise hinsichtlich der Rechnungslegung, Zahlung und Haftung. Die Inhalte des zweiten Teiles des Vertragsmusters sind dazu bestimmt, Vertragsbestandteil eines Bauvertrages zu werden. Die *ÖNORM B 2118* bildet gemeinsam mit den Werkvertragsnormen des Tunnelbaues (*ÖNORM B 2203-1* und *ÖNORM B 2203-2*) die unveränderlichen, allgemeinen Bestimmungen des Vertrages für ein Untertagebauwerk und sollen folglich nicht von einzelnen Vertragspartnern abgeändert werden. Die Formulierungen dieser Regelwerke im Verbund mit den besonderen Bestimmungen für den Einzelfall (z.B. für ein Tunnelbauprojekt) zielen auf die vollständige Beschreibung und eindeutige Festlegung der Bauleistung ab und repräsentieren die vertragsrechtlichen Hauptbausteine des Tunnelbauvertrages.¹³⁰

Die wesentlichen Bestandteile eines Tunnelbauvertrages sind bereits im Abschnitt 3 angeführt. Darüber hinaus schreibt die *ÖNORM B 2118* die Vereinbarung etlicher Normen technischen Inhaltes vor, die im entsprechenden Verzeichnis des Regelwerkes zu finden sind. Explizit verweist

¹²⁹Vgl. [22] Göllles und Link, S. 23 ff.

¹³⁰Vgl. [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01, S. 5

die Norm auf die *ÖNORM B 2111* zur Umrechnung von veränderlichen Preisen von Bauleistungen sowie zum Zwecke des Austausches von relevanten Dokumenten (im Zuge der Ausschreibung, Angebot und Abrechnung) auf die *ÖNORM A 2063-1* und *ÖNORM A 2063-2*. Treten allfällige Unstimmigkeiten der vereinbarten Vertragsbestandteile zu Tage, so gilt gemäß der Norm folgende Reihenfolge:¹³¹

1. die schriftliche Vereinbarung (Angebotsannahme, Auftragsschreiben, Schluss- und Gegenabschlussbrief, etc.), in Folge derer der Vertrag zustande gekommen ist
2. LB oder ausgepreistes LV
3. Pläne, Zeichnungen, Muster
4. Baubeschreibung, technischer Bericht und dergleichen
5. besondere Bestimmungen für den Einzelfall (allenfalls Hinweise auf abweichende Bestimmungen von ÖNORMEN)
6. allgemeine Bestimmungen für den Bereich eines bestimmten AG oder AN
7. Normen technischen Inhaltes
8. Werkvertragsnormen der Serie *B 22xx* und *H 22xx* (im Tunnelbau: *ÖNORM B 2203-1* und *ÖNORM B 2203-2*)
9. *ÖNORM B 2118* sowie die *ÖNORMEN A 2063-1*, *ÖNORMEN A 2063-2* und *B 2111*
10. Richtlinien technischen Inhaltes (beispielsweise die *ÖGG* und *ÖBV*-Richtlinien)

Das Modell der Norm zeichnet sich durch Merkmale, wie z.B. die Preisgestaltungsarten bei Bauverträgen, die Vorgangsweise für MKF zufolge Leistungsabweichungen oder die vorgesehenen Streitschlichtungsverfahren, aus. Darauf folgend werden daher die wichtigsten Charakteristika beschrieben, die das ÖNORM-Modell infolge der *ÖNORM B 2118* auszeichnet.

Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell

Die Arten der Preisgestaltung bei Bauverträgen werden nicht ausdrücklich in der *ÖNORM B 2118* bestimmt, stattdessen wird die *ÖNORM A 2050* [44], die die Vergabe von Aufträgen über Leistungen (Ausschreibung, Angebot, Zuschlag) regelt, herangezogen. Aus dieser Verfahrensnorm geht hervor, dass grundsätzlich drei Preisgestaltungsarten möglich sind:¹³²

- Einheitspreis (EHP)
- Pauschalpreis (PAP)
- Regiepreis

Der EHP-Vertrag kommt in aller Regel dann zum Einsatz, wenn die Art und Güte der Bauleistung genau festgelegt und die Menge annähernd genau bestimmt werden kann. Realisiert wird die Ausschreibung eines solchen Vertragstyps infolge einer konstruktiven LB mit einem in Einzelpositionen gegliederten LV. Die Leistungen werden in den Positionen AG-seitig durch voraussichtliche Mengen (Vordersätze) quantifiziert und der Unternehmer kalkuliert seine Einheitspreise für die

¹³¹Vgl. [47] *ÖNORM B 2118*: 2021-12-01, S. 14 ff.

¹³²Vgl. [44] *ÖNORM A 2050*: 2006-11-01, S. 13

jeweiligen Leistungen im Zuge seines Angebotes. Mit Vertragsabschluss wird ein festgelegter Leistungsumfang (Bau-Soll) vereinbart. Die Definition des Bau-Solls kann in den Begriffsbestimmungen im Unterabschnitt 1.4 nachgelesen werden. Das Vergütungs-Soll lässt sich in weiterer Folge aus den Mengenangaben der Positionen im LV mit durch den Vertrag vereinbarten EHPen ableiten. Nach erfolgter Baudurchführung werden sodann die Leistungen mit den vereinbarten EHPen und den tatsächlich ausgeführten Mengen abgerechnet. Dabei hält das Regelwerk fest, dass die Mengen grundsätzlich nach den einschlägigen Werkvertragsnormen (im Tunnelbau nach der *ÖNORM B 2203-1* oder *ÖNORM B 2203-2*) oder projektspezifischen Vereinbarungen abgerechnet werden. Stellen sich Zweifel im Zuge der Abrechnung der erbrachten Mengen ein, so gilt das Planmaß. Das Ergebnis der Abrechnung mit allfälligen Entgeltanpassungen (z.B. angenommenen MKF's – siehe dazu Unterpunkt *Abwicklung von Leistungsabweichungen*) stellt das Vergütungs-Ist dar. Aus den Ausführungen des Abschnittes 3.3 resultiert, dass der EHP-Vertrag¹³³ mit seinem Vergütungssystem i.d.R. für Tunnelbauprojekte in Österreich eingesetzt wird. Zur Verdeutlichung der vertraglichen Festlegungen bzgl. der Preisgestaltung dieser Vertragsform, insbesondere der Definition des Vergütungs-Ist bzw. -Soll, dient die Tab. 3.2.^{134,135}

Tab. 3.2: Das Vergütungsmodell des EHP-Vertrages (Eigene Darstellung nach Schlatter [53, S. 8 f.])

	Vergütungs-Soll Vertragliche Festlegungen	Vergütungs-IST Bauausführung & Abrechnung
Einzelangaben pro Position:	LV-Menge (Vordersatz) x vereinbarter Einheitspreis (EHP)	ausgeführte Menge x vereinbarter Einheitspreis (EHP)
pro Position:	= Positionspreis	= Positionspreis
Gesamt:	Auftragssumme = Σ Positionspreise	Schlussrechnung = Σ Positionspreise
Gültigkeit:	vorläufig fixiert	fixiert fixiert

Kann die Art, Güte und Menge der Bauleistungen genau ermittelt werden, so besteht die Möglichkeit, einem Bauvorhaben einen PAP-Vertrag zugrunde zulegen. Gemäß Kropik [32] wird der PAP-Vertrag weiter in einen Detail- und Global-PAP-Vertrag unterteilt. Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale können dem Unterabschnitt 2.4 sowie der dort befindlichen Tab. 2.4 entnommen werden. Bestimmende Kennzeichen dieses Vertragstyps sind u.a. die Vergütung einer Pauschale aufgrund des vereinbarten Leistungsumfanges, eine funktionale LB und nach Kropik [32] der Umstand, dass zumeist erhebliche Risiken (v.a. das Mengenrisiko) auf die ausführenden Firmen abgewälzt werden.^{134,136}

Sofern die Bauleistungen nicht genau erfassbar sind, kann ein Regiepreis-Vertrag herangezogen werden. Bei dieser Vertragsart wird der tatsächliche Aufwand für die eingesetzten Mittel (Lohnstunden, Materialverbrauch, usw.) vergütet. Die *ÖNORM A 2050* verweist jedoch darauf, dass diese Vertragsform nur in Ausnahmefällen, in denen EHP- oder PAP-Verträge nicht zielführend sind, eingesetzt werden soll.¹³²

Ein Tunnelbauvorhaben wird jedoch, nach Auffassung des Verfassers, in der heimischen Baulandschaft üblicherweise nicht mit einem EHP-Vertrag in seiner reinsten Form, sondern

¹³³ Als EHP-Vertrag wird jene Preisgestaltungsform eines Vertrages bezeichnet, in der überwiegend Positionen mit EHPen zu finden sind.

¹³⁴ Vgl. [47] *ÖNORM B 2118*: 2021-12-01, S. 31 ff.

¹³⁵ Vgl. [32] Kropik, S. 115 ff.

¹³⁶ Vgl. [32] Kropik, S. 637 ff.

durch einen s.g. Mischvertrag abgewickelt. Dieser Mischvertrag wird jedoch in dieser Arbeit einfachheitshalber als EHP-Vertrag bezeichnet, da in den meisten Fällen die Mehrzahl der Positionen mit EHPen behaftet sind. Gemäß Kropik [32] liegt ein Mischvertrag vor, wenn gewisse Leistungen zum einem mit EHPen und zum anderen mittels eines PAP vergütet werden. So werden beispielsweise die typischen Ausbruchsleistungen in den EHP-Positionen abgerechnet, wobei hingegen einmalige Kosten der Tunnelbaustelle (z.B. Einrichten und Räumen der Baustelle) durch eine Pauschale eine Vergütung finden. Um unvorhergesehene Ereignisse schon im Stadium der Ausschreibung in gewissem Maße zu berücksichtigen, werden zumeist in einem Mischvertrag für allgemeine Bauleistungen (Einsatz der Arbeiter, Aufwand für Geräte, etc.) Regiepositionen vorgesehen. Solche Regieleistungen können schließlich beim Eintreten eines Ereignisses mit dem tatsächlichen Aufwand abgerechnet werden.¹³⁵

Ferner hält die Norm fest, dass die Leistungen mit festen oder veränderlichen Preisen abgerechnet werden können. Die Vertragspartner sind generell dazu angehalten, die Preise bezüglich ihrer Veränderlichkeit festzulegen. Werden keine diesbezüglichen Bestimmungen im Vertrag getroffen, so verweist die *ÖNORM B 2118* auf die Abrechnung von Leistungen mit Festpreisen, die bis sechs Monate nach Ende der Angebotsfrist¹³⁷ erbracht werden bzw. zu beenden sind. All jene Leistungen, die außerhalb dieser Frist zu liegen kommen, werden veränderliche Preise zugeführt. Das Vertragsmuster der *ÖNORM B 2118* legt nahe, dass die Umrechnung von veränderlichen Preisen nach den Bestimmungen der *ÖNORM B 2111* zu erfolgen hat.¹³⁸

Partnerschaftlicher Ansatz

Untertagebauvorhaben sind von Natur aus geprägt von entsprechenden technischen Risiken, die zumeist im Baugrund und in der Variation der Untergrundverhältnisse begründet sind. Deshalb kann in den meisten Fällen im Vorhinein die komplette Bauleistung mit dem Vertrag nicht abgedeckt werden. Dies führt oftmals zu ausufernden Diskussionen bis hin zu erheblichen Rechtsstreitigkeiten zwischen den Vertragspartnern bezüglich etwaigen Anpassungen der Bauzeit und des Entgeltes. Um diesem Konfliktpotential entgegenzuwirken, kann präventiv das Partnerschaftsmodell der *ÖNORM B 2118* eingesetzt werden.

Bei diesem Modell werden verpflichtende Partnerschaftssitzungen vereinbart. Der AG hält die Sitzungen in regelmäßigen Abständen (z.B. monatlich) ab, um jeweilige wirtschaftliche und/oder rechtliche Probleme des Projektes mit dem AN abzuwickeln. Zur Problemlösung werden von beiden Vertragspartnern entscheidungsbefugte und -fähige Vertreter ernannt. Ein Hauptaugenmerk der Sitzungen liegt in der kooperativen Bearbeitung von Forderungen auf Anpassungen der Bauzeit, des Entgeltes, des Bauablaufes oder von Leistungen. Folgende Grundsätze sollen dabei verfolgt werden:^{131,139}

- Abhaltung der Sitzung auf der Baustelle
- effiziente und rasche Entscheidungsfindung
- Transparenz und Nachvollziehbarkeit
- einvernehmliche Entscheidungen

Die Werkvertragsnorm hält zudem fest, dass sämtliche Ereignisse und Feststellungen, die die Leistungsausführung und ferner die Abrechnung maßgeblich beeinflussen, gemeinsam von den Vertragspartnern zu dokumentieren sind. Dadurch soll die Entscheidungsfindung allfälliger

¹³⁷Falls keine Angebotsfrist festgesetzt ist, wird das Datum der Angebotsabgabe herangezogen.

¹³⁸Vgl. [47] *ÖNORM B 2118*: 2021-12-01, S. 24 ff.

¹³⁹Vgl. [22] Gölles und Link, S. 387 f.

Probleme wesentlich vereinfacht werden. In welchem Umfang die Dokumentation erfolgt und welche Ziele damit angestrebt werden, wird in den Partnerschaftssitzungen in kollektiver Weise festgelegt.¹⁴⁰

Abwicklung von Leistungsabweichungen

Falls das Bauwerk nicht innerhalb der vereinbarten Frist und/oder mit dem vereinbarten Entgelt ausgeführt werden kann, liegt eine Leistungsabweichung vor. Die Norm präzisiert eine Leistungsabweichung entweder als eine Leistungsänderung oder als Störung der Leistungserbringung. Der Bauherr ist grundsätzlich berechtigt das Bau-Soll zu ändern, um das Ziel des Projektes zu erreichen. Dies stellt die Leistungsänderung dar. Eine Störung der Leistungserbringung entspringt nicht der Sphäre des AN und ist keine Leistungsänderung. Im Tunnelbau können solche Störungen beispielsweise infolge geänderter Baugrundverhältnisse (Erschwernisse wie Blockigkeit, Mixed-Face, etc.) auftreten. Im Falle einer Störung der Leistungserbringung sind die Vertragspartner zum einen verpflichtet, den anderen Partner unmittelbar davon in Kenntnis zu setzen und zum anderen alle nötigen Mittel aufzubringen, um die Folgen weitgehend zu mindern oder die Störung sogar zu vermeiden. Dies geschieht jedoch nur in jenem Maße, in welchem keine Mehrkosten entstehen.¹³⁸

Die Definitionen der beiden Arten von Leistungsabweichungen lassen erkennen, dass deren Ursachen oder die Ereignisse, die zu Leistungsabweichungen führen, in der Sphäre des AG liegen. Die ausführliche Erläuterung der einzelnen Risikosphären der Vertragspartner ist Teil des Schwerpunktes dieser Diplomarbeit und lässt sich folglich im Kapitel 5.2 finden. Liegt eine Leistungsabweichung vor, so hat der Ausführende Anspruch auf entsprechende Anpassungen bzw. Fortschreibungen des Vertrages, sofern folgende zwei Voraussetzungen erfüllt sind:^{138,141}

1. **Rechtzeitige Anmeldung der Forderung auf Vertragsanpassung:** Die MKF muss fristgerecht gemäß der Werkvertragsnorm i.d.R. bis zur nächsten Partnerschaftssitzung bzw. spätestens 90 Tage nach Erkennbarkeit der Leistungsabweichung angemeldet werden. Die Anmeldung erfolgt zu diesem Zeitpunkt zumindest dem Grunde nach. Dabei hat der AN die Abweichung vom Bau-Soll aufgrund eingetretener Umstände darzulegen und die Kausalität zu beschreiben, dass die Ursache für die Auswirkung auf die Bauzeit und/oder auf das ursprünglich vereinbarte Entgelt der Sphäre des Bauherrn entstammt. Ist die Leistungsabweichung auf eine Leistungsänderung des AG zurückzuführen, kann von dem Kausalitätsnachweis abgesehen werden. Ein bloßer Hinweis auf die AG-seitige Anordnung und die damit verbundene Leistungsänderung reicht hier aus.
2. **Vorlage einer MKF in prüffähiger Form:** Die Forderung hat in jener Weise zu erfolgen, sodass die Auswirkungen auf die veränderte Leistungserbringung und folglich auf mögliche Mehrkosten nachvollziehbar dargelegt werden. Demzufolge wird eine MKF auch der Höhe nach angemeldet. Die Ermittlung der Mehrkosten (z.B. neuer EHP) beruht dabei auf der Preisbasis des Vertrages (u.a. der ursprünglichen Preiskomponenten des Angebotes) sowie auf Mengen- und Leistungsansätzen vergleichbarer Positionen des LV. Daraus ist ein allgemeiner Grundsatz abzuleiten, der besagt: „*Guter Preis bleibt guter und schlechter Preis bleibt schlechter!*“¹⁴² Darüber hinaus sieht das Vertragsmuster entsprechende Anpassungen der Leistungsfrist vor, sofern durch Leistungsabweichungen mit Verzögerungen oder Beschleunigungen der Baudurchführung zu rechnen ist. Diese zeitlichen Anpassungen sind ebenfalls mit entsprechender Nachvollziehbarkeit darzulegen.

¹⁴⁰Vgl. [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01, S. 17 ff.

¹⁴¹Vgl. [32] Kropik, S. 771 ff.

¹⁴²Vgl. [32] Kropik, S. 795

Nach Vorlage einer MKF hat der konfrontierende Vertragspartner diese ehestens, jedoch spätestens innerhalb einer Frist von 2 Monaten zu prüfen. Gemäß Kropik [32] wird hierbei überprüft, ob eine Leistungsabweichung vom Bau-Soll vorliegt, ob die Anspruchsgrundlage (Leistungsabweichung aus der Sphäre des AG) genannt ist, die oben angeführten Voraussetzungen erfüllt sind und ob die Forderung der Höhe nach unter nachvollziehbarer Berechnung und sachgemäßer Herleitung (z.B. Preisbasis des Vertrages) vollzogen wurde. Liegt eine berechnete MKF vor, so sind einvernehmlich, mit allfälligen Abstrichen, die Anpassungen des Vertrages, v.a. die Bauzeit und das Entgelt betreffend, festzulegen.^{138,143}

Die *ÖNORM B 2118* führt außerdem zwei Sonderregelungen im Zuge von Leistungsabweichungen an, die nachstehend kurz beschrieben werden:¹³⁴

20 %-Klausel: Wird im Zuge der Ausführung die Menge einer Position mit EHP um mehr als 20 % über- oder unterschritten, kommt folgende Sonderklausel zum Tragen. Diese räumt dem jeweiligen Vertragspartner das Recht ein, einen neuen EHP der betroffenen Position für die tatsächliche Menge zu verlangen. Die Mengenänderung von mehr als 20 % ist dabei nicht auf eine Leistungsabweichung zurückzuführen, sondern beruht auf unzutreffenden Angaben in der Ausschreibung (falsche Mengenangaben in den Positionen des LV). Die Anmeldung erfolgt wiederum dem Grunde nach, und zur Ermittlung der neuen EHPe haben die unter dem Punkt *Vorlage einer MKF in prüffähiger Form* angeführten Grundsätze ebenso Gültigkeit.

Nachteilsabgeltung: Eine weitere besondere Bestimmung der *ÖNORM B 2118* bezieht sich auf die Nachteilsabgeltung für den AN im Falle einer Verminderung des ursprünglichen Leistungsumfanges. Entfallen oder reduzieren sich Teile der vereinbarten Leistungen, wodurch die Auftragssumme um mehr als 5 % unterschritten wird, obliegt es dem Bauherrn, diesen Nachteil für die Baufirma auszugleichen. Die Norm schlägt eine Abgeltung durch die Vergütung der kalkulierten Geschäftsgemeinkosten (GGK) an den entfallenden Leistungen vor. Voraussetzung für diese Regelung ist jedoch, dass die entstandenen Nachteile des AN nicht schon durch andersartige Vergütungen abgedeckt sind.

Der abschließende Absatz des Punktes *Abwicklung von Leistungsabweichungen* ist ein kurzer Exkurs zum Verzug von Leistungen. Die *ÖNORM B 2118* definiert den Verzug folgendermaßen: „*Verzug liegt vor, wenn eine Leistung nicht zur gehörigen Zeit, am gehörigen Ort oder auf die bedungene Weise erbracht wird*“.¹⁴⁴ Im bautechnischen Sinne wird i.d.R. der Verzug durch dessen zeitliche Komponente aufgefasst. Im Falle eines Verzuges, den der AN verursacht hat, verschafft die Werkvertragsnorm dem AG die Möglichkeit zur Erhebung einer Vertragsstrafe für das ausführende Unternehmen. Die Beweislast obliegt hierbei dem AN, indem dieser nachzuweisen hat, dass er an dem Verzug kein Verschulden trägt. Liegt der Verzug jedoch in der Sphäre des AN, kann der Bauherr eine Vertragsstrafe (Pönale) fordern. Die Höhe der Strafe ist gemäß der Norm insgesamt mit 5 % der ursprünglichen Auftragssumme gedeckelt. Die Pönale wird im Allgemeinen nur bei Nicht-Einhaltung pönalisierter Termine bzw. erst bei Überschreiten einer angemessenen Nachfrist für die vertragsgemäße Leistungserfüllung in Rechnung gestellt und nach Kalendertagen berechnet.¹³⁸

Streitschlichtung

Im Zuge der Bauausführung kann es des Öfteren zu Meinungsverschiedenheiten zwischen den Vertragspartnern kommen. Diese Differenzen können mitunter in erhebliche Streitigkeiten münden, weshalb die alte *ÖNORM B 2118* für solche Fälle ein Schlichtungsverfahren empfiehlt,

¹⁴³Vgl. [32] Kropik, S. 766

¹⁴⁴Vgl. [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01, S. 26

bevor ein ordentliches Gericht bzw. ein Schiedsgericht einbezogen wird. Dabei führt der Vorgänger der aktuellen *ÖNORM B 2118* das Streitschlichtungsverfahren gemäß der *ONR 22113: Schlichtungsordnung des ON-Bauschiedsgerichts* an. Jedes weitere Verfahren, das eine Streitschlichtung herbeiführt, würde im Sinne der Norm ebenso Gültigkeit erlangen. Wenn ein solches Schlichtungsverfahren keine einvernehmliche Lösung herbeiführt, verweist die Vertragsvorlage in einem zweiten Schritt auf die Bestimmungen der Zivilprozessordnung. Das Bauschiedsgericht des *österreichischen Normungsinstitutes (ON)* mit den Regelwerken *ONR 22110: Schiedsvertrag und Schiedsordnung für nach vergabegesetzlichen Vorschriften geschlossene Bauverträge* und *ONR 22112: Schiedsordnung des ON-Bauschiedsgerichtes* würde eine Alternative zu einem ordentlichen Gericht darstellen, welches sich durch eine schnellere Entscheidungsfindung und einen geringeren finanziellen Aufwand auszeichnet. Voraussetzung ist dabei, dass die Vertragspartner im Vorhinein (bei Vertragsabschluss) das ON-Bauschiedsgericht vereinbaren, andernfalls gelten die Bestimmungen der Zivilprozessordnung. Angemerkt soll jedoch sein, dass der aktuell gültige Auflage der *ÖNORM B 2118* keine Empfehlungen hinsichtlich eines Streitschlichtungsverfahrens und eines Schiedsgerichtes mehr gibt. Dies steht wiederum im Einklang mit dem Umstand, dass sämtliche oben genannte Dokumente des *ON* bereits zurückgezogen sind. Im Allgemeinen gilt allerdings, dass im Zuge eines Disputes über jeweilige Leistungen die Vertragspartner nicht berechtigt sind, ihre Pflicht in der Erbringung unstrittiger Leistungen zu vernachlässigen.^{145,146}

3.2.2 Ausschreibungs- und Angebotsbestimmungen

Im Einklang mit den Bestimmungen des *BVergG 2018* für öffentliche und den Regelungen der *ÖNORM A 2050* für private AG, liefert die *ÖNORM B 2118* explizite Anweisungen zur Erarbeitung der Ausschreibung durch den Bauherrn und zur Angebotserstellung durch den AN. Die wichtigsten Ausführungen des Verfahrensteils der Norm werden im Folgenden beleuchtet.

Merkmale der Ausschreibung

Eingangs im ersten Teil der Werkvertragsnorm schreibt diese die Erfassung und Beschreibung sämtlicher Leistungen in der Ausschreibung vor. Der AG mit seinen Erfüllungsgehilfen ist somit angehalten, alle notwendigen Umstände und Randbedingungen eines geplanten Bauprojektes zu erheben, um sodann die Leistungen in ihrer Qualität sowie Quantität vollständig beschreiben zu können. Dabei sind insbesondere Erschwernisse eindeutig auszuweisen, die maßgeblich Einfluss auf den Bauablauf und folglich auf die Kosten nehmen. Beispielsweise können solche Erschwernisse schwierige Baugrundverhältnisse (im Tunnelbau z.B. Wassererschwernisse oder Blockigkeit), verkehrsbedingte Behinderungen oder witterungsbedingte Leistungsunterbrechungen sein. Das Ergebnis stellt eine konsistente LB mit der Baubeschreibung und dem LV dar, die den Unternehmen als Grundlage für deren Angebotserstellung dient. Erfolgt die Ausschreibung in Form einer konstruktiven LB, so sind gleichartige Leistungen nur in einer Position des LV zum Zwecke der Kalkulierbarkeit aufzunehmen.¹⁴⁷

Als Teil einer vollständigen LB und Voraussetzung für eine sorgfältige Ausschreibung ist es erforderlich, dass der Ausschreibende charakteristische Angaben zum Projekt in der Ausschreibung tätigt. Beispielsweise können jene Angaben sich auf Terminfestlegungen (z.B. Beginn und Ende der Bauleistung), den Sicherheits- und Gesundheitsschutz (SiGe)-Plan und ferner auf die Projektorganisation beziehen. Zudem enthalten die Angaben zumeist Informationen über allgemeine Umstände der Baustelle, wie der Festlegung des Baustellenbereiches mit sämtlichen

¹⁴⁵Vgl. [46] *ÖNORM B 2118*: 2013-03-15, S. 17

¹⁴⁶Vgl. [32] Kropik, S. 215 ff.

¹⁴⁷Vgl. [47] *ÖNORM B 2118*: 2021-12-01, S. 10 ff.

Erschließungswegen sowie mögliche Deponien für Ablagerungsmaterial. Darüber hinaus werden vertragliche Regelungen zur Projektabwicklung festgelegt. Schlagwörter wie die Gewährleistung und Haftung, die Übernahme des Bauwerkes, erforderliche Sicherstellungen oder ein allfälliges *Value Engineering* (mehr dazu im Abschnitt 3.2.4) fallen unter solche Bestimmungen, die im Zuge der Ausschreibung zu definieren sind.¹⁴⁷

Ein wesentlicher Bestandteil einer qualitativ guten Ausschreibung und die Basis für die Preisbildung der Bieter ist das LV als Teil der LB. Die *ÖNORM B 2118* führt deshalb demonstrativ für gewisse Leistungen projektspezifisch erforderliche Positionen für das LV an. Nachstehend werden ein paar solcher Leistungen beispielhaft angeführt.¹⁴⁷

- Baustellengemeinkosten (BGK) – darunter fallen einmalige sowie zeitgebundene Kosten (ZGK) der Baustelle
- einmalige (Transport, Aufbau, etc.) und zeitgebundene (z.B. Abschreibung, Verzinsung, Instandhaltung) Kosten der Geräte
- Behandlung und Deponierung von Aushub-, Abtrags- und Ausbruchsmaterial
- Beschaffung von Unterlagen durch den AN (Pläne, statische Berechnungen, etc.)
- erforderliche Verkehrsführung und -sicherung

Zudem sieht die Norm vor, dass jedenfalls Positionen für allfällige Regieleistungen (Arbeitskräfte, Geräte, Material, Fremdleistungen, usw.) dem LV anzufügen sind. Die dargelegten Hinweise der *ÖNORM B 2118* für die Ausschreibung beziehen sich dem Autor nach am ehesten auf eine LB konstruktiver Art und lassen sich nur bedingt bei einer funktionalen LB anwenden.

Merkmale der Angebotserstellung

Die Kalkulation der Angebotspreise durch ausführungswillige Unternehmen erfolgt nach Bekanntmachung der Ausschreibung. Für die Angebotserstellung gibt die *ÖNORM B 2118* einige Hinweise, die folgend zusammengefasst beschrieben werden.

Je nach Preisbildungsart (z.B. EHP oder PAP) des Vertrages gestaltet sich die Kalkulation bzw. die Zusammensetzung des Angebotspreises unterschiedlich. Im Falle eines im Tunnelbau dominierenden EHP-Vertrages können die wesentlichsten Leistungen (gleicher Art) direkt in eigenen Positionen kalkuliert werden. Die Norm verweist allerdings auf gewisse Leistungen, die nicht ausdrücklich in der Ausschreibung angeführt und somit in Form einer Umlage im Angebotspreis zu berücksichtigen sind. Als Nebenleistungen bezeichnet, bestehen diese i.d.R. im geringen Umfang und sind für das Erreichen des Projektziels erforderlich. Beispielsweise können behördliche Genehmigungen, erforderliche Sicherheitseinrichtungen, Kleingeräte sowie Werkzeuge oder das Transportieren und Lagern von Baumaterialien Nebenleistungen sein. Außerdem sind die aus den Werkvertragsnormen der Reihe *B22xx* festgelegten Abrechnungsregeln durch die Bieter zu erforschen, um bestimmte Leistungen (im Tunnelbau z.B. ein definierter Mehrausbruch) durch einen Zuschlag in den jeweiligen EHPen mit einzurechnen. Sofern keine gesonderten Positionen bestehen, sind jeweilige Planungsleistungen, die vertragsgemäß dem AN zukommen, ebenfalls im vereinbarten Preis inbegriffen.^{131,140,147}

Die *ÖNORM B 2118* räumt den Bietern die Möglichkeit ein, für gewisse Leistungen ein Alternativangebot abzugeben. Zulässige Angebote dieser Art werden mit der Ausschreibung vereinbart und finden nur bei EHP-Verträgen Anwendung. Ein Alternativangebot ist im Sinne der *ÖNORM A 2050* ein alternativer Leistungsvorschlag eines Bieters. Eine abweichende Baugrubensicherung (z.B. Spundwände) von der Ausgeschriebenen (beispielsweise eine geböschte

Baugrube) würde ein solches Alternativangebot darstellen. Dadurch wird infolge des ausführenden Unternehmens ein Gesamtpreis für die alternativ angebotenen Leistungen garantiert. Dieser Preis darf auch bei Mengenänderungen in der Ausführung nicht überschritten werden. Eine Unterschreitung ist infolge der Abrechnung jedoch möglich. Aus der Sphäre des AG stammende Leistungsabweichungen und folglich Entgeltanpassungen unterliegen dieser Regelung nicht.^{138,148}

3.2.3 Besonderheiten für den AG

Aus den Bestimmungen der *ÖNORM B 2118* geht implizit hervor, dass der AG mit seinen Gehilfen die Planung des Bauvorhabens vollzieht. Je nachdem welche Preisgestaltungsform dem Bauvertrag zugrunde liegt, kommt dem Bauherrn ein unterschiedlich großer Planungsumfang zu. Die Auswirkung der Vertragsform eines EHP- oder PAP-Vertrages auf die Planung wurden bereits im Abschnitt 2.4, insbesondere anhand der Tab. 2.4, dargelegt. Im Verfahren der Ausschreibung sind gemäß der Norm entsprechende Angaben zum Projekt zu machen und erforderliche Positionen im LV vorzusehen (siehe Unterabschnitt 3.2.2). Abgezielt wird auf eine möglichst vollständige LB. Betont soll an dieser Stelle sein, dass sich nach Ansichten des Verfassers die Ausführungen der Norm bezüglich der Ausschreibung am besten für einen EHP-Vertrag mit einer konstruktiven LB eignen.

Zur Umsetzung des Bauwerkes sind allfällige Bewilligungen sowie behördliche Genehmigungen erforderlich. Diese hat laut dem Vertragsmuster grundsätzlich der AG einzuholen. Im Falle einer Projektabwicklung mittels der GU-Form (siehe Abschnitt 2.4), fällt die Lieferung gewisser, ausführungsrelevanter Unterlagen, wie beispielsweise von Plänen, Berechnungen oder technischen Beschreibungen, in den Verantwortungsbereich des Bauherrn. Die Beistellung dieser AG-seitigen Unterlagen hat so zeitgerecht zu erfolgen, dass die Baufirmen noch vor Baubeginn jene Dokumente auf Ausführungsreife prüfen und entsprechende Vorbereitungen treffen können. Dem unbestimmten Zeitbegriff der Norm im Hinblick auf die rechtzeitige Vorlage der Unterlagen begegnet Kropik [32] mit einer mindesten Vorlaufzeit von vier bis sechs Wochen für Ausführungspläne der Hauptbauleistungen.^{131,149}

In der Phase der Baudurchführung spricht die Norm dem Bauherrn das Recht zur Überprüfung der vertragskonformen Ausführung zu. Hierzulande ist es üblich, dass der AG dafür ein eigenes Organ bestellt. Die Bauüberwachung, oder in Österreich als Örtliche Bauaufsicht (ÖBA) bezeichnet, dokumentiert und überprüft die vertragsgerechte Herstellung sowie die Einhaltung der Regeln der Technik. Angemerkt soll sein, dass der Unternehmer aufgrund der Überwachungstätigkeit des AG jedoch nicht von der Verantwortung zur vertragsgemäßen Ausführung entbunden ist. Zum Zwecke eines reibungslosen Bauablaufes überträgt die *ÖNORM B 2118* des Weiteren dem AG die Koordination des Einsatzes seines(r) vertraglichen AN. Diese Koordinationspflicht delegiert der Bauherr in den meisten Fällen ebenso der ÖBA und somit fungiert diese als Vertreter des Bauherrn vor Ort.^{140,150}

Nach Fertigstellung des Bauwerkes (oder u.a. von Teilleistungen) wird der AG vom AN aufgefordert, diese Leistungen innerhalb von 30 Tagen zu übernehmen. Dabei kommt es grundsätzlich zu einer Mängelfeststellung. Werden hierbei etwaige Mängel gerügt, hat der Bauherr gemäß der Norm den AN aufzufordern, diese innerhalb einer Frist zu beheben. Mit der Fertigstellung beginnt außerdem die Gewährleistungsfrist der ausführenden Firma (siehe nachfolgender Unterabschnitt 3.2.4). Treten nun zu einem späteren Zeitpunkt Mängel zu Tage und ist der AN nicht mehr in der Lage diese zu beheben (z.B. im Falle einer Insolvenz), so sieht die Vertragsvorlage ein präventives Sicherungsmittel in Form des Haftungsrücklasses vor. Der Rücklass wird vom

¹⁴⁸Vgl. [32] Kropik, S. 320 ff.

¹⁴⁹Vgl. [32] Kropik, S. 192

¹⁵⁰Vgl. [32] Kropik, S. 271 f.

Bauherrn in der Höhe von 2% des Betrages der Schlussrechnung einbehalten. Alternativ kann jedoch die Baufirma diesen Betrag durch ein gleichwertiges Sicherungsmittel, wie Sparbücher, Bankgarantien oder Versicherungen, ablösen.¹⁵¹

3.2.4 Besonderheiten für den AN

Eine grundlegende Voraussetzung für eine sachgemäße Kalkulation des Angebotes ist das sorgsame Studium der Ausschreibungsunterlagen durch die ausführenden Firmen bzw. Bieter. Den Ausführungen des Punktes *Merkmale der Angebotserstellung* im Unterabschnitt 3.2.2 ist zu entnehmen, dass die Bieter infolge ihrer Angebotskalkulation erkennen sollten, welche Leistungen direkt in Positionen angeboten werden können und für welche Leistungen jeweilige Umlagen bzw. Zuschläge zu bilden sind. Darüber hinaus ist auf mögliche, begünstigende Alternativangebote Bedacht zu nehmen.

In der Ausführungsphase hat der AN die ihm obliegenden Leistungen im Einklang mit den einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen und nach den allgemeinen Regeln der Technik zu erbringen. Die zur Leistungserfüllung erforderlichen Unterlagen des AG sind von den ausführenden Unternehmen ehestens zu prüfen. Bestehen hierbei Zweifel in der Ausführbarkeit oder erkennt der AN auf Grund seiner Fachkenntnis Mängel in den Unterlagen, so hat dieser den AG unverzüglich zu warnen. Diese Prüf- und Warnpflicht hat ebenfalls Gültigkeit in der Beurteilung AG-seitiger Anweisungen, beigestellter Materialien und Vorleistungen durch den Bauherrn. Die Norm verweist dabei auf einen beschränkten Prüfungsumfang des AN, der wirtschaftlich vertretbar ist und nicht mit einem erheblichen Mehraufwand im finanziellen und technischen Sinne einhergeht. Jedoch ist die Baufirma angehalten, für jeweilige Mängel Verbesserungsvorschläge im Rahmen ihrer fachlichen Fähigkeiten zu erarbeiten.¹⁴⁰

Ein besonderes Merkmal der *ÖNORM B 2118* ist die allgemeine Empfehlung des *Value Engineering*. Diese Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern räumt der ausführenden Firma die Möglichkeit ein, dem Bauherrn Änderungsvorschläge, beispielsweise hinsichtlich eines ausgeschriebenen Bauverfahrens, nach Vertragsabschluss zu unterbreiten. Im Sinne einer partnerschaftlichen Projektabwicklung tut der AN daher gut daran, sein technisches *Know-how* und Innovationspotential in Form alternativer Ausführungsvorschläge für einen wirtschaftlichen Projekterfolg einzusetzen. Ein Leitfaden zum Umgang von Leistungsabweichungen infolge AN-seitiger Änderungsvorschläge gibt das Regelwerk in ihrem Anhang A. Festgehalten soll sein, dass eine mögliche Kostenersparnis angemessen unter den Partnern aufzuteilen ist (Empfehlung einer 50:50 Aufteilung).^{130,152}

Hinsichtlich der Abrechnung der Bauleistungen gibt die Norm Regelungen an, wie diese zu erfolgen hat. Die Grundzüge der Vorgangsweise in der Abrechnung wurden bereits im Punkt *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* des Kapitels 3.2.1 behandelt. Die *ÖNORM B 2118* beruft sich dabei zum einen auf die spezifischen Bestimmungen der Werkvertragsnormen der Reihe *B 22xx* und zum anderen existieren Abrechnungsmodalitäten für Gerätekosten, Fremd- und Regieleistungen sowie für Material und Betriebsstoffe in dem Regelwerk selbst. Wichtig ist überdies die *ÖNORM B 2061 – Preisermittlung für Bauleistungen*, die den Rahmen für die Kalkulation der Unternehmen darstellt (z.B. Zusammensetzung des Gesamtzuschlages) und somit auch eine maßgebend Rolle bei der Abrechnung spielt.¹³⁴

Mit Fertigstellung des Bauwerkes beginnt die Gewährleistungsfrist des AN. Die Baufirma gewährt im Allgemeinen innerhalb dieses Zeitraumes, dass deren durchgeführte Leistungen den vertraglich vereinbarten oder gewöhnlich vorausgesetzten Eigenschaften entsprechen. Gemäß der Norm beträgt diese Frist zwei Jahre für bewegliche Sachen und drei Jahre für unbewegliche. Treten

¹⁵¹Vgl. [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01, S. 39 ff.

¹⁵²Vgl. [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01, S. 46

Mängel während der Gewährleistung auf, bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten, diese zu beheben. Bei geringfügigen Mängeln bedient sich der AN des primären Gewährleistungsbehelfes, der eine Verbesserung oder den Austausch der mangelhaften Sache darstellt. Ist dies technisch unmöglich oder mit einem unverhältnismäßig großen wirtschaftlichen Aufwand verbunden, sieht der sekundäre Gewährleistungsbehelf vorerst eine Preisminderung vor oder bei schwerwiegenden Mängeln sogar die Wandlung (Aufhebung des Vertrages) in den ursprünglichen Zustand.^{134,153}

3.3 Die Werkvertragsnormen des Tunnelbaues

Die vertragsrechtlichen Besonderheiten des Tunnelbaues finden mit der *ÖNORM B 2203-1* [49] für den zyklischen und mit der *ÖNORM B 2203-2* [50] für den kontinuierlichen Vortrieb im ÖNORM-Modell Eingang. Es werden dabei die allgemein gehaltenen Bestimmungen für das Bauwesen der *ÖNORM B 2118* in diesen Werkvertragsnormen für den Tunnelbau ausgelegt und näher präzisiert.

Wurde die *ÖNORM B 2118* ausdrücklich zwischen dem AG und AN vereinbart, so sind die Werkvertragsnormen des Untertagebaues verpflichtend anzuwenden. Die beiden Regelwerke setzen sich wiederum aus einem Verfahrens- und Vertragsteil zusammen. Nur der letztere Teil ist dazu bestimmt, Vertragsbestandteil zu werden.

In den nachstehenden Unterabschnitten werden anfangs die einschlägigen Charakteristika beider Werkvertragsnormen erläutert. Anschließend werden wichtige Bestimmungen hinsichtlich der Ausschreibung und des Angebotes beschrieben, insbesondere welche spezifischen Positionen ins Tunnelbau-LV aufzunehmen sind. Besonderheiten der Tunnelbaunormen, einerseits für den AG und andererseits für den AN, bilden den Abschluss der folgenden Unterkapitel. In bestimmten Punkten wird aufgezeigt, wie die allgemeinen Bestimmungen der *ÖNORM B 2118* in den Werkvertragsnormen tunnelbauspezifisch umgesetzt werden.

3.3.1 Vertragliche Regelungen im zyklischen Tunnelbau – ÖNORM B 2203-1

Die noch aktuell gültige Fassung der *ÖNORM B 2203-1* wurde am 01.12.2001 veröffentlicht. Es existiert jedoch bereits ein Nachfolgeentwurf. Ein Entwurf vom 15.01.2022 zur neuen zyklischen Tunnelbaunorm liegt dem Autor bereits vor, weshalb sich die nachstehenden Ausführungen auf diesen Normenentwurf beziehen. Des Weiteren soll angemerkt sein, dass die Werkvertragsnorm des zyklischen Vortriebes mit jener des kontinuierlichen Vortriebes in etlichen Ausführungen sinngemäß identisch ist bzw. diese sich großteils überschneiden. Im Zuge der Erarbeitung der vorliegenden Diplomarbeit wurde die maschinelle Tunnelbaunorm der universellen vorgezogen, weshalb in den folgenden Erläuterungen des Öfteren auf die *ÖNORM B 2203-2* verwiesen wird.

3.3.1.1 Charakteristika der Norm

Die Werkvertragsnorm des zyklischen Vortriebes gleicht im Aufbau dem Regelwerk des kontinuierlichen Vortriebes. Im ersten Teil befinden sich die Bestimmungen für die Ausschreibung und das Angebot. Dem AG steht somit ein Leitfaden zur Erstellung einer sachgemäßen LB für das Tunnelbauprojekt im zyklischen Verfahren zur Verfügung und der AN wird durch gezielte Regelungen angehalten, ein dem Projekt entsprechendes Angebot abzugeben.

Die Vertragsbestimmungen sind im zweiten Teil der *ÖNORM B 2203-1* dargelegt. Es werden technische Ausführungsbestimmungen unter mehrmaligem Verweis auf einschlägige Richtlinien,

¹⁵³Vgl. [24] Heegemann, S. 55 f.

vorwiegend der *Österreichischen Bautechnikvereinigung (ÖBV)*, definiert und notwendige Abrechnungsregelungen erläutert. Ausgewählte, schlagende Charakteristika der Werkvertragsnorm werden nachstehend beschrieben.

Flexibles Vergütungsmodell

Wie nachfolgend in der ÖNORM des maschinellen Vortriebes, wird dem Risiko einer unsicheren Prognose der Baugrundverhältnisse ebenso mit einem flexiblen Vergütungsmodell für den universellen Vortrieb begegnet. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf einer fairen, angemessenen und leistungsgerechten Vergütung.¹⁵⁴

Als Grundlage des Modells fungiert die Vortriebsklassifizierung, die auf Basis der entsprechenden ÖGG-Richtlinie in der vorliegenden Norm geregelt wird. Die Vorgangsweise zur Ermittlung der Vortriebsklassen wurde bereits im Abschnitt 3.1.1 in prägnanter Weise dargelegt. Ein wesentlicher Aspekt im Zuge der geotechnischen Planung für den zyklischen Vortrieb und ein Grundstein zur Gewährleistung eines flexiblen Vergütungsmodells ist die Angabe der Untergrundprognose durch den Bauherrn. Die Norm schreibt vor, dass die Prognose durch die Angabe der repräsentativen Kennwerte und deren Bandbreiten zu erfolgen hat. Des Weiteren sind die prognostizierten Kennwerte örtlich zuzuordnen sowie längs über die Tunneltrasse zu verteilen. Beispielsweise sind nachfolgende Prognosen dabei in jedem Fall notwendig.¹⁵⁵

- Gebirgsarten, Systemverhalten sowie die Vortriebsklassen
- Wasserverhältnisse im Gebirge (Wasserführung, Art und Ort des Wasserzutritts mit zugehörigen Wasserspenden, Wasserdrücke, etc.) und Einfluss des Wassers auf Untergrund und Ausbau
- Ausmaß der Hohlraumverformungen, Verwendbarkeit des Ausbruchsmaterials, etc.

Die speziellen Merkmale des Modells in Bezug auf die Angebotslegung und die Bauausführung gelten in analoger Weise zum Vergütungsmodell des maschinellen Vortriebes und sind im Abschnitt 3.3.2.1 unter *Flexibles Vergütungsmodell* zu finden. Ebenso ist das ausführende Unternehmen durch die Anwendung des Vergütungsmodells der *ÖNORM B 2203-1* in der Lage, die jeweiligen Vortriebsleistungen je nach angetroffenen Untergrundverhältnissen flexibel den Positionen der geeigneten Vortriebsklasse zuzuordnen und folglich darin abzurechnen. Die Ausmaßfeststellung erfolgt in aller Regel nach Planmaß und unterliegt den Bestimmungen der *ÖNORM A 6403: Runden von Zahlen und Messergebnissen*. Die besonderen Abrechnungsregeln des universellen Vortriebes für den AN, wie der Abrechnung der Vortriebsleistungen oder der ZGK, finden im Abschnitt 3.3.1.4 eine Ergänzung.

Spezifika im Leistungsänderungsrecht

Die tunnelbauspezifische Adaption der „20%-Klausel“ der *ÖNORM B 2118* (siehe Abschnitt 3.2.1) für den zyklischen Vortrieb stellt sich gleichermaßen wie in der maschinellen Tunnelbaunorm dar. Deshalb wird an dieser Stelle lediglich auf die Ausführungen des Unterpunktes *Spezifika im Leistungsänderungsrecht* im Kapitel 3.3.2.1 verwiesen.

¹⁵⁴Vgl. [20] Goger, S. 30

¹⁵⁵Vgl. [49] ÖNORM B 2203-1: 2022-01-15, S. 9 f.

Tunnelbautechnischer Sachverständiger

Analog zur ÖNORM des kontinuierlichen Vortriebes, ist ein Charakteristikum der *ÖNORM B 2203-1* die Bestellung eines tunnelbautechnischen Sachverständigen (TSV) zum Zwecke der Beratung der Vertragspartner. Dieser Tunnelbauexperte kommt vorwiegend bei komplexen Untertagebauvorhaben mit dem Ziel einer raschen Entscheidungsfindung bei Uneinigkeiten zwischen dem Bauherrn und dem Unternehmen hinsichtlich der Vortriebsarbeiten zum Einsatz. Die Modalitäten bezüglich der Bestellung eines solchen Sachverständigen, die Vorgehensweise bei Meinungsverschiedenheiten und welche Aufgaben dieser übernimmt, gestaltet sich im engeren Sinne wie in der *ÖNORM B 2203-2* und kann dem Abschnitt 3.3.2.1 entnommen werden.

3.3.1.2 Bestimmungen für Ausschreibung und Angebot

Ergänzend zu den Bestimmungen der *ÖNORM B 2118* im Unterabschnitt 3.2.2, gibt die *ÖNORM B 2203-1* weitere fachspezifische Hinweise für die Ausschreibungserstellung durch den AG sowie für die Erarbeitung des Angebotes seitens des AN. Die kennzeichnenden Merkmale im Verfahren der Ausschreibung und des Angebotes werden nun nachfolgend erläutert.

Merkmale der Ausschreibung

Die definierten Hinweise zur Ausschreibungserstellung der zyklischen Tunnelbaunorm dienen dem Bauherrn als Leitlinie zur ganzheitlichen Erfassung und Beschreibung des Projektes und dessen Leistungen. Eine sorgfältig erstellte LB stellt somit die Basis für die Kalkulierbarkeit des Angebotes dar, gewährt die Vergleichbarkeit der Angebote untereinander und stärkt u.a. den fairen Wettbewerb. Darüber hinaus ist ein detailliertes und gut strukturiertes LV, als Teil der Ausschreibungsunterlagen, *die* Voraussetzung für eine angemessene Vergütung.

Die Norm gibt vor, dass der AG (mit seinen Erfüllungsgehilfen) in Ergänzung zu den Festlegungen der *ÖNORM B 2118* allgemeine Angaben sowie eine zweckdienliche Beschreibung des Untertagebauwerks in der Ausschreibung zu tätigen hat. Die Ausführungen der *ÖNORM B 2203-2* im Unterabschnitt 3.3.2.2 (siehe Unterpunkt *Merkmale der Ausschreibung*) hinsichtlich der charakteristischen Angaben zum Tunnelbauvorhaben und der allgemeinen Projektbeschreibung gelten sinngemäß auch für den universellen Vortrieb.

Eine zentrale Notwendigkeit für den Ausbruch eines Tunnels im zyklischen Verfahren ist die Angabe der Prognosen, die aus dem Baugrundmodell hervorgehen. Aussagen bezüglich der örtlichen Zuordnung, Verteilung entlang der Tunneltrasse und Angaben von Bandbreiten maßgebender Kennwerte für Gebirgsarten, Systemverhalten und Vortriebsklassen sind in der Ausschreibung in jedem Fall zu treffen. Inwiefern das Wasser Einfluss auf das Gebirge und den Ausbau ausübt, hat der AG gemäß der Norm in der Ausschreibung zu erarbeiten.¹⁵⁵

Ein wesentliches Hauptstück der Ausschreibung stellt die Leistungsbeschreibung (LB) dar, insbesondere das Tunnelbau-LV als deren Teil. Um die Leistungen des zyklischen Vortriebes in qualitativer sowie quantitativer Weise zu beschreiben, ist es erforderlich, im LV entsprechende Positionen für den Tunnelbau zu erstellen. Die *ÖNORM B 2203-1* legt daher fest, abgesehen von den ohnehin vorgeschriebenen Positionen der *ÖNORM B 2118* des Abschnittes 3.2.2, tunnelbauspezifische Positionen für folgende Leistungen im LV aufzunehmen:

Baustellengemeinkosten

Die *ÖNORM B 2203-1* verweist an der betreffenden Stelle nicht explizit auf Baustellengemeinkosten (BGK). Dennoch können der Auffassung des Autors nach nachstehende Kosten unter den BGK subsumiert werden:¹⁵⁶

¹⁵⁶Vgl. [49] ÖNORM B 2203-1: 2022-01-15, S. 10 f.

Einrichten und Räumen von Baustellen: Die Erläuterungen im Unterabschnitt 3.3.2.2 können ebenso für die einmaligen Kosten der Tunnelbaustelle eines zyklischen Vortriebes herangezogen werden.

Zeitgebundene Kosten der Baustelle: Für die Kostenbestandteile, die nicht direkt einer Leistungsposition zugeteilt werden können und im Allgemeinen mit der Zeit entstehen, können die Ausführungen an derselben Stelle des Kapitels 3.3.2.2 sinngemäß für den zyklischen Vortrieb verstanden werden. Die Grundlage für die zu ermittelnden Verrechnungseinheiten dieser Positionen ist wiederum das Bauzeitmodell. Im Verfahren des universellen Vortriebes werden vom Bieter in diesem Modell i.d.R. Festzeiten für die Baustelleneinrichtung und -räumung, variable Zeiten der Vortriebs- und Betonierarbeiten und Zeiten für voraussichtliche Vortriebsunterbrechungen, Erschwernisse, Sondermaßnahmen, etc. festgelegt. Die prognostizierten Zeiten des Vortriebes bzw. die voraussichtlichen Vortriebsgeschwindigkeiten (je Vortriebsklasse) sind dabei anhand des zeitbestimmenden Arbeitsvorganges (z.B. Vortriebszeit für den gesamten Querschnitt oder nur die Zeit für den Vortrieb der Kalotte) zu ermitteln. Ferner ergibt sich die Dauer für den Ausbruch über die vom AG vorgegebene Vortriebsklassenverteilung in Kombination mit den vom Bieter angebotenen Geschwindigkeiten zuzüglich etwaiger Vortriebsunterbrechungen, Stillliege-, Erschwerniszeiten und dergleichen. Wiederrum hat hier der AG die Möglichkeit, gewisse Vorgaben (minimale/maximale Dauer) bzgl. der Vortriebsdauer im Bauzeitmodell festzulegen.

Positionen für den Ausbruch

Die Norm sieht zur Erfassung der Ausbruchleistungen der Kalotte und der Strosse im LV folgende zwei Varianten vor:¹⁵⁷

Variante A: Die Ausschreibung einer Position für den Aufwand der Mineure (Lohn) und für weitere Kostenteile (Sonstiges), die direkt mit dem Ausbruch im Zusammenhang stehen, stellt die erste Variante dar. Unter den Kostenbestandteil Sonstiges ist generell der Aufwand für den Verschleiß und die Wartung der Vortriebsgeräte sowie der Anlagen zur Schutterung zu verstehen. Gemäß der Norm ist jeweils eine Position getrennt nach Vortriebsklassen mit der Einheit m^3 im Tunnelbau-LV vorzusehen. Empfohlen wird diese Variante für Projekte mit kürzeren Tunnelstrecken.

Variante B: Eine andere Möglichkeit besteht in der Erstellung einer Position für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft. Dieser Position sind zusätzlich jene zeitabhängigen Kosten zuzuordnen, die nicht Bestandteil der ZGK sind. Die vorherrschende Einheit bildet abermals die zuvor erwähnte Verrechnungseinheit. Die Ermittlung dieser Einheit erfolgt analog zur Vorgangsweise in den Positionen der ZGK. Des Weiteren ist eine Position je Abschlagslängenbereich (1. Ordnungszahl einer Vortriebsklasse - siehe Abschnitt 3.1.1) zur Vergütung der sonstigen leistungsabhängigen, jedoch zeitunabhängigen Kosten in m^3 zu erstellen.

Die soeben genannten Positionen werden schließlich für die Abrechnung und Vergütung der Teilvortriebe der Kalotte und Strosse herangezogen. Die Erfassung des Vortriebes der Sohle erfolgt in einer eigenen Position mit der Einheit m^3 Ausbruch oder Meter Sohle. Die Leistungen des Schutterungsprozesses, das Laden, Wegschaffen und Deponieren sowie ggf. die Wiederverwendung des Ausbruchsmaterials, wird lt. der *ÖNORM B 2203-1* in eigenständigen Positionen erfasst.

Ein wesentliches Merkmal der Ausschreibung ist die Darstellung definierter Ausbruchprofile des Tunnelquerschnittes durch den AG. Beispielhaft ist ein solches Ausbruchprofil in der Abb. 3.6 auf Seite 88 ersichtlich. Dabei ist zu erkennen, dass der Ausschreibende die Grenzfläche A anzugeben

¹⁵⁷Vgl. [49] ÖNORM B 2203-1: 2022-01-15, S. 15 ff.

hat. Eine Regelung der Norm besagt, dass der Mehrausbruch hohlraumseitig bis zu dieser Grenzfläche bereits mit den Ausbruchpositionen der oben genannten Varianten abgedeckt ist. Kommt es unter Umständen zu größeren Ausbrüchen über die Grenzfläche A hinaus, so sind eigene Positionen für das Schuttern des Mehrausbruches, unabhängig von der Vortriebsklassifizierung, ins LV aufzunehmen.

Erschwernisse

Ein erschwerter Vortrieb wird explizit nur für Wassererschwernisse im neuen Entwurf der *ÖNORM B 2203-1* geregelt. Die Berücksichtigung des zusätzlichen Zeitaufwandes zur Beherrschung eines Bergwasserandranges erfolgt über Zusatzzeiten für den Vortrieb im Bauzeitmodell. Das Modell zur Berechnung dieser Zusatzzeiten gestaltet sich gleichermaßen wie in der ersten Variante der Wassererschwernisse der *ÖNORM B 2203-2*, welches unter dem Punkt *Erschwernisse* im Abschnitt 3.3.2.2 nachgelesen werden kann. Im Falle einer Überschreitung der oberen Grenzwassermenge, wird das Erschwernis als Vortriebsunterbrechung aufgefasst.

Weitere Positionen für bestimmte Leistungen

Die zur Ausbruchssicherung verwendeten Stützmittel (Anker, Tunnelbögen, Spritzbeton, usw.) werden, unabhängig von den Vortriebsklassen, in eigenen Positionen erfasst. Für eine allfällige Sicherung des Ausbruches außerhalb der vorgegebenen Vortriebsbereiche hält die Norm fest, dass entsprechende Aufzählungspositionen für die Stützmittel vorzusehen sind. Zudem ist aus der Abb. 3.6 auf Seite 88 abzuleiten, dass der Auftrag einer Spritzbetonsicherung hohlraumseitig bis zur Grenzfläche A bzw. B mit der Regelposition der Stützmaßnahme bereits abgegolten ist. Zum Zwecke des Auffüllens eines jeweiligen Mehrausbruches mit Spritzbeton bergseitig über diese Grenzflächen hinaus, sind eigene Positionen im LV aufzunehmen. Besondere Umstände im Untergrund bedingen u.a. den Einsatz von vorauseilenden Sicherungsmaßnahmen, wie beispielsweise den Einsatz von Rohrschirmen, einer Bodenvereisung oder des Düsenstrahlverfahrens. Solche Maßnahmen werden als Sondermaßnahmen bezeichnet und können i.d.R. nicht mit den Geräten des Regelvortriebes ausgeführt werden. Es werden dafür Spezialgeräte benötigt. Die *ÖNORM B 2203-1* sieht daher die Erstellung von gesonderten Positionen für die prognostizierten Sondermaßnahmen vor. Es sind Positionen für das Einrichten, Vorhalten und die Räumung der Geräte sowie für die Durchführung der Leistung selbst vorzusehen.¹⁵⁸

Merkmale der Angebotserstellung

Nachdem die Ausschreibung des Tunnelbauprojektes erfolgt ist, ermitteln interessierte, grundsätzlich geeignete Baufirmen ihr Angebot auf Grundlage der veröffentlichten Unterlagen. Die *ÖNORM B 2203-1* definiert dazu einige wichtige Bestimmungen, die dabei zu beachten sind. Nachstehend wird auf die einschlägigen Merkmale der Angebotserstellung eingegangen.

Die Bieter sind durch die *ÖNORM B 2203-1* angehalten, die Vortriebsgeschwindigkeiten infolge ihres geplanten Ausbruchverfahren auf Basis der prognostizierten Vortriebsklassen und deren Verteilung im Bauzeitmodell anzugeben. Analog zum Modell der *ÖNORM B 2203-2* finden diese angebotenen Geschwindigkeiten durch den EHP oder in Form der Verrechnungseinheiten der jeweiligen Ausbruchs- und ZGK-Positionen im Tunnelbau-LV Eingang. Dem Verfasser ist es wichtig hervorzuheben, dass die Bieter-seitige Angabe ihrer Vortriebsgeschwindigkeiten nur aufgrund des ausgeschriebenen Baugrundmodells mit den voraussichtlichen Systemverhalten unter Bekanntgabe allfälliger Erschwernisse erfolgen kann. Zusätzlich zur Ermittlung der Vortriebsgeschwindigkeiten hat das ausführende Unternehmen gemäß der Norm weitere Angaben bzgl. diverser Festzeiten (beispielsweise für die Baustelleneinrichtung und -räumung), Zeiten für

¹⁵⁸Vgl. [49] *ÖNORM B 2203-1*: 2022-01-15, S. 21 ff.

prognostizierte(s) Vortriebsunterbrechungen, -stilliegen und/oder hinsichtlich des Zeitaufwandes für jeweilige Sondermaßnahmen zu tätigen.¹⁵⁶

Die Kalkulation der Ausbruchsleistungen stellt ein weiteres Merkmal im Zuge der Angebotslegung dar. In der Abb. 3.6 ist ein musterhaftes Ausbruchsprofil eines universellen Vortriebes dargestellt. Bestimmte Begriffe der nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf diese Abbildung. Um den Radius des lichten Profils (R) im Endzustand einhalten zu können, wird vom Ausschreibenden eine Vorhersage bezüglich eintretender Gebirgsverformung infolge des Ausbruches getroffen. Diese voraussichtliche Verformung der Tunnellaubung erfolgt durch die Angabe des Übermaßes (\ddot{u}_m), die der Bieter in seiner Kalkulation der Ausbruchsleistungen zu berücksichtigen hat. Darüber hinaus wird durch die Angabe von \ddot{u}_p die Grenzfläche A definiert, innerhalb derer ein entsprechender Mehrausbruch beinhaltet ist. In den Regelpositionen der Ausbruchsleistungen sind somit vom Bieter die Aufwendungen für diesen gewissen Mehrausbruch im EHP mit einzurechnen, insbesondere das Schüttern des zusätzlichen Ausbruchsmaterials sowie das Auffüllen mittels Spritzbeton.¹⁵⁷

Die Erläuterungen der *ÖNORM B 2203-2* in Bezug auf allenfalls notwendige Nebenleistungen und zur Ausführung zwingend erforderlichem Material treffen in gleichem Maße bei der Anwendung der zyklischen Tunnelbaunorm zu. Demzufolge wird an dieser Stelle auf die Erläuterungen des letzten Absatzes im Unterabschnitt 3.3.2.2 (*Merkmale der Angebotserstellung*) verwiesen.

3.3.1.3 Besonderheiten für den AG

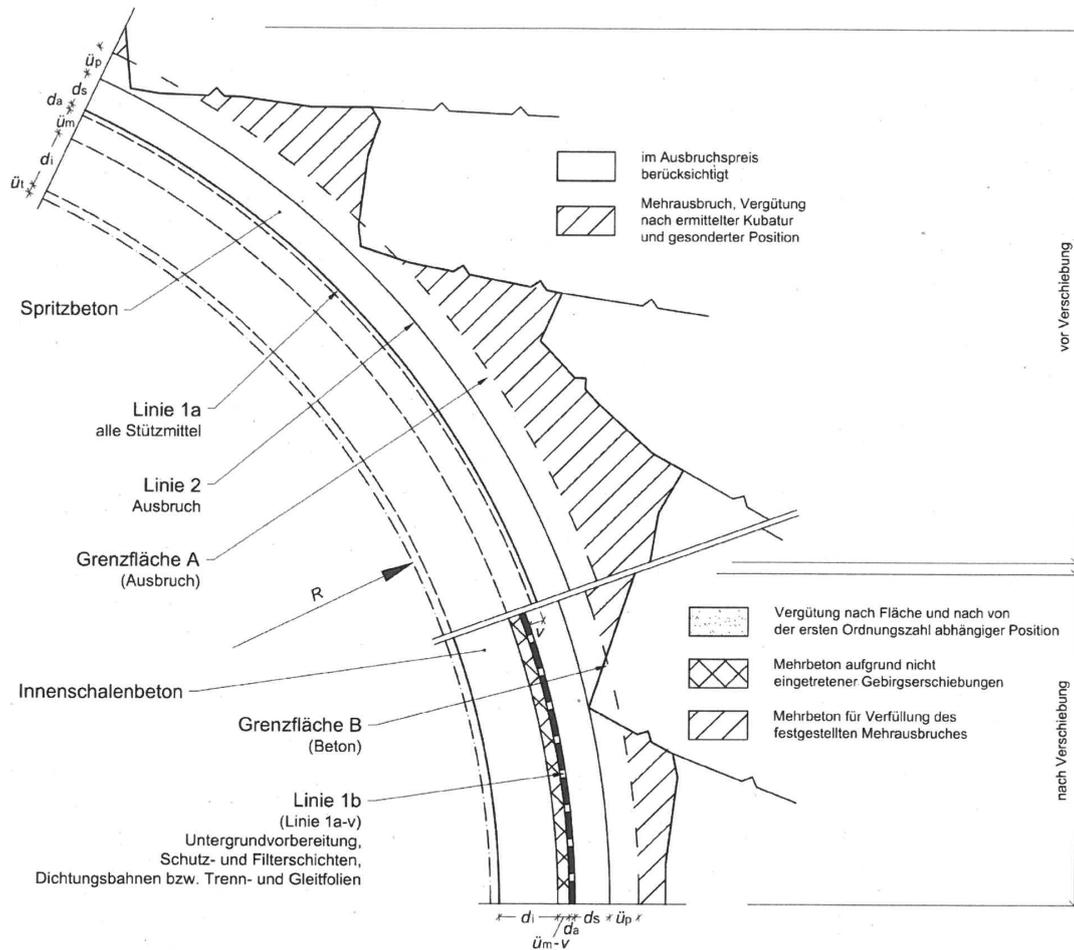
Die Bestimmungen der *ÖNORM B 2203-1* [49] in Verbindung mit der *Richtlinie für die geotechnische Planung* der *ÖGG* [42] zielen darauf ab, dass dem Bauherrn mit seinen Ingenieuren sämtliche Planungsleistungen (inkl. Ausführungsplanung) des Tunnelbauprojektes obliegen. Beruhend auf dem Untergrundmodell und der vorangehenden Analyse des Gebirgs- und Systemverhaltens stellt die Ermittlung der Vortriebsklassen und deren Verteilung entlang der Tunneltrasse das Ergebnis der geotechnischen Planung dar. Wesentlich ist dabei die Angabe von maßgebenden Gebirgscharakteristika der prognostizierten Homogenbereiche.

Analog zur maschinellen Tunnelbaunorm ist aus den Hinweisen der *ÖNORM B 2203-1* zur Ausschreibung abzuleiten, dass der AG die Tunnelbau-LB in konstruktiver Art zu gestalten hat. Die Vorschrift in der Erstellung tunnelbauspezifischer Positionen im LV (siehe Abschnitt 3.3.1.2) bestärkt diesen Umstand und nach Meinung des Autors wird darauf abgezielt, den Vertrag für das Untertagebauwerk großteils in Form eines EHP-Vertrages zu verwirklichen. Diese Vertragsform und die AG-seitige Planungsleistung legen somit fest, dass das Projekt gemäß der *ÖNORM B 2203-1* in Form eines GU abgewickelt wird (siehe Tab. 2.4 auf Seite 48).

Die Besonderheiten für den AG in der Bauausführung mit einer TVM können sinngemäß für den zyklischen Tunnelvortrieb verstanden und somit dem letzten Absatz des Unterabschnittes 3.3.2.3 entnommen werden.

3.3.1.4 Besonderheiten für den AN

Ein wichtiger Aspekt im Zuge der Angebotserstellung für die Bieter ist das Erfordernis des sorgfältigen Studiums der Ausschreibungsunterlagen. Aus dem Unterabschnitt 3.3.1.2 geht hervor, dass die *ÖNORM B 2203-1* für gewisse Positionen klar festlegt, welche Leistungen in diesen tunnelbauspezifischen Positionen beinhaltet sind. So werden beispielsweise die Ausbruchsleistungen und Stützmaßnahmen direkt Positionen zugeordnet, wohingegen für manche andere Leistungen, wie z.B. der Mehrausbruch bzw. Spritzbetonauffüllungen hohlraumseitig bis zur Grenzfläche A bzw. B (siehe Abb. 3.6) oder definierte Nebenleistungen, Umlagen auf entsprechende Positionen

**Legende:**

- R Radien des lichten Profils (Minimalprofil); vom AG vorgegeben
 d_a plangemäße Dicke der Maßnahmen für die Untergrundvorbereitung, Schutz- und Filterschichten, Dichtungsbahnen bzw. Trenn- und Gleitfolien
 d_i plangemäße Dicke der Innenschale
 d_s festgelegte Dicke des Spritzbetons als Stützmaßnahme
 \ddot{u}_p Maß zur Definition der Grenzfläche; vom AG vorgegeben
 \ddot{u}_m festgelegtes Übermaß
 v eingetretene Gebirgsverschiebungen
 \ddot{u}_t in der Ausschreibung vorgegebenes Vorhaltemaß, welches in der Planung berücksichtigt wird (siehe ÖBV-RL Innenschalenbeton)

Abb. 3.6: Musterprofil eines zyklischen Vortriebes (vor und nach der Gebirgsverformung) (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [49, S. 17])

gebildet werden müssen. Es ist somit essentiell für die Bieter, das Vergütungsmodell in klarer Weise zu begreifen, sodass diese in der Lage sind, ein sachgerechtes Angebot abliefern zu können.

Aus den Bestimmungen der *ÖNORM B 2203-1* ist nicht abzuleiten, welcher Vertragspartner die Wahl des geeigneten zyklischen Vortriebsverfahrens (Sprengvortrieb, Tunnelbagger, TSM, etc.) trifft. Jedoch legt die Richtlinie für den zyklischen Vortrieb der *ÖGG* nahe, dass im Zuge der Erstellung des tunnelbautechnischen Konzeptes (siehe Abschnitt 3.1.1) der AG geeignete Lösemethoden für einen jeweiligen Vortriebsbereich anzugeben hat. In diesen Bereichen hat der Bauherr jedenfalls zu unterscheiden, ob der Hohlraum mit einem Sprengvortrieb oder einem Bagger bzw. einer TSM aufgeföhren werden kann. Die letztendliche Wahl des geeignetsten Ausbruchverfahrens trifft, gemäß den Schlussfolgerungen des Verfassers, somit das ausführende Unternehmen aufgrund des vorgegebenen Rahmens des AG.

Die angeführten Bestimmungen der maschinellen Werkvertragsnorm für AN bzgl. der Bau-durchführung finden ebenso Gültigkeit im zyklischen Vortrieb, weshalb an dieser Stelle auf den entsprechenden Absatz im Unterabschnitt 3.3.2.4 verwiesen sei.

Die Abrechnungsmodalitäten für ausführende Unternehmen ergeben sich bereits aus den Inhalten der Abschnitte 3.3.1.1 (*Flexibles Vergütungsmodell*) und 3.3.1.2 (*Merkmale der Ausschreibung*). Die wesentlichste Eigenschaft des charakteristischen Vergütungsmodells liegt in der flexiblen Zuordnung der ausgeführten Vortriebsleistungen in die vertragliche Vortriebsklassenmatrix. Die Baufirmen legen somit der Abrechnung der Leistungen des Ausbruches die angetroffene Verteilung der Vortriebsklassen mit den vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten zugrunde. Die Ermittlung der Verrechnungseinheiten der ZGK-Positionen beruht ebenfalls auf dieser Vorgangsweise, wobei zusätzlich etwaige Vortriebsunterbrechungen, anerkannte Stilliegezeiten oder sonstige Festzeiten mitberücksichtigt werden.¹⁵⁹

Liegen Umstände vor, in denen allfällige Vortriebsleistungen (Vortriebsgeschwindigkeiten) den Regelpositionen der ausgeschriebenen Vortriebsklassen nicht zugeordnet werden können, so werden solche Umstände als Vortriebsunterbrechungen bezeichnet. Beispielsweise kann das Überschreiten wesentlicher, vom AG festgelegter Gebirgskennwerte (z.B. einaxiale Druckfestigkeit) und infolgedessen der erhöhte Einsatz von Stützmitteln zum Vorliegen einer Vortriebsunterbrechung führen. Die Norm legt hierbei fest, dass die Lohnkosten der Mineure und zusätzliche, mengenabhängige Kosten (Sonstiges) über die Dauer der Vortriebsunterbrechung in den bestehenden Positionen vergütet werden. Dies gilt nur, sofern jene Kosten nicht schon durch anderen Positionen gedeckt werden. Überdies definiert die *ÖNORM B 2203-1* klare Regeln zur Abrechnung der Stützmaßnahmen.¹⁵⁹

3.3.2 Vertragliche Regelungen im kontinuierlichen Tunnelbau – *ÖNORM B 2203-2*

Die aktuelle Fassung der *ÖNORM B 2203-2* in ihrer Erstausgabe ist seit 01.01.2005 gültig und regelt erstmals in einer eigenen Norm die vertragsrechtlichen Aspekte des maschinellen Tunnelbaues. Zuvor war der gesamte Tunnelbau (zyklischer und maschineller Vortrieb) in einer gemeinsamen Norm geregelt. Wie auch die Tunnelbaunorm des zyklischen Vortriebes, befindet sich ebenso diese Werkvertragsnorm derzeit in Überarbeitung. Ein Entwurf vom 15.01.2022 liegt dem Verfasser zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Diplomarbeit bereits vor und wird daher für den nachfolgenden Inhalt herangezogen.

3.3.2.1 Charakteristika der Norm

Im ersten Teil der Werkvertragsnorm sind die Bestimmungen hinsichtlich des Verfahrens der Ausschreibung und des Angebotes zu finden. Gezielte Hinweise sollen dem AG dienen, eine

¹⁵⁹Vgl. [49] *ÖNORM B 2203-1*: 2022-01-15, S. 29 ff.

schlüssige und konsistente LB für den maschinellen Tunnelvortrieb zu erstellen. Spezielle Bestimmungen für den AN sind dazu bestimmt, ein sachgemäßes Angebot abliefern zu können. Die genauen Bestimmungen für die Ausschreibung und das Angebot werden im Unterabschnitt 3.3.2.2 beschrieben.

Der zweite Teil des Regelwerkes stellt die Vertragsbestimmungen dar. Zu finden sind in diesem Abschnitt zum Teil technische Ausführungsbestimmungen und die erforderlichen Abrechnungsregeln. Für eine detaillierte Ausführungsanleitung verweist jedoch die Norm des Öfteren auf die Richtlinien der *ÖBV*, wie dies zum Beispiel für Spritzbetonarbeiten oder der Ausführung der Innenschale der Fall ist. Einige einschlägige Charakteristika der *ÖNORM B 2203-2* werden nachfolgend erläutert.

Flexibles Vergütungsmodell

Um der Unsicherheit der Baugrundprognose Rechnung zu tragen, wird vertraglich durch die maschinelle Tunnelbaunorm ein flexibles Vergütungsmodell vereinbart. Dieses Modell verfolgt das Ziel, eine faire, angemessene und leistungsgerechte Vergütung sicherzustellen.¹⁵⁴

Die Grundlage des Vergütungsmodells ist die Vortriebsklassifizierung. Die Ermittlung von Vortriebsklassen wird auf Basis der betreffenden Richtlinie der *ÖGG* in der Norm selbst geregelt (siehe dazu Abschnitt 3.1.2). Dabei unterscheidet das Dokument Vortriebsklassen nach TVM-Typen und Stützmaßnahmen, nicht jedoch nach Locker- oder Festgestein. Als Grundlage eines soliden Vergütungsmodells sind erforderliche Prognosen durch den AG örtlich zuzuordnen, über die Tunnelbaustrecke zu verteilen und mit repräsentativen Kennwerten inkl. Bandbreiten zu versehen. Demonstrativ sind folgende Prognosen dazu erforderlich:¹⁶⁰

- Gesteinsarten, Gebirgs- und Systemverhalten sowie die Vortriebsklassen
- Regel-, Sondervortriebe und Ereignisbewältigungen
- Wasserverhältnisse im Gebirge (Wasserführung, Art und Ort des Wasserzutritts mit zugehörigen Wasserspenden, Wasserdrücke, etc.) und Einfluss des Wassers auf Untergrund und Ausbau

Infolge der Angebotslegung kalkulieren die Unternehmen sodann im beiliegenden Bauzeitmodell¹⁶¹ ihre Vortriebsgeschwindigkeiten je Vortriebsklasse aufgrund der ausgeschriebenen Vortriebsklassifizierung, den zugehörigen Bandbreiten und ihrer Verteilung. Die angebotenen Vortriebsgeschwindigkeiten schlagen sich durch den Einheitspreis (EHP) oder durch die veranschlagten Mengen (siehe Positionen für den Ausbruch im Abschnitt 3.3.2.2) in den Ausbruchpositionen der jeweiligen Vortriebsklasse nieder.

Im Zuge der Ausführung sind die die Vortriebsklassen bestimmenden Parameter durch geotechnische Messungen zu erfassen und auszuwerten. Die Festlegung sämtlicher Maßnahmen (Regel-, Sonder- und Zusatzmaßnahmen) für den Vortrieb erfolgt vor dem Ausbruchvorgang aufgrund dieser Auswertung und vorhandener Erfahrungswerte im Einklang mit den im Vertrag festgelegten Kriterien. Die Norm schreibt hier vor, dass dies im Einvernehmen mit beiden Vertragspartnern zu erfolgen hat.¹⁶²

In der Baudurchführung ist das ausführende Unternehmen daher in der Lage, den jeweiligen Vortrieb in der vertraglich vereinbarten Vortriebsklassenmatrix einzuordnen und die Leistung flexibel, je nach angetroffenen Untergrundverhältnissen und festgelegten Maßnahmen, in der

¹⁶⁰Vgl. [50] *ÖNORM B 2203-2: 2022-01-15*, S. 12 f.

¹⁶¹Das Bauzeitmodell wird unter dem Punkt *Zeitgebundene Kosten der Baustelle* des Abschnittes 3.3.2.2 in kurzer Weise erläutert.

¹⁶²Vgl. [50] *ÖNORM B 2203-2: 2022-01-15*, S. 36 ff.

Position der entsprechenden Vortriebsklasse abzurechnen. Grundlage der Abrechnung ist die Ausmaßfeststellung. Die *ÖNORM B 2203-2* gibt an, dass die Feststellung des Umfanges der ausgeführten Leistungen generell nach Planmaß zu erfolgen hat (z.B. nach fortgeschriebenen Ausführungsplänen). Ist dies nicht möglich, so werden Naturmaße herangezogen. Die Aufmaße (geometrische Maße, Massen, Zeit, etc.) sind in festgelegten Einheiten anzugeben und gemäß *ÖNORM A 6403: Runden von Zahlen und Messergebnissen* zu runden. Welche weiteren spezifischen Abrechnungsregeln der AN zu befolgen hat, wird im Unterabschnitt 3.3.2.4 ergänzt.¹⁶³

Spezifika im Leistungsänderungsrecht

Ein besonderes Merkmal der *ÖNORM B 2203-2* sind die abweichenden Bestimmungen im Leistungsänderungsrecht. Im Abschnitt 3.2.1 ist die Regelung der „20 %-Klausel“ der *ÖNORM B 2118* dargelegt. Diese Bestimmungen bzgl. der Änderungen von Preisen infolge einer bloßen Mengenänderung werden in der Werkvertragsnorm dem maschinellen Tunnelbau entsprechend angepasst. Im Falle einer Überschreitung der Menge einer Position um mehr als 100 % oder Unterschreitung um mehr als 50 % ist ein Vertragspartner berechtigt, einen neuen EHP für die tatsächlichen Mengen der betroffenen Positionen zu verlangen. Darüber hinaus kann ein neuer Gesamtpreis einer Gruppe von Positionen gleicher Art und Preisbildung (Kalkulation) verhandelt werden, sofern eine Mengenänderungen dieser Gruppe von mehr als 20 % festgestellt wurde. Solche Gruppen können Ausbruchpositionen oder Positionen für Spritzbeton darstellen. Der Grundsatz, der aus den Prinzipien der *ÖNORM B 2118* hervorgeht, bleibt jedoch bestehen: „Guter Preis bleibt guter und schlechter Preis bleibt schlechter!“ Somit sind die Anpassungen der neuen Einheitspreise auf Grundlage der Preisbasis des Vertrages (u.a. der ursprünglichen Preiskomponenten) sowie auf Basis von Mengen- und Leistungsansätzen vergleichbarer Positionen durchzuführen.¹⁶²

Tunnelbautechnischer Sachverständiger

Eine Besonderheit der *ÖNORM B 2203-2* ist die Bestellung eines tunnelbautechnischen Sachverständigen (TSV) zum Zwecke der Beratung der Vertragspartner. Vor allem bei schwierigen Projekten stellen sich oftmals Meinungsverschiedenheiten zwischen dem AG und dem Unternehmen im Hinblick auf die Vortriebsarbeiten ein. Damit diese Differenzen nicht in unüberwindbare Streitigkeiten münden, wird einvernehmlich ein Sachverständiger basierend auf einen Vorschlag des AG herangezogen. Durch seine langjährige, einschlägige Erfahrung gibt der Fachexperte eine Stellungnahme zu jeweiligen Diskussionspunkten ab. Auf Grundlage dieser Expertise kann der AG die weitere Vorgehensweise des Vortriebes (Festlegung der Maßnahmen) bei Meinungsverschiedenheiten festlegen. Die Aufgaben eines TSV sind folgende:¹⁶⁴

1. geo- und tunnelbautechnische Beratung zur raschen Entscheidungsfindung (v.a. bei setzungsempfindlichen, oberflächennahen Tunneln)
2. tw. sachverständige Vertretung gegenüber Dritten in Fragen des Vortriebes und Ausbaus
3. Schlichtung bei technischen Meinungsverschiedenheiten

3.3.2.2 Bestimmungen für Ausschreibung und Angebot

Neben den allgemein gültigen Hinweisen der *ÖNORM B 2118* im Unterabschnitt 3.2.2, definiert die *ÖNORM B 2203-2* weitere tunnelbauspezifische Bestimmungen zur Erarbeitung der Aus-

¹⁶³Vgl. [50] *ÖNORM B 2203-2*: 2022-01-15, S. 41 ff.

¹⁶⁴Vgl. [50] *ÖNORM B 2203-2*: 2022-01-15, S. 35 f.

schreibung durch den AG sowie zur Angebotserstellung des AN. Die Spezifika im Verfahren der Ausschreibung und des Angebotes werden nun nachstehend dargelegt.

Merkmale der Ausschreibung

Die Hinweise zur Ausschreibung der *ÖNORM B 2203-2* sollen den AG dazu dienen, das Projekt und dessen Leistungen ganzheitlich zu erfassen und zu beschreiben. Abgezielt wird auf eine solide LB, sodass den Bietern eine entsprechende Grundlage für ihre Angebotskalkulation zu Verfügung steht und ein fairer Wettbewerb angestrebt werden kann. Zudem bilden die sorgfältig erstellten Ausschreibungsunterlagen, insbesondere das LV, die Voraussetzung für eine angemessene Leistungsvergütung.

Im Zuge der Ausschreibung legt die Norm fest, dass das mit der Ausschreibung befasste Organ ergänzend zu den Ausführungen der *ÖNORM B 2118* charakteristische Angaben für ein Untertagebauwerk im maschinellen Vortrieb zu tätigen hat. Solche Angaben beziehen sich auf allgemeine Umstände des Projektes, wie Ausweisung von Schutzzonen (z.B. Quellschutzgebiet), Erhaltung von Erschließungswegen, Behandlung des Ausbruchsmaterials sowie tunnelbautechnische Informationen zum Vortrieb (relevante Abmessungen, Länge des TVM-Vortriebes, Maßtoleranzen, usw.). Eine allgemeine Projektbeschreibung legt die Randbedingungen des Vorhabens fest, indem neben anderem die Angriffsstellen für den Tunnel und notwendige Bereiche der Maschine (Anfahrt, Montage, Demontage) definiert, die Baustelleneinteilung (Baulose mit Schnittstellen und Grenzen) aufgezeigt und Vorgaben bzgl. Terminen und des Bauablaufes sowie des Bauzeitmodells gemacht werden.¹⁶⁰

Essentiell für das Auffahren eines Tunnels mit einer TVM ist die Ausschreibung der Prognosen, die sich aus der geotechnischen Planung ergeben. In jedem Fall sind Angaben betreffend örtliche Zuordnung, Verteilung und Bandbreiten für Gebirgsarten, Systemverhalten sowie Vortriebsklassen zu machen. Darüber hinaus sind aus der LB Vorhersagen u.a. im Hinblick auf mögliche Erschwernisse in Form der Sondervortriebe und Ereignisbewältigung, auf die Hydrologie des Untergrundes und den Einfluss des Wassers hervorzugehen. Obwohl die Baufirma im Zuge ihrer Angebotslegung die letztendliche Wahl des passenden Vortriebsgeräts trifft, schreibt die Norm vor, dass der Bauherr schon in der Ausschreibung Mindestanforderungen an das Vortriebssystem zu veröffentlichen hat. Hier ein paar beispielhafte Anforderungen:¹⁶⁰

- Art der TVM und ggf. erforderliche Ortsbruststützung
- Nominale(r) Bohrdurchmesser und Mindestkurvenradien
- Maßtoleranzen in Bezug auf Abweichung von der Tunnelachse (Lage und Höhe)
- Vorgaben für den Ausbau (Stützmittel, Tübbing, usw.)
- Ausstattung zur Gebirgserkundung

Ein Kernstück der Ausschreibung bildet die Leistungsbeschreibung (LB). Für eine kompetente LB ist die Erstellung eines LV mit eigens für den Tunnelbau erforderlichen Positionen unumgänglich. Die *ÖNORM B 2203-2* schreibt daher vor, neben den Positionen der *ÖNORM B 2118* (siehe Abschnitt 3.2.2), fachspezifische Positionen für nachfolgende Leistungen im Tunnelbau-LV aufzunehmen:

Baustellengemeinkosten

Der neue Entwurf der *ÖNORM B 2203-2* greift den Begriff der Baustellengemeinkosten (BGK) zwar nicht auf, jedoch sind dem Autor nach folgende Kosten den BGK unterzuordnen:¹⁶⁵

¹⁶⁵Vgl. [50] *ÖNORM B 2203-2*: 2022-01-15, S. 14 ff.

Einrichten und Räumen von Baustellen: Die Norm verweist hier explizit auf eigene Positionen für die einmaligen Kosten des Einrichtens und Räumens der Tunnelbaustelle. Zusätzlich zu den ohnehin allgemein aufzunehmenden Positionen, die i.d.R. Pauschalpositionen darstellen, sind separate Positionen für z.B. das Baubüro, sämtliche Erschließungswege der Baustelle (Baustellenzufahrt, Baustraßen) oder für Maßnahmen resultierend aus dem SiGe-Plan oder Brandschutz eigens auszuweisen.

Einmalige Kosten der Vortriebssysteme: Zum Zwecke einer sachgerechten Kalkulierbarkeit und der zeitgerechten Vergütung eines erheblichen Kostenanteils des Tunnelbauprojektes, nämlich der TVM, sind die einmaligen Aufwendungen für das Gerät in einer eigenen Position auszuschreiben. Die Kalkulation dieser Position beinhaltet u.a. Kosten für die Planung, Konstruktion, Herstellung sowie den Antransport und die Montage des Gerätes. Des Weiteren sind zusätzliche Einrichtungen für den reibungslosen Betrieb der Maschine (Ver-, Entsorgungssysteme, Einrichtungen für Zusatzmaßnahmen) und Kosten für das Datenmanagement und der Finanzierung mit einzurechnen. Damit die Baufirma nicht erhebliche Finanzierungskosten (Zinsen für die Anschaffung der TVM) vorzustrecken hat, schlägt die Norm einen Zahlungsplan für diese Position vor. Dieser legt fest, dass insgesamt 90% der einmaligen Kosten des Vortriebgerätes noch vor Vortriebsbeginn zu vergüten sind. In weiterer Folge ist bei geplantem Tübbingausbau für die Produktion und Lagerung der Betonschalen ebenfalls eine eigene Position vorzusehen.

Zeitgebundene Kosten der Baustelle: Für Kostenbestandteile, die nicht direkt einer Leistungsposition zugeordnet werden können aber grundsätzlich mit der Zeit entstehen, sind im LV eigene Positionen vorzusehen. Jene ZGK können Personalkosten für unproduktives Personal (Polier, Bauleiter, etc.), Kosten für Geräte der Baustelle oder für Hilfsmaterialien und Betriebsstoffe sowie sonstige zeitgebundene Kosten (z.B. Mannschaftsunterkünfte, Kantine, Stromkosten für Beleuchtung und Bewetterung) darstellen. Die Gliederung der erforderlichen Positionen hat dem Bauablauf zu folgen. Zur Ermittlung der den ZGK zugrundeliegenden Zeiten wird das Bauzeitmodell herangezogen. Durch dieses Modell werden Festzeiten für die Baustelleneinrichtung und -räumung, variable Zeiten der Vortriebs- und Betonierarbeiten und Zeiten für allfällige Sondervortriebe, Ereignisbewältigungen, Stilliegezeiten, usw. vom Bieter selbst festgelegt. Dabei kann jedoch der AG Vorgaben (minimale/maximale Dauer) für bestimmte Zeiten definieren. Ein besonderes Merkmal der ZGK-Positionen für den Vortrieb ist der Umstand, dass diesen Positionen nicht eine reine Zeiteinheit (Kalendertage, Monate), sondern eine Verrechnungseinheit auf Basis der prognostizierten Vortriebsdauer zugrunde liegt. Diese voraussichtliche Dauer des Ausbruches lässt sich über die ausgeschriebene Vortriebsklassenverteilung und die vom Bieter angegebenen Vortriebsgeschwindigkeiten (je Vortriebsklasse) inkl. die Zeiten für Sondervortriebe, Ereignisbewältigungen, Erschwernisse und dergleichen ermitteln. Für etwaige Stilliegezeiten, wie z.B. den Abgang am Barbaratag¹⁶⁶, sind gesonderte Positionen im LV auszuschreiben.

Positionen für den Ausbruch

Bezüglich der Kosten, die hauptsächlich durch die Ausführung der Ausbruchleistungen entstehen, gibt es zwei Möglichkeiten, diese im Tunnelbau-LV zu berücksichtigen:¹⁶⁷

Variante A: Bei dieser Variante wird eine Position für den Einsatz der Vortriebsmannschaft (Lohn) und für weitere Kostenteile (Sonstiges), die durch den Ausbruch anfallen, im LV

¹⁶⁶Die Hl. Barbara ist die Schutzpatronin der Bergleute. Gedenkt wird ihr am 4. Dezember. An diesem Tag ist es Brauch in Österreich, sämtliche Bergbauarbeiten ruhen zu lassen.

¹⁶⁷Vgl. [50] ÖNORM B 2203-2: 2022-01-15, S. 23 f.

vorgesehen. Beispielsweise kann unter dem letztgenannten Kostenteil der Aufwand für Verschleiß und Wartung der Tunnelbaugeräte oder auch für Systeme der Ausbruchsmaterialförderung subsumiert werden. Die Norm schreibt bei diesem Modell vor, für jede Vortriebsklasse jeweils eine Position vorzusehen und diese mit der Einheit Meter auszu-schreiben.

Variante B: Hier besteht die Möglichkeit in der Erstellung einer Position für die Lohnkosten je Vortriebsabschnitt. In dieser Position sind zusätzlich jene zeitabhängigen Kosten einzugliedern, die nicht Bestandteil der ZGK sind. Wiederrum ist hier die bestimmende Einheit die Verrechnungseinheit. Die Ermittlung einer Einheit erfolgt analog zur Vorgangsweise bei den Positionen der ZGK. Zur Abdeckung der sonstigen leistungsabhängigen, jedoch zeitunabhängigen Kosten ist eine weitere Position je Vortriebsklasse in Meter zu kreieren.

Die eben beschriebenen Positionen finden schließlich Verwendung in der Abrechnung und Vergütung der Ausbruchsleistungen im Regelvortrieb. Darüber hinaus sind sie Grundlage für die Abrechnung des Sondervortriebes in Kombination mit einem festgelegten Produktivitätsfaktor (siehe Vortriebsklassenermittlung im Abschnitt 3.1.2). Die *ÖNORM B 2203-2* verweist auf die Erstellung eigener Positionen für Ausbruchsleistungen innerhalb der Ereignisbewältigung. Solche Positionen weisen einen Regiecharakter auf, indem der tatsächliche Aufwand für den Vortrieb vergütet wird.

Im Zuge der Ausschreibung hat der Bauherr definierte Ausbruchprofile des Tunnelquerschnittes darzustellen. In Abb. 3.7 der *ÖNORM B 2203-2* auf Seite 97 ist musterhaft zu erkennen, dass dabei eine Grenzfläche A anzugeben ist. Der Ausbruch bis zu dieser Grenzfläche wird in den Regelpositionen der oben genannten Varianten vergütet. Für jeglichen Mehrausbruch bergseitig über diese Grenzfläche hinaus infolge eines Vortriebes mit der Gripper-TBM bzw. ETBM, sind eigene Positionen für das Schuttern des Ausbruchmaterials ins LV aufzunehmen. Bei Auffahren eines Hohlraumes mittels einer TBM mit Schild oder SM wird von der Erstellung gesonderter Positionen für den Mehrausbruch abgesehen (siehe Abb. 3.7).

Erschwernisse

Treten im Zuge der Bauausführung Ereignisse auf, die zu einem erschwerten Vortrieb führen, so bezeichnet man diese Umstände als Erschwernisse. Der aktuelle Entwurf der *ÖNORM B 2203-2* greift Erschwernisse wie Blockigkeit, Mixed Face-Bedingungen oder hoher Verschleiß an Bohrwerkzeugen infolge extrem abrasiven Gesteins nicht explizit auf. Solche Erschwernisse werden bei Überschreiten der vertraglichen Bandbreiten des Regelvortriebes mit der Einstufung als Sondervortrieb oder mit den Positionen der Ereignisbewältigung abgegolten. Lediglich die Wassererschwernisse und die Klebrigkeit nimmt die Norm in den Fokus und gibt gesonderte Regelungen dazu an. Diese Erschwernisse werden in weiterer Folge näher beleuchtet.¹⁶⁸

Wassererschwernisse: Es bestehen zwei Möglichkeiten zur Berücksichtigung der Erschwernisse durch Bergwasserandrang in der Ausschreibung bzw. im Angebot. Die erste Variante gibt vor, die Erschwernisse über zusätzliche Vortriebszeiten für eine jeweilige Vortriebsklasse im Bauzeitmodell einfließen zu lassen. Somit reduziert der Bieter die angebotenen Vortriebsgeschwindigkeiten des Regelvortriebes über gewählte Abminderungsfaktoren für den zusätzlichen Zeitbedarf. Der AG hat dabei in der Ausschreibung eine untere und obere Grenzwassermenge mit entsprechender Bereichseinteilung für die Auswahl der Abminderungsfaktoren vorzugeben. Überschreitet der Zudrang an Bergwasser den oberen Grenzwert, so liegt in der Ausführung ein Sondervortrieb vor. Die zweite Möglichkeit besteht darin,

¹⁶⁸Vgl. [50] ÖNORM B 2203-2: 2022-01-15, S. 27 ff.

keine obere Grenzwassermenge anzugeben und die inkludierten Leistungen des Regelvortriebes zur Beherrschung des Wasserandranges AG-seitig zu definieren. Zudem werden Zusatzzeiten im Bauzeitmodell vorgesehen, sodass im Falle eines zusätzlichen Aufwandes ein Zeitbedarf ab fünf Minuten je Hub zur Vergütung kommt. Für Wassererschwernisse ab 35 Minuten zusätzlicher Zeitdauer je Hub kommt der Sondervortrieb zum Tragen.

Klebrigkeit: Wiederrum hier existieren zwei Optionen, um Erschwernisse infolge einer Klebrigkeit zu berücksichtigen. Grundsätzlich erfolgt durch den AG eine Einteilung der Verklebungseigung anhand maßgebender Parameter (Ausrollgrenze, Fließgrenze, Wassergehalt, etc.). Die erste Möglichkeit beruht auf Abgeltung der Erschwernisse infolge der Kalkulation zusätzlicher Vortriebszeiten im Bauzeitmodell. Der Bauherr hat minimale und maximale Abminderungsfaktoren aufgrund der Klebrigkeitsklassifizierung vorzuschreiben, wodurch die Bieter ihre angebotenen Vortriebsgeschwindigkeiten durch gewählte Faktoren abmindern können. Die zweite Variante zur Berücksichtigung von allfälligen Klebrigkeiterschwernissen erfolgt sinngemäß wie in der letzteren Variante der Wassererschwernisse.

Weitere Positionen für bestimmte Leistungen

Im Allgemeinen sind jegliche Stützmaßnahmen unabhängig von der Vortriebsklassifizierung in eigenen Positionen auszuschreiben. Erfolgt ein konventioneller Ausbau (z.B. Anker, Spritzbeton, Gittermatten) infolge des Vortriebes einer TBM-O oder ETBM, so ist für die einzelnen Maßnahmen je eine Position vorzusehen. Für den Tübbingausbau des Verfahrens mit einer TBM-S, DSM oder einer SM kann die Planung gemäß Norm entweder durch den AG oder durch den AN durchgeführt werden. Im Falle einer Planung des Bauherrn sind Positionen für die Tübbingringe und -bewehrung im LV zu definieren. Obliegt die Ausführungsplanung des Tübbingsystems der Baufirma, so erfolgt die Vergütung der Leistung für die Detailplanung und den Einbau der Tübbinge in den dafür vorgesehenen Positionen. Ebenso ist es erforderlich, gesonderte Positionen für die Zusatz- und Sondermaßnahmen im Tunnelbau-LV aufzunehmen.¹⁶⁸

Merkmale der Angebotserstellung

Nach Veröffentlichung der Ausschreibung kalkulieren interessierte Unternehmen ihren Angebotspreis für das vorliegende Tunnelbauprojekt. Aus der *ÖNORM B 2203-2* sind einige Aspekte für die Angebotserstellung abzuleiten, die in weiterer Folge eine Erläuterung finden.

Die Festlegung der Mindestanforderungen an das Vortriebssystem des Bauherrn und die ausgeschriebene geologische sowie geotechnische Baugrundprognose geben den Rahmen für die passende TVM. Auf Basis dieser Grundlagen hat die Baufirma im Zuge ihrer Angebotslegung die Wahl des endgültigen TVM-Typs zu treffen. Wurde das Gerät festgelegt, so werden im Bauzeitmodell die Vortriebsgeschwindigkeiten aufgrund der vorgegebenen Vortriebsklassen und deren Verteilung ermittelt. Diese Geschwindigkeiten, die später nach Annahme des Angebotes vertraglich vereinbart werden, finden Eingang im LV durch die angebotenen EHPe oder in Form der Verrechnungseinheiten der einzelnen Ausbruchs- und ZGK-Positionen. Angemerkt soll sein, dass ein ausführendes Unternehmen die Vortriebsgeschwindigkeiten nur auf Grundlage der Untergrundprognose mit maßgebenden Kennwerten (einaxiale Druckfestigkeit, Abrasivität, Bergwassermenge, etc.) und den festgelegten Bandbreiten anbieten kann. Neben den Vortriebsgeschwindigkeiten hat der Bieter im Bauzeitmodell weitere Angaben zu Festzeiten (z.B. für die Baustelleneinrichtung), Zeiten für Erschwernisse und Sondervortriebe bzw. Ereignisbewältigung, Vortriebsstilliegezeiten (z.B. Abgang am Barbartag) sowie den Zeitbedarf für Zusatz- und Sondermaßnahmen zu machen. Zu Beginn eines Vortriebes oder zufolge von Vortriebsunterbrechungen sind die Arbeiten stets auf die vorherrschenden Vortriebsbedingungen abzustimmen. Dies bedingt einen größeren Zeitaufwand bei der Aufnahme der Vortriebsarbeiten, der sich mit zunehmender Vortriebsstrecke

stetig verringert. Dieser Effekt wird im Tunnelbau als Einarbeitungseffekt bezeichnet. Solch einen Effekt hat der Bieter in der Angebotsphase ebenso im Bauzeitmodell zu berücksichtigen.^{165,169}

Ein weiteres Merkmal der Angebotserstellung ist die Kalkulation der Ausbruchleistungen. In Abb. 3.7 ist das Musterprofil eines Tunnels mit konventionellem Ausbau (Gripper-TBM/ETBM) dargestellt. Auf diverse Begriffe des Querschnittes wird in den weiteren Ausführungen verwiesen. Die Dimensionierung des Bohrkopfes der TBM erfolgt aufgrund des maximalen effektiven Bohrdurchmessers (D_{ME}), sodass infolge der Abnutzung der Bohrwerkzeuge der vom AG vorgegebene nominale Bohrdurchmesser (D_N) zu keinem Zeitpunkt unterschritten wird. Der Bieter hat somit im Preis der Vortriebsleistungen den Überschritt (\ddot{u}_s), der sich aus Werkzeugabnutzung, Kurvenfahrt, usw. ergibt, mit einzurechnen. Zusätzlich definiert die Norm, dass das Maß bis zur Grenzfläche A (\ddot{u}_p) ebenso im EHP der Ausbruchpositionen inkludiert ist. Dadurch wird ein gewisser, unvorhergesehener Mehrausbruch des Querschnittes in der Regelposition schon abgedeckt. Im Zuge der Stützung des Ausbruchprofils mit dem Schild und Tübbingen (z.B. TBM mit Schilden oder SM) treten aufgrund des unmittelbar nachgezogenen Ausbaues i.d.R. keine erheblichen Mehrausbrüche auf und infolgedessen macht das Regelwerk keine Angaben dazu (vgl. Abb. 3.8). Ein gewünschtes Überbohrmaß (\ddot{u}_B) ist hingegen vom Bauherr gesondert für die einzelnen Vortriebsabschnitte auszuweisen und Abrechnungsregeln dafür zu definieren.¹⁶⁷

Außerdem verweist die *ÖNORM B 2203-2* auf ggf. erforderliche Nebenleistungen, die mit den angebotenen Preisen im LV abzudecken sind. Jene Nebenleistungen sind als Erweiterung der Bestimmungen der *ÖNORM B 2118* zu verstehen (siehe Abschnitt 3.2.2). Derartige Leistungen können z.B. die Herstellung und der Betrieb der Bewitterungsanlage, die Instandhaltung der Wasserhaltung oder notwendige Vermessungsarbeiten sein. Ferner sind sämtliche zur Ausführung zwingend erforderliche Materialien in den entsprechenden Leistungen mit einzukalkulieren, sofern dafür keine expliziten Positionen bestehen.¹⁷⁰

3.3.2.3 Besonderheiten für den AG

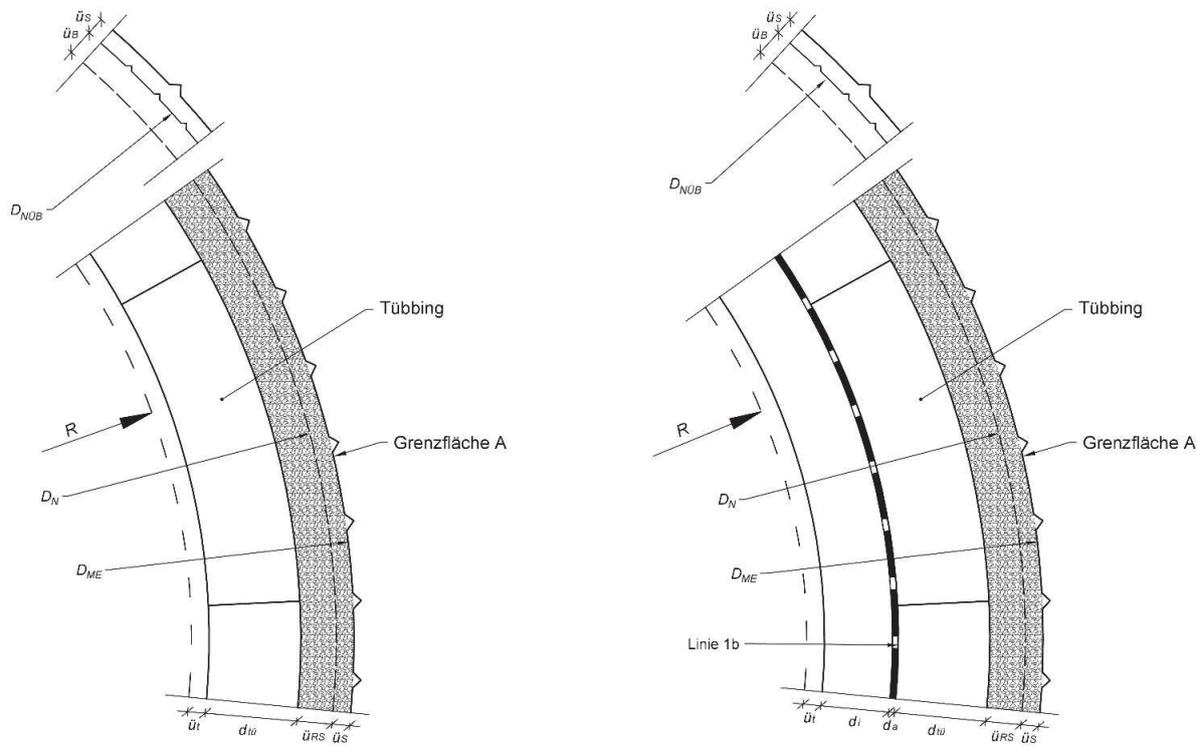
Aus den Bestimmungen der *ÖNORM B 2203-2* [50], insbesondere in Kombination mit der *Richtlinie für die geotechnische Planung* der *ÖGG* [41], geht hervor, dass der Bauherr mit seinen Gehilfen grundsätzlich die gesamte Planung (Genehmigungs- und Ausführungsplanung) des Untertagebauwerks bewerkstelligt. Es wird ein Baugrundmodell konstruiert und das Gebirgs- sowie Systemverhalten wird abgeschätzt mit dem Ziel der Definition von Vortriebsklassen. Der Schwerpunkt in der geotechnischen Planung liegt in der Angabe maßgebender Kennwerte und deren Bandbreiten für den Vortrieb aufgrund einer fundierten Untergrundprognose.

Bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen besteht die Vorgabe der Norm für den AG, etliche tunnelbauspezifische Positionen, wie diese im Abschnitt 3.3.2.2 angeführt sind, im LV vorzusehen. Dieser Umstand legt nahe, dass auf eine konstruktive LB mit einem in Positionen gegliedertem LV abgezielt wird. Nach Auffassung des Verfassers wird der AG folglich angehalten, den Tunnelbauvertrag vorwiegend in einem EHP-Vertrag zu realisieren. Da der Großteil der Planung durch den AG erfolgt und dem Vertrag ein EHP zugrunde gelegt wird, kann schlussgefolgert werden, dass das Tunnelbauprojekt gemäß *ÖNORM B 2203-2* in Form eines GU abgewickelt wird (siehe Tab. 2.4 auf Seite 48).

Eine weitere Besonderheit für den Bauherrn ist die Vorschrift der *ÖNORM B 2203-2*, Mindestanforderungen an die Tunnelvortriebsmaschine (TVM) in der Ausschreibung festzulegen. Beispiele für Mindestangaben des Vortriebssystems sind im Unterabschnitt 3.3.2.2 unter *Merkmale der Ausschreibung* zu finden. Dadurch wird die Auswahl der geeigneten TVM bereits in der

¹⁶⁹Vgl. [29] Hochwimmer, S. 3

¹⁷⁰Vgl. [50] *ÖNORM B 2203-2*: 2022-01-15, S. 36 ff.

**Legende:**

A	Grenzfläche A, entspricht D_{ME}
$d_{t\ddot{u}}$	Dicke des Tübbings
D_{ME}	maximaler effektiver Bohrdurchmesser mit nicht abgenutzten Bohrwerkzeugen
D_N	Nominaler Bohrdurchmesser; vom AG vorgegeben
$D_{N\ddot{U}B}$	Nominaler Bohrdurchmesser mit Überbohrmaß; $D_{N\ddot{U}B} = D_N + 2 \ddot{u}_B$
R	Radialen des lichten Profils (Minimalprofil); vom AG vorgegeben
\ddot{u}_B	Überbohrmaß
\ddot{u}_{RS}	Ringspalt
\ddot{u}_S	Überschnitt aus der Sphäre AN für Werkzeugabnutzung, Kurvenfahrt u.a.; vom AN anzugeben
\ddot{u}_t	in der Ausschreibung vorgegebenes Maß zur Kompensation von TVM-Vortriebsabweichungen und Schalungstoleranzen; vom AG vorgegeben

A	Grenzfläche A, entspricht D_{ME}
$d_{t\ddot{u}}$	Dicke des Tübbings
D_{ME}	Maximaler effektiver Bohrdurchmesser mit nicht abgenutzten Bohrwerkzeugen
D_N	Nominaler Bohrdurchmesser; vom AG vorgegeben
$D_{N\ddot{U}B}$	Nominaler Bohrdurchmesser mit Überbohrmaß; $D_{N\ddot{U}B} = D_N + 2 \ddot{u}_B$
R	Radialen des lichten Profils (Minimalprofil); vom AG vorgegeben
\ddot{u}_B	Überbohrmaß
\ddot{u}_{RS}	Ringspalt
\ddot{u}_S	Überschnitt aus der Sphäre AN für Werkzeugabnutzung, Kurvenfahrt u.a.; vom AN anzugeben
\ddot{u}_t	in der Ausschreibung vorgegebenes Maß zur Kompensation von TVM-Vortriebsabweichungen und Schalungstoleranzen; vom AG vorgegeben
d_a	plangemäße Dicke der Maßnahmen für die Untergrundvorbereitung, Schutz- und Filterschichten, Abdichtung sowie Gleitfolien
d_i	plangemäße Dicke der Innenschale

Bild a) Tübbingausbau ohne Innenschale**Bild b) Tübbingausbau mit Innenschale****Abb. 3.8:** Musterprofil eines TVM-Vortriebes mit Tübbingausbau (Quelle: *ÖNORM B 2203-2* [50, S. 26])

Ausschreibung eingegrenzt und der AG gibt den Baufirmen eine gezielte Vorgabe für die Planung des maschinentechnischen Konzeptes.

In der Phase der Baudurchführung hebt die Norm hervor, dass die bautechnischen Maßnahmen für den Vortrieb und folglich für die Ausbruchssicherung einvernehmlich zwischen den Vertragspartnern festzulegen sind. Die Standsicherheit des Hohlraumes während des Vortriebes liegt sodann in der Verantwortung des AG. Zudem hat der Bauherr dem AN eine erforderliche, vorhandene Beweissicherung für die Ausführung mit einem entsprechenden zeitlichen Vorlauf zu übermitteln. Ein abschließendes Merkmal des AG stellt dessen Pflicht der Dokumentation sämtlicher Festlegungen des Vortriebes und der Tunnelinnenschale, sowie der ingenieurgeologischen Aufzeichnungen der angetroffenen Untergrundverhältnisse dar.¹⁷⁰

3.3.2.4 Besonderheiten für den AN

Ein wesentlicher Aspekt für die AN bzw. Bieter im Zuge ihrer Angebotserstellung ist die Notwendigkeit des exakten Studiums der Ausschreibungsunterlagen. Dem Unterabschnitt 3.3.2.2 ist zu entnehmen, dass die *ÖNORM B 2203-2* definiert, welche Leistungen mit entsprechenden Positionen abgegolten werden. Zum einen können z.B. die Ausbruchleistungen direkt einer Position zugerechnet werden, zum anderen werden gewisse Leistungen (beispielsweise der Überschritt (\ddot{u}_s) oder festgelegte Nebenleistungen) in Form einer Umlage den jeweiligen Positionen aufgeschlagen. Die Vergütungssystematik des LV soll den Bietern klar verständlich sein, um ihr Angebot sachgerecht kalkulieren zu können.

Ein weiteres, besonderes Charakteristikum der Angebotslegung ist die Erstellung eines Maschinenkonzeptes für die passende TVM. Die Wahl des geeigneten Vortriebssystems trifft die Baufirma aufgrund der Mindestkriterien an die Maschine und des prognostizierten Baugrundmodells des Bauherrn. Die *ÖGG [41]* hält fest, dass der AN erst nach Zuschlag für das Tunnelbauprojekt das maschinentechnische Konzept schließlich in eine Detailplanung für die Bauausführung überführt. Zudem kann die Planung eines Tübbingausbaus unter Umständen dem Bieter zugeschrieben werden.

In der Ausführungsphase fällt gemäß der Werkvertragsnorm die Sicherheit der Arbeiter während des Vortriebes und der fach- sowie zeitgerechte Einbau der Stützmittel in den Verantwortungsbereich des AN. Im Einklang zu den Bestimmungen der *ÖNORM B 2118* (vgl. Abschnitt 3.2.4) hält das Regelwerk außerdem fest, dass im Falle eines unerwarteten Ereignisses, v.a. bei Gefahr in Verzug, die Baufirma sämtliche erforderlichen Maßnahmen von sich aus durchzuführen hat. Dabei bedarf es keiner Zustimmung des AG, sondern dieser ist umgehend von den ausgeführten Maßnahmen in Kenntnis zu setzen.¹⁷⁰

Aus den Ausführungen der Abschnitte 3.3.2.1 (*Flexibles Vergütungsmodell*) und 3.3.2.2 (*Merkmale der Ausschreibung*) können die Abrechnungsbestimmungen für die Vortriebsarbeiten und für ZGK bereits abgeleitet werden. Der Schlüsselpunkt für ausführende Firmen ist dabei, dass diese die Leistungen des Vortriebes während der Ausführung in die vertragliche Vortriebsklassenmatrix flexibel einordnen können. Die Abrechnung erfolgt sodann aufgrund der tatsächlichen Verteilung der Vortriebsklassen inkl. der Zuordnung zu jeweiligen Sondervortrieben, Ereignisbewältigungen, etc. mit den vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten. Ebenso wird den Verrechnungseinheiten der ZGK-Positionen diese Vorgehensweise zur Abrechnung der zeitgebundenen Kosten zugrunde gelegt. Darüber hinaus legt die Norm eindeutig fest, wie die Abrechnung jeweiliger Stützmaßnahmen (Anker, Spritzbeton, Gittermatten, etc.) zu erfolgen hat, beispielsweise in welchen Einheiten die Maßnahmen abzurechnen sind. Des Weiteren existieren klare Anweisungen für die Abrechnung allfälliger Erschwernisse (v.a. Wasser- und Klebrigkeitserchwernisse).¹⁷¹

¹⁷¹ Vgl. [50] *ÖNORM B 2203-2*: 2022-01-15, S. 41 ff.

3.4 Zusammenfassung und Zwischenresümee des ÖNORM-Modells

Das ÖNORM-Modell, das sich aus der *ÖNORM B 2118*, den Werkvertragsnormen des Tunnelbaues in Verbindung mit den Planungsrichtlinien der *ÖGG* zusammensetzt, stellt nach Meinung des Verfassers eine kompakte und konsistente Vertragsvorlage für die österreichische Tunnelbauwirtschaft dar. Dem Vertragsmodell haben sicherlich schon praktische Erfahrungen aus heimischen Untertagebauvorhaben zu positiven Entwicklungen verholfen. Das Modell sieht vor, dass der Bauherr mit seinen Ingenieuren die Baugrundprognose durchführt und im Allgemeinen das Tunnelbauprojekt plant. Basierend auf diesen Grundlagen vollzieht der AN die Bauausführung. Demzufolge wird ein GU zur Projektabwicklung eingesetzt. Die Preisgestaltungsform ist durch einen EHP-Vertrag mit einer konstruktiven LB gekennzeichnet.

Die allgemeinen Rechte und Pflichten für den AG und AN während der Bauausführung sind in der *ÖNORM B 2118* zu finden. Zudem existiert in dem Regelwerk eine solide Anleitung zum Umgang mit Leistungsabweichungen. Die spezifischen, vertraglichen Bestimmungen für den Untertagebau sind in der *ÖNORM B 2203-1* für den zyklischen und in der *ÖNORM B 2203-2* für den kontinuierlichen Tunnelbau angeführt. In diesen Regelwerken sind wichtige Hinweise zur Ausschreibungserstellung sowie Angebotslegung verankert. Zudem werden zentrale Aspekte der Abrechnung und Vergütung darin geregelt. Die Vortriebsklassifizierung ist dabei das Kernstück einer flexiblen Vergütung. Außerdem gehen essentielle Regelungen zu Vortriebserschwermissen, beispielsweise die Behandlung eines jeweiligen Mehrausbruches oder Wasserandranges, aus den Dokumenten hervor.

Die soeben genannten Kennzeichen der Tunnelbaunormen liefern allesamt einen wertvollen Beitrag, um die Unsicherheiten der Baugrundprognose beherrschen und daher das damit verbundene Risiko für alle Projektbeteiligten senken zu können. Zudem ermöglicht die gemeinsame Festlegung der Vortriebs- und Ausbaumaßnahmen während der Ausführung sowie das flexible Vergütungsmodell in Verbindung mit der Vortriebsklassifizierung eine semi-empirische Bauweise. Zur Nutzung des *Know-Hows* und Innovationspotentials der Ausführenden verschafft das Vertragsmodell dem AN die Möglichkeit des *Value Engineering*. Durch die Verpflichtung zu regelmäßigen Partnerschaftssitzungen ist das Bestreben der *ÖNORM B 2118* zu einer zunehmend gemeinschaftlichen und konfliktarmen Projektabwicklung verdeutlicht. Ebenso spielt der TSV in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle, da dieser als eine Art Streitschlichtungsorgan bei heimischen Tunnelbauprojekten eingesetzt wird. Dem Autor nach ist sicherlich eine solide Kenntnis der Regelwerke des Modells, speziell der darin enthaltenen, tunnelbauspezifischen Bestimmungen, und eine gewisse Erfahrung der planenden und ausführenden Ingenieure von Nöten, um das ÖNORM-Modell für heimische Tunnelbauprojekte bestmöglich einzusetzen. Eine übersichtliche Zusammenfassung der charakteristischen Merkmale des ÖNORM-Modells in Gegenüberstellung zu den Kennzeichen des *FIDIC*-Vertragsmodells lässt sich im Kapitel 5.4.1 anhand der Tab. 5.1 sowie 5.2 finden.

Kapitel 4

Internationales Vertragsmodell – das Emerald Book der FIDIC

Ein internationales Vertragsmodell¹⁷² für Untertagebauarbeiten wird zum Zwecke der vergleichenden Analyse mit dem österreichischen Modell, dem ÖNORM-Modell, anhand des neuesten erschienenen Vertragsmusters der *Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC)*, dem *Emerald Book*, aufgezeigt. Diese Vorlage für internationale Tunnelbauverträge wurde in Kooperation mit der *ITA* entwickelt und im Jahre 2019 unter dem offiziellen Titel *FIDIC Conditions of Contract for Underground Works* veröffentlicht. Als Grundlage dafür diente das *FIDIC Yellow Book 2017*, das grundsätzlich für *Design-build*-Projekte¹⁷³ ausgelegt ist und für das *Emerald Book* in geeigneter Weise adaptiert wurde. Die *FIDIC* und *ITA* setzen durch das neue Vertragsmodell auf Schwerpunkte wie Risikosphärenzuordnung, spezielle Regelungen im Umgang mit Leistungsabweichungen und die Bereitstellung von geologisch-geotechnischen Informationen durch den Bauherrn. Durch diesen Standardvertrag für internationale Tunnelbauprojekte erhoffen sich die Organisationen eine zunehmend kooperative Projektabwicklung und folglich eine positive Entwicklung im risikobehafteten Bausektor des internationalen Tunnelbaues.¹⁷⁴

Das Zustandekommen eines Bauvertrages unter dem *FIDIC*-Muster kann im weitesten Sinne wie eingangs im Kapitel 3 verstanden werden. Die einzelnen Phasen vor Vertragsabschluss, die Planung, Ausschreibung und Vergabe, sind ebenso im internationalen Umfeld üblich, insbesondere im Zuge der Vergabe durch einen öffentlichen AG. Jedoch kommen gemäß *Emerald Book* den Unternehmen umfangreiche Planungsleistungen auf Basis solider Vorgaben des Bauherrn zu.

Die folgenden Unterabschnitte weisen dieselbe Gliederung wie die Kapitel der *ÖNORM B 2118* sowie der österreichischen Werkvertragsnormen auf, sodass abschließend im Kapitel 5 ein Vergleich der beiden Vertragsmodelle erfolgen kann. Anfangs werden allgemeine Charakteristika des *Emerald Book* wie die Preisgestaltungsform, der Umgang mit Leistungsabweichungen oder welche Rolle der s.g. *Engineer* spielt, beschrieben. Darauf folgen wichtige Bestimmungen im Verfahren der Ausschreibung und des Angebotes, und den Abschluss des vorliegenden Abschnittes bilden die Besonderheiten für den AG sowie AN. Zur ergänzenden Analyse des Vertragsmodells werden die Werke von Demblin und Mörth [10] sowie des Verbandes Beratender Ingenieure [56] herangezogen. Diese Fachliteratur bezieht sich überwiegend auf das *Yellow Book* der *FIDIC*, jedoch stellt dieses die Grundlage der Vertragsschablone dar und kann daher für einige Aspekte dieses Abschnittes sinngemäß herangezogen werden. Außerdem existieren bereits einschlägige Fachartikel zum *Emerald Book*, die ebenso als Quellen in die folgenden Ausführungen einfließen.

¹⁷²im englischen *contract model*

¹⁷³*Design-build*-Projekte sind durch eine AN-seitige Planung (auf Grundlagen des AG) und Ausführung gekennzeichnet.

¹⁷⁴Vgl. [11] Entacher und Spiegl, S. 145 f.

4.1 Charakteristika des Vertragsmodells

Das Vertragsmodell der *FIDIC* für den Tunnelbau setzt sich aus vier übergeordneten Bausteinen zusammen. Im Gegensatz zum ÖNORM-Modell vereint das *Emerald Book* die allgemeinen Bestimmungen eines Bauvertrages und tunnelbauspezifische, vertragsrechtliche Regelungen in nur einem Vertragswerk. Folgende Dokumente bilden das Vertragswerk.^{175,176}

1. Allgemeine Vertragsbedingungen bestehend aus 21 Klauseln (*General Conditions*)
2. Anleitung für die Erstellung der besonderen Vertragsbedingungen (*Guidance for the Preparation of Particular Conditions*)
3. Leitfaden zur Erstellung der Ausschreibung bzw. der Angebotsunterlagen (*Guidance for the Preparation of Tender Documents*)
4. Mustervorlagen für Angebotsschreiben, Schlussbrief, Vertrags- sowie Streitschlichtungsvereinbarung (*Forms of Letter of Tender, Letter of Acceptance, Contract Agreement and Dispute Adjudication Agreement*)

Der erste Teil, die *General Conditions* bestehen aus 21 Klauseln und können als Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB) aufgefasst werden. Diese Bestimmungen dienen der vertraglichen Abwicklung eines Untertagebauvorhabens und umfassen grundsätzlich jene Regelungen, die auch das ÖNORM-Modell beinhaltet. So wird auf die Rechte und Pflichten der Vertragspartner verwiesen, essentielle Bestimmungen zur Baudurchführung (z.B. Bauzeitplan, Regelungen bzgl. des Personals, Arbeiten, Material und Anlagen) festgehalten, die Preisgestaltung sowie Vergütungsform erläutert und ein Leitfaden zum Umgang mit Leistungsabweichungen gegeben. Darüber hinaus macht das *Emerald Book* genaue Angaben zur Projektabwicklung, wie beispielsweise zur Rechnungslegung, Zahlung, Übernahme oder Haftung, und es wird die Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern definiert. Eine generelle Besonderheit der *FIDIC*-Vertragswerke und eine bedeutsame Klausel im *Emerald Book* ist der mehrstufige Streitschlichtungsprozess, der nachfolgend näher beleuchtet wird.¹⁷⁷

Die *Particular Conditions* sind für den Einzelfall bestimmt, wie etwa zur Berücksichtigung besonderer Umstände eines Tunnelbauprojektes. Die *FIDIC* gibt im zweiten Teil des Vertragsmodells eine Anleitung zur Erstellung der besonderen Vertragsbedingungen. Die *Particular Conditions* stellen eine konsistente Ergänzung bzw. Abänderung der *General Conditions* dar. Jedoch sollten die besonderen Vertragsbedingungen dem AG keine Möglichkeit eröffnen, eine zweideutige Auslegung bzw. Unstimmigkeiten im Vertrag zu generieren.¹⁷⁷

Gezielte Hinweise zur Erstellung der Ausschreibung durch den Bauherrn, insbesondere für den charakteristischen *Geotechnical Baseline Report (GBR)*, gibt das Vertragsmodell in dessen drittem Teil. Die wesentlichen Ausführungen des Dokumentes zur Ausschreibung und zum Angebot werden im Unterabschnitt 4.2 erläutert. Der letzte Teil des *Emerald Book* umfasst diverse Mustervorlagen zur Vertragsabwicklung, die die Vertragspartner verwenden können. Der *Letter of Tender* dient den Bieterinnen zur Angebotsabgabe, mit dem *Letter of Acceptance* akzeptiert der AG das Angebot, womit schließlich der Vertrag zustande kommt. Der *Letter of Acceptance* wird hierzulande als Schlussbrief betitelt. Zusätzlich empfiehlt die *FIDIC* bei Abschluss des Vertrages das s.g. *Contract Agreement* – die Vertragsvereinbarung, die einvernehmlich von den

¹⁷⁵ Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions

¹⁷⁶ Vgl. [16] FIDIC Emerald Book Guidance

¹⁷⁷ Vgl. [56] Verband Beratender Ingenieure (VBI), S. 33 ff.

Partnern unterzeichnet wird. Das *Dispute Adjudication Agreement* stellt die Vereinbarung zur systematischen Streitschlichtung¹⁷⁸ dar.¹⁷⁹

Die wesentlichen Bestandteile eines Tunnelbauvertrages im internationalen Kontext, wie nach *FIDIC* Tradition die schriftlichen Vereinbarungen (z.B. *Letter of Tender*, *Letter of Acceptance*), die *Particular Conditions*, die Beschreibung des Bauwerkes des AG (*Employer's Requirements*), usw., listet das *Emerald Book* in seinen *General Conditions* auf. Kommt es zu Unstimmigkeiten bzw. Diskrepanzen zwischen den vereinbarten Vertragsbestandteilen, so verweist das *FIDIC*-Vertragsmodell auf folgende gültige Reihenfolge:^{179,180}

1. *Contract Agreement*
2. *Letter of Acceptance*
3. *Letter of Tender*
4. *Particular Conditions* Teil A: Eckdaten des Vertrages (*Contract Data*), Bauzeitplan¹⁸¹, *Schedule of Baselines*¹⁸²
5. *Particular Conditions* Teil B: besondere Bestimmungen für den Einzelfall (mitunter Abweichungen zu den *General Conditions*)
6. *Geotechnical Baseline Report (GBR)*
7. *General Conditions* (21 Klauseln)
8. sämtliche Dokumente des AG zur Beschreibung des Bauwerkes (*Employer's Requirements*)
9. andere vertragliche Dokumente (*Schedules*) des AN, wie z.B. Zahlungsplan, Preislisten, Führungspersonal- oder Schlüsselgerätelisten, etc.
10. Dokumente des AN zur Baudurchführung (*Contractor's Proposal*), beispielsweise Unterlagen der Ausführungsplanung
11. ggf. ARGE¹⁸³-Vertrag
12. sonstige vereinbarte Vertragsunterlagen, u.a. der *Geotechnical Data Report (GDR)* oder der Risikomanagementplan

Im Folgenden werden die einschlägigen Charakteristika des *FIDIC* Vertragsmodells für den internationalen Tunnelbau aufgezeigt, wobei darauf geachtet wird, dass prinzipiell die gleichen Merkmale wie beim österreichischen Modell ausgearbeitet werden.

Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell

Die *FIDIC* empfiehlt grundsätzlich einen Pauschalpreis (PAP), den s.g. *Accepted Contract Amount*, im Tunnelbauvertrag vorzusehen, dem allerdings spezifische Preisanpassungen (Aufschläge und Abzüge) zugrunde gelegt werden. Bevor jedoch die Preisgestaltung näher beschrieben wird und

¹⁷⁸im englischen *Dispute Adjudication*

¹⁷⁹Vgl. [10] Demblin und Mörth, S. 10 ff.

¹⁸⁰Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 11

¹⁸¹im englischen *Completion Schedule*

¹⁸²Im *Schedule of Baselines* sind die Festlegungen der Vortriebsabschnitte und deren Verteilung mit den vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten auf Grundlage des *GBR* zu finden.

¹⁸³im englischen *Joint Venture*

sich abzeichnet, dass dem Vertragsmodell praktisch ein Mischpreis (EHPe sowie PAPe) unterliegt, soll unmittelbar nachfolgend dem Verständnis halber die Projektabwicklungsart des *Emerald Book* erläutert werden.¹⁸⁴

Das Modell sieht vor, dass der AG grundsätzlich die Genehmigung des Untertagebauvorhabens einholt und sodann das ausführende Unternehmen im Allgemeinen die Ausführungsplanung durchführt. Im Zuge der Planungstätigkeiten verpflichtet sich die Baufirma, die Gesetzmäßigkeiten sowie technischen Standards des jeweiligen Landes einzuhalten und kann sich dabei erfahrener und qualifizierter Ingenieure bedienen. Die Planung erfolgt auf den Grundlagen des Bauherrn, speziell anhand der Dokumente zur Beschreibung des Bauwerkes, dem Referenzentwurf und insbesondere aufgrund des *GBR* (mehr dazu siehe Punkt *Merkmale der Ausschreibung* des Abschnittes 4.2). Im letzteren Dokument hat der AG die prognostizierten Baugrundverhältnisse¹⁸⁵ zu beschreiben, worin dieser sämtliche zur Ausführung erforderliche Parameter des Baugrundes, deren plausible Bandbreiten sowie mögliche Vortriebserschwerisse angibt und in weiterer Folge eine voraussichtliche Verteilung von Vortriebsabschnitten vornimmt. Da naturgemäß der AN die Ausführung vollzieht und vorab die Ausführungsplanung übernimmt, kann davon ausgegangen werden, dass das Projekt infolge eines GU+ abgewickelt wird (siehe Definition GU+ im Kapitel 2.4). Angemerkt soll sein, dass der Bauherr bei dieser Abwicklungsform infolge seiner *Employer's Requirements* und des *GBR* umfangreiche Vorgaben festlegt. In der *FIDIC* Terminologie wird eine solche Form als ein *Design-build*-Vertrag bezeichnet. Entacher und Spiegl [11] verweisen neben der Option eines *Design-build*-Modells des Weiteren auf einen möglichen *Design-bid-build*-Vertrag für Tunnelbauten. Hierbei plant grundsätzlich der AG und der AN führt aus.^{174,186,187}

Im Zuge der Angebotslegung ermitteln die Unternehmen auf Basis der AG-seitigen geologischen, geotechnischen Vorgaben im *GBR* für jedes ausgeschriebene Vortriebszenario (Einteilung von Vortriebsabschnitten) eine Leistung¹⁸⁸. Diese Vortriebsleistungen bzw. -geschwindigkeiten resultieren u.a. aus der AN-seitigen Wahl des Ausbruchverfahrens und werden vom Unternehmer in dem *GBR* beiliegenden *Schedule of Baselines* angegeben. Der *Schedule of Baselines* kann als *FIDIC*-Variante des heimischen Bauzeitmodells verstanden werden. Die Vortriebgeschwindigkeiten, die nach Auftragsvergabe vertraglich vereinbart werden, sind Teil der flexiblen Vergütung der ZGK des Tunnelbauprojektes – zum einen werden die vereinbarten Raten für die Lohnkosten des vortreibenden Personals und zum anderen für die zeitabhängigen BGK (z.B. die Abschreibung der TBM, Kosten für das unproduktive Personal) herangezogen. Dem Fachartikel von Entacher und Spiegl [11] ist zu entnehmen, dass das flexible Vergütungsmodell des *Emerald Book* sich sehr ähnlich gestaltet wie das der beiden *ÖNORMEN B 2203*. Nach Festlegung der Vortriebsgeschwindigkeiten im *Schedule of Baselines* kalkulieren die Bieter ihre EHPe für jedes mögliche Szenario und ermitteln die Dauer des Ausbruches¹⁸⁹. Infolge dieser Kalkulationswerte und in Kombination mit der Verteilung der Vortriebsabschnitte des AG ergibt sich das Vergütungssoll für die ZGK. Ein gutes Beispiel zur Ermittlung des Vergütungssolls nach österreichischem Vorbild, wie dies ferner im *Emerald Book* existiert, stellt die Abb. 4.1 dar. Demzufolge hat der AN aufgrund der vorgegebenen Verteilung der Vortriebsabschnitte und der seinerseits kalkulierten Vortriebsgeschwindigkeiten vorab einen Anspruch auf die Vergütung von 49 Arbeitstagen (AT).^{174,190}

¹⁸⁴Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 79 f.

¹⁸⁵im *Emerald Book* als *foreseeable (subsurface) physical conditions* bezeichnet

¹⁸⁶Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 14 f.

¹⁸⁷Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 42 ff.

¹⁸⁸Im *Emerald Book* werden die Vortriebsleistungen als *production rates* bezeichnet.

¹⁸⁹im englischen *excavation*

¹⁹⁰Vgl. [16] *FIDIC Emerald Book Guidance*, S. 92

Während der Bauausführung eruieren die ausführenden Unternehmen die tatsächliche Einteilung der Vortriebe in die jeweiligen Abschnitte des *GBR* anhand der vertraglichen Parameter und deren Bandbreiten. Nach Durchführung der Ausbruchsleistungen erfolgt gemäß dem *FIDIC*-Vertragswerk die Feststellung des Ausmaßes¹⁹¹ von zeit- sowie mengenabhängigen Leistungen, die im Zusammenhang mit dem Vortrieb (sowie mit der Tunnelauskleidung¹⁹²) stehen. Zeitabhängig sind die bereits erwähnten ZGK, denen das flexible Vergütungsmodell zur Verfügung steht. Mengenabhängige Kosten entstehen beispielsweise durch den Materialaufwand zufolge der Ausbruchssicherung (Spritzbeton, Bewehrungsmatten, Tunnelbögen, etc.) oder durch Nebentätigkeiten wie Entwässerungs- oder Erkundungsmaßnahmen (z.B. Zusatzmaßnahmen gemäß *ÖNORM B 2203-2*). Die festgestellten Leistungen werden anschließend dem *Ingenieur* (siehe Unterpunkt *Engineer* im selben Abschnitt) vorgelegt, der die Prüfung der Abrechnung vollzieht und etwaige Anpassungen hinsichtlich der Kosten und Bauzeit vornimmt. Diese Anpassungen beruhen dabei nicht auf herkömmlichen MKF's, wie vermutet werden könnte, sondern ergeben sich lediglich aufgrund einer allfälligen Veränderung der Vortriebsverteilung innerhalb des Geltungsrahmens des *GBR*. Eine veränderte Verteilung der Vortriebsabschnitte in Bezug auf die ausgeschriebene ist in Abb. 4.1 anhand des unteren Balkens zu erkennen. Infolge der wirklichen Vortriebsverteilung und den vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten, hat die Baufirma somit Anspruch auf die Vergütung von 53 AT für die ZGK (in der Abb. 4.1 Sollte¹⁹³). War der AN schneller und hat in Wahrheit nur 47 AT benötigt (in der Abb. 4.1 Ist), so geht dies, wie im heimischen Vertragsmodell, zu seinen Gunsten und der Anspruch auf die 53 AT aufgrund der vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten bleibt bestehen.^{194,195}

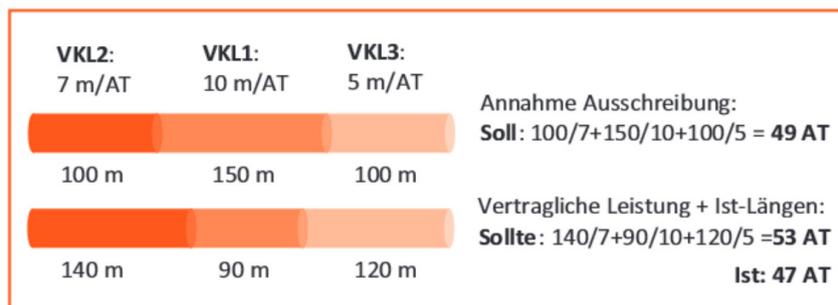


Abb. 4.1: Flexibles Vergütungsmodell der *ÖNORMEN B 2203* als Vorbild für das *Emerald Book* (Quelle: Entacher und Spiegl [11, S. 146])

Neben den zeit- und mengenabhängigen Leistungen sieht das *Emerald Book* eine Vergütung von pauschalierten Fixkosten vor, die in Verbindung mit den Vortriebsarbeiten stehen. Solche Fixkosten können beispielsweise als einmalige BGK (z.B. Transport, Auf- und Abbau der TBM, Errichtung der Baustelleninfrastruktur), aber auch ein gewisser Teil der ZGK (mehr dazu unter *Merkmale der Ausschreibung* im Abschnitt 4.2) aufgefasst werden. Für alle anderen Leistungen, die nicht den zeit- bzw. mengenabhängigen Kosten zugeordnet werden und keine oben genannten Fixkosten sind, erfolgt die Vergütung mit einer Pauschale. Nach Auffassung des Autors wird somit dem *FIDIC*-Vertragsmodell ein s.g. Mischvertrag zugrunde gelegt. Für einen Teil der ZGK sowie für mengengebundene Leistungen des Vortriebes werden EHPe und die Ausmaßfeststellung herangezogen, für fixe Bestandteile der BGK und sämtliche restliche

¹⁹¹ Ausmaßfeststellung im englischen *measurement*

¹⁹² im englischen *lining*

¹⁹³ in der Tab. 3.2 auf Seite 74 als Vergütungs-IST bezeichnet.

¹⁹⁴ Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 72 ff.

¹⁹⁵ Vgl. [38] Marulanda und Neuschwander, S. 4532 ff.

Leistungen des Projektes kommen PAPe zum Einsatz. Einfachheitshalber wird jedoch in den nachfolgenden Ausführungen die Vertragsform des *Emerald Book* bzgl. der Preisgestaltung als PAP-Vertrag bezeichnet. Darüber hinaus empfiehlt die *FIDIC* im Tunnelbauvertrag, genau genommen im LV¹⁹⁶, Positionen für etwaige Regiearbeiten auf Tagesbasis vorzusehen. Diese Positionen dienen zur Abrechnung geringfügiger bzw. nebensächlicher Leistungen und werden nach tatsächlichem Aufwand abgegolten. Für den Abgleich jeweiliger Preissteigerungen oder -senkungen für Rohstoffe, Personalkosten, usw. während der Ausführungsphase schreibt das Vertragsmuster generell eine Vergütung auf Basis veränderlicher Preise vor. Die Anpassung der Preise erfolgt nach einem vereinbartem *Schedule of cost indexation*, also aufgrund eines aktuellen Kostenindexes. Zur Umrechnung veränderlicher Preise ist ein Beispiel unter den *Particular Conditions* des *FIDIC [16]-Guidance* zu finden.^{194,195}

Abwicklung von Leistungsabweichungen

Unter Leistungsabweichungen werden in der vorliegenden Arbeit sowohl angeordnete Leistungsänderungen des AG bzw. des *Ingenieurs*, als auch Abweichungen, die keine Leistungsänderung darstellen und nicht der Sphäre des AN zuzuordnen sind (zur detaillierten Sphärenverteilung des *Emerald Book* siehe Kapitel 5.3), subsumiert. Letztere Art der Leistungsabweichung kann durch unerwartete Untergrundverhältnisse¹⁹⁷ ausgelöst werden, die nicht im Rahmen des *GBR* beschrieben wurden.

Im Allgemeinen hat der *Ingenieur* das Recht, jeweilige Leistungsänderungen vor dem Zeitpunkt der Übernahme anzuordnen. Ausführende Unternehmen sind verpflichtet, dieser Anordnung Folge zu leisten, es sei denn die Änderung der Leistung war durch die Vorgaben des Bauherrn (Art und Umfang der beschriebenen Arbeiten in den *Employer's Requirements*) unvorhersehbar, es würde der eigentliche Zweck des Bauwerkes entfremdet oder die Leistungsgarantien des AN würden dadurch massiv beeinträchtigt. Die Verletzung von Sicherheits- und Umweltbestimmungen würde ebenso einer obligatorischen Durchführung der Leistungsänderung widersprechen. Für diese Fälle kommt der Baufirma eine gewisse Prüf- und Warnpflicht zu, indem der AN den *Ingenieur* von seinem Zweifel an einer vertragskonformen Ausführung der Leistungsänderung in Kenntnis setzt.¹⁹⁴

Treten berechtigte Leistungsänderungen durch den *Ingenieur* in Kraft, hat der AN innerhalb 28 Tagen eine Darlegung zur Umsetzung der geänderten Leistungen (Beschreibung des Bauverfahrens, der eingesetzten Produktionsmittel, etc.) vorzulegen. Zudem sind allfällige Auswirkungen auf die Bauzeit und das Entgelt klar auszuweisen. Andererseits kann unter Umständen der *Ingenieur* vorerst ein Angebot, das die Beschreibung der Leistungsdurchführung und die Auswirkungen auf Bauzeit sowie Entgelt beinhaltet, für die geplante Leistungsänderung vom AN fordern. Gemäß dem Regelwerk hat die Herleitung der Mehrkosten für beide genannten Optionen auf bestehenden Positionen und deren vereinbarten Preisen des LV's zu erfolgen, oder sofern keine passenden Positionen vorhanden sind, auf den Preisgrundlagen sowie Leistungsansätzen vergleichbarer Positionen zu beruhen. Im Falle keiner Möglichkeit einer sachgemäßen Ableitung der Mehrkosten, tritt das *Cost plus Profit*-Prinzip¹⁹⁸ in Kraft. In jedem Fall prüft der *Ingenieur* die MKF¹⁹⁹, stimmt dieser innerhalb der festgesetzten Frist von 42 Tagen zu oder legt jeweilige Abstriche fest.¹⁹⁴

¹⁹⁶im englischen *Bill of Quantities*

¹⁹⁷im *Emerald Book* als *unforeseeable (subsurface) physical conditions* bezeichnet

¹⁹⁸Unter dem Prinzip wird die Abrechnung entstandener Kosten plus eines Zuschlages für den Gewinn des AN verstanden.

¹⁹⁹im englischen *claim*

Die andere Art der Leistungsabweichung stellt jene Abweichung dar, die durch unvorhergesehene Baugrundverhältnisse ausgelöst wird und generell der Sphäre des AG zuzuordnen ist. Definitionsgemäß liegen solche unerwarteten Bedingungen außerhalb des geologisch-geotechnischen Rahmens des *GBR*. Hat diese Leistungsabweichung eine nachteilige Wirkung auf den Bauprozess, v.a. auf die Bauzeit und auf das Entgelt, führt dies zu einem Anspruch des AN auf vertragliche Anpassungen (zeitliche sowie kostenmäßige Fortschreibungen), sofern folgende Voraussetzungen erfüllt sind:²⁰⁰

1. **Zeitnahe Mitteilung durch den AN:** Treten unerwartete Untergrundverhältnisse zu Tage, so hat die Baufirma den *Ingenieur* sobald wie möglich durch eine schriftliche Mitteilung davon in Kenntnis zu setzen, sodass dieser die Umstände ungestört untersuchen kann.
2. **Beschreibung der aufgetretenen Ereignisse:** Der Unternehmer hat die eingetretenen Verhältnisse zu beschreiben, damit sie vom *Ingenieur* begutachtet werden können.
3. **Mitteilung dem Grunde nach:** Analog zum ÖNORM-Modell, hat der AN die Umstände zu begründen, weshalb die vorliegenden Untergrundverhältnisse als unerwartete Bedingungen einzustufen sind und somit der Sphäre des Bauherrn entstammen.
4. **Mitteilung der Höhe nach:** Zudem besteht die Forderung an die Baufirma, die nachteiligen Auswirkungen durch die eingetretenen Ereignisse auf die Kosten sowie auf die weiteren Tunnelbauarbeiten darzulegen.

Nach Erhalt der Mitteilung des AN bezüglich unerwarteter Baugrundverhältnisse untersucht und prüft der *Ingenieur* die beschriebenen Umstände. Dabei hat das ausführende Unternehmen die Bauarbeiten fortzusetzen und ist den Anweisungen des *Ingenieurs* verpflichtet. Kommt es infolge dieser Anweisungen zu Leistungsänderungen, wird wie in oben angeführter Weise vorgegangen. Vermutet der AN infolge der eingetretenen Bedingungen und ggf. durch die Anordnungen des *Ingenieurs* Bauzeitverzögerungen und/oder Mehrkosten, so ist dieser berechtigt, einen Nachtrag¹⁹⁹ innerhalb von 28 Tagen einzubringen. Wenn unerwartete Bedingungen vorliegen, die ferner nicht im *GBR* beschrieben sind, und der *Ingenieur* die Überprüfung der MKF vollzogen und sein Urteil innerhalb der vertraglichen Frist von 42 Tagen dem AN verkündet hat, stehen dem Unternehmer vertragliche Anpassungen bzw. Fortschreibungen des Vertrages zu. Die Berechnung der Mehrkosten beruht auf denselben Grundsätzen wie bei der MKF einer Leistungsänderung, wobei jedoch das *Cost plus Profit*-Prinzip ausbleibt und somit kein Gewinn vergütet wird. Ist mit Zeitverzögerungen zu rechnen, so ist die zusätzliche Vergütung der ZGK in den dafür vorhandenen Positionen des LV's zu berücksichtigen. Jedoch vermerkt das *Emerald Book*, dass im Zuge der Prüfung der *Ingenieur* jeweilige Abzüge im Nachtrag einbringen könne. Begründet wird dies, indem etwaige günstigere Baugrundverhältnisse als die ausgeschriebenen zu Tage treten. Diese Abschläge treten nur in Kraft, sofern der Bauherr nicht schon die günstigeren Verhältnisse in Form einer MKF zur Geltung gebracht hat. Angemerkt soll sein, dass die Abstriche aufgrund der günstigeren Untergrundverhältnisse infolge dieser Zusatzklausel mit den Aufschlägen von MKF's zufolge schlechterer Verhältnisse die Waage halten sollten. Festgeschrieben wird, dass es zu keiner wesentlichen Verringerung des ursprünglichen Vertragspreises kommen darf.^{200,201}

Andere Leistungsabweichungen, die aus außergewöhnlichen Situationen, den s.g. *Exceptional Events*, resultieren, sind von der im letzten Absatz beschriebenen, vereinfachten Abwicklung von Nachträgen (z.B. die Vergütung zusätzlicher ZGK aufgrund Verzögerungen ohne Beweislast

²⁰⁰Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 35 ff.

²⁰¹Vgl. [38] Marulanda und Neuschwander, S. 4535

des AN) ausgenommen. Klassisch für jene Situationen sind Ereignisse infolge höherer Gewalt, wie z.B. Bürgerkrieg oder Naturkatastrophen. Die Anmeldung einer MKF für solche Fälle durch einen Vertragspartner hat laut *Emerald Book* in einem größeren Detaillierungsgrad zu erfolgen. Innerhalb von 28 Tagen nach Auftreten des Ereignisses erfolgt als erstes die Anmeldung dem Grunde nach. Darauffolgend ist spätestens 84 Tage nach Eintritt des Ereignisses eine vollständige, begründete Beschreibung des Umstandes, die vertragliche Grundlage, sämtliche Aufzeichnungen des Ereignisses und darüber hinaus die genaue Ermittlung der Mehrkosten sowie Zeitverzögerungen erforderlich. Eines hat die Abwicklung sämtlicher Leistungsabweichungen jedoch gemeinsam: der *Ingenieur* tritt in jedem Fall als prüfendes und vermittelndes Organ zwischen den streitenden Parteien auf.^{201,202,203}

Abschließend soll angemerkt sein, dass die in der *ÖNORM B 2118* bekannte „20%-Klausel“, die die heimischen Werkvertragsnormen des Tunnelbaues noch weiter spezifizieren, im Tunnelbauvertragsmodell der *FIDIC* nicht existiert. Gemäß *Emerald Book* wird dem AN infolge Mengenänderungen bei der Ausmaßfeststellung keine Möglichkeit zu EHP-Anpassungen der jeweiligen Positionen eingeräumt. Marulanda und Neuenschwander [38] begründen dies damit, dass EHPe von rein mengengebundenen Positionen zufolge des Über- oder Unterschreitens der ausgeschriebenen Menge im Allgemeinen weit weniger schwanken als beispielsweise die Preise von zeitabhängigen Positionen. Bezüglich Vertragsstrafen infolge eines Verzuges geht aus dem Vertragsmuster hervor, dass der AG grundsätzlich berechtigt ist, eine Verzugsstrafe vom Unternehmer einzufordern. Der Verzug im *Emerald Book* bezieht sich dabei nur auf die Nicht-Einhaltung vertraglicher Fertigstellungstermine. Eine maximale Höhe der Strafe wird nicht explizit festgelegt, jedoch sollte eine obere Schranke bereits bei Vertragsabschluss vereinbart werden.^{194,201,204}

Streitschlichtung

Ein kennzeichnendes Merkmal aller *FIDIC*-Vertragswerke bildet das mehrstufige Streitschlichtungsverfahren. Im risikobehafteten Tunnelbau ist es heutzutage keine Seltenheit, dass sich bei den Vertragspartnern aufgrund unklarer Vertragsregelungen oder wegen strittiger Mehrkosten- bzw. Nachtragsforderungen Differenzen einstellen, die häufig in erhebliche Streitigkeiten münden. Laut *Emerald Book* liegt ein Disput/eine Streitigkeit vor, falls ein Partner oder der *Ingenieur* einem von dem jeweils anderen Partner angemeldeten *Claim* nicht zustimmt und die festgelegten Abänderungen des *Ingenieurs* von der fordernden Partei abgelehnt werden. Offiziell bekundet die jeweilige Partei ihre Unzufriedenheit durch eine Anmeldung, der s.g. *Notice of Dissatisfaction*. Zur Klärung des Disputes wird der nachfolgend aufgezählte, mehrstufige Streitschlichtungsprozess verpflichtend eingesetzt, dem Kernprinzipien wie die möglichst zeitnahe Behandlung des Streites und die Klärung an Ort und Stelle zugrunde liegen.^{205,206}

1. Beauftragung eines *Dispute Avoidance/Adjudication Board (DAAB)* mit einem Streitfall und Einholung von dessen Entscheidung
2. Einvernehmliche Beilegung (*Amicable Settlement*)
3. Entscheidung durch ein Schiedsgericht (*Arbitration*)

Die allererste präventive Maßnahme des *FIDIC*-Streitschlichtungskonzeptes ist, noch vor dem Eintreten in den Schlichtungsprozess, die vertragliche Vereinbarung der Streitvermeidung²⁰⁷. Die-

²⁰²Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 100 ff.

²⁰³Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 106 ff.

²⁰⁴Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 58

²⁰⁵Vgl. [39] Nairac, S. 4520 ff.

²⁰⁶Vgl. [15] *FIDIC Emerald Book General Conditions*, S. 111 ff.

²⁰⁷im englischen *Dispute Avoidance*

se Übereinkunft bei Vertragsabschluss bezieht vorerst als beratende Funktion eine unabhängige Streitschlichtungsstelle ein, das *DAAB*. Diese Organisation besteht aus fachkundigen, erfahrenen und mit dem *FIDIC*-Vertragssystem vertrauten Mitgliedern, die durch den Vertrag von beiden Parteien anerkannt werden. Durch die Streitvermeidungsvereinbarung werden dem *DAAB* kontinuierlich die wichtigsten Informationen des Tunnelbauprojektes zugespielt und das *DAAB* besichtigt bei Schlüsselmomenten (z.B. Vortriebsbeginn in einem neuen Vortriebsabschnitt) die Baustelle. Infolge des nahezu laufenden Kenntnisstandes über das aktuelle Projektgeschehen, ist das *DAAB* in der Lage, die Vertragspartner vor einem möglich entstehenden Disput frühzeitig zu warnen. Zwei weitere Werkzeuge der Streitvermeidung sind das *Risk Register*, eine Liste mit den relevantesten Risiken und deren Sphärenzuteilung, und der *Risk Management Plan*, eine Anleitung für den AN im Umgang mit eingetretenen Risiken.^{206,208}

Sobald ein Streit infolge einer unstimmigen Nachtragsforderung zu Tage tritt und die *Notice of Dissatisfaction* durch einen Vertragspartner vorgebracht wurde, beginnt die erste Phase des drei-stufigen Streitschlichtungsverfahrens. Das *DAAB* wird mit dem Disput beauftragt und begutachtet sämtliche Umstände des vorliegenden Streitfalles. Nach Veröffentlichung der Entscheidung des *DAAB* wird diese für beide Vertragsparteien bindend. Jedoch können die einzelnen Partner hierbei Einspruch erheben, indem diese eine weitere *Notice of Dissatisfaction* gegen die Entscheidung des *DAAB* (oder gegen Teile dieser) einbringen. Dies führt zur zweiten Stufe im Streitschlichtungsprozess, in der die streitenden Parteien bemüht sein sollten, eine einvernehmliche Lösung/Beilegung des Streites bzw. eine Einigung bzgl. der Entscheidung des *DAAB* zu finden. Wird kein Einvernehmen erzielt oder finden gar keine Bemühungen dazu statt, tritt nach Verstreichen einer Frist von 28 Tagen die letzte Instanz in Kraft, die Entscheidung durch ein Schiedsgericht. Dabei legt das Gericht allfällige Anpassungen des Ergebnisses der *DAAB* fest. Die *FIDIC* schlägt hierbei vor, ein Schiedsverfahren nach der Schiedsgerichtsordnung der Internationalen Handelskammer zu vereinbaren. Jedenfalls sind die Akteure des Projektes, der AG, *Ingenieur* und AN, im Falle eines Schiedsverfahrens von ihren unstrittigen Pflichten zur Projektabwicklung nicht entbunden.^{206,208}

Engineer

Dem *Ingenieur*, im englischen *Engineer*, kommt im *FIDIC*-Vertragsmodell eine besonders wichtige Rolle zu. Dieser wird prinzipiell mit der administrativen Vertragsabwicklung des Untertagebauvorhabens beauftragt und hat nicht nur eine beratende Funktion wie der Tunnelbautechnische Sachverständige im österreichischen Vertragsmodell. Der *Ingenieur* wird vom Bauherrn beschäftigt, steht somit im direkten Vertragsverhältnis mit diesem, und wird mit etlichen Kompetenzen ausgestattet. Eine besondere Verantwortung dieses Organs ist die Überwachung der Vortriebsarbeiten und Beurteilung des festgestellten Ausmaßes des AN, wobei er mögliche Festlegungen bzgl. Bauzeit- und Entgeltanpassungen aufgrund der tatsächlichen Vortriebserteilung vornehmen kann. Trotz des Beschäftigungsverhältnisses zum AG, ist es ein *FIDIC* Grundsatz, dass der *Ingenieur* als vermittelnde Person auftritt und stets neutral zwischen den Vertragspartnern agiert.²⁰⁹

Im *Emerald Book* werden gewisse Anforderungen an den *Ingenieur* gestellt – dieser hat geeignete Qualifikationen vorzuweisen und soll sich durch eine einschlägige Erfahrung und Kompetenz in der Abwicklung von Tunnelbauprojekten auszeichnen. Maclure [35] vermutet sogar einen maßgeblichen Einfluss auf den Angebotspreis sowie auf einen erfolgreichen Projektausgang je nach der ernannten Person des *Ingenieurs*. Begründet wird dies in seiner weitreichenden Entscheidungsbefugnis (z.B. die Beurteilung von allfälligen Nachträgen). Es ist somit einem Unternehmen

²⁰⁸Vgl. [39] Nairac, S. 4525 ff.

²⁰⁹Vgl. [35] Maclure, S. 4485 ff.

nachzuvollziehen, dass dieses besondere Beachtung seiner Erfahrung sowie Kompetenz schenkt und eine entsprechende Unsicherheit bezogen auf das Organ womöglich in seinen Angebotspreis einfließen lässt.^{209,210}

Der *Ingenieur* nimmt im vorliegenden Mustervertrag eine Schlüsselposition ein, indem er mit wichtigen Aufgaben betraut wird und ihm essentielle Befugnisse erteilt werden. Die Kernfunktionen des *Ingenieurs* werden nachstehend angeführt:^{209,210,211}

- Beurteilung der Planung des AN auf Ausführungsreife
- generelle Bauüberwachung der Ausführung
- Überwachung und Aufzeichnung der Vortriebsarbeiten und gesetzter Maßnahmen des AN im Zusammenhang mit dem Vortrieb sowie der angetroffenen Baugrundverhältnisse
- Beurteilung der vertragskonformen Ausführung des Ausbruches
- Prüfung der Ausmaßfeststellung und Abrechnung der Vortriebsleistungen, sowie Zustimmung/Festlegung etwaiger vertraglicher Anpassungen bzgl. Entgelt und/oder Bauzeit im Rahmen des *GBR*
- Beurteilung und Entscheidung allfälliger Nachtragsforderungen, speziell jener für unvorhergesehene Untergrundverhältnisse
- Ausführungsanweisungen im Zuge AG-seitiger Leistungsänderungen oder bezüglich unerwarteter Baugrundverhältnisse

4.2 Kennzeichnende Eigenschaften der Ausschreibung und des Angebotes

Der dritte Teil der internationalen Vertragsschablone, der *Guidance for The Preparation of Tender Documents*, liefert den Bauherren Informationen für eine qualitative Ausschreibungserstellung und darüber hinaus sind in diesem Dokument zweckdienliche Anweisungen zu finden, die die Bieter in ihrer Angebotslegung unterstützen sollen. In den anschließenden Abschnitten werden die wesentlichsten Kennzeichen des *Emerald Book* zum Verfahren der Ausschreibung und des Angebotes vorgestellt.

Merkmale der Ausschreibung

Der Leitfaden zur Erstellung der Ausschreibungsunterlagen dient dem AG und seinen Erfüllungshelfern dazu, eine solide Grundlage zur Planung und Angebotskalkulation des Tunnelbauwerkes für die Unternehmer zu schaffen. Des Weiteren sind die sorgfältig erstellten Vorleistungen des Bauherrn zur Beschreibung des Bauvorhabens, speziell der *GBR* (mehr dazu im vorliegenden Unterabschnitt) und *Schedule of Baselines*, die Voraussetzung für eine flexible und faire Leistungsvergütung.

Dem *FIDIC Emerald Book* zufolge obliegt die Ausführungsplanung generell dem AN. Der AG führt die Genehmigungsplanung durch. Nach erteilter Genehmigung hat der Bauherr in der Ausschreibung seine gezielten Vorstellungen und Anforderungen an das Untertagebauwerk für die Unternehmer zu veröffentlichen. Dies erfolgt in der Beschreibung des Bauwerkes, den *Employer's Requirements*. In diesem Konglomerat an Vertragsdokumenten sind Angaben zu

²¹⁰Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 19 ff.

²¹¹Vgl. [35] Maclure, S. 4489 ff.

funktionalen Anforderungen, etwaigen Qualitätsfestlegungen und grundsätzlichen Rahmenbedingungen zu machen. Charakteristische Vorgaben stellen beispielsweise spezielle Anforderungen an die Konstruktion (Lebensdauer, Materialspezifikationen, usw.), Angaben zu Schlüsselgeräten der Baufirma, Anweisungen zu Vermessungs- und Überwachungsleistungen oder Bestimmungen bzgl. der eigentlichen Planungsleistung (Anwendung von besonderen Softwares, Formatierung, etc.) dar. Den *Employer's Requirements* wird grundsätzlich eine Referenzplanung des AG beigelegt. Der Entwurf dient den Bietern als unterstützende Vorlage für deren Planungen und umfasst i.d.R. die Darlegung der Vortriebs- und Stützmaßnahmen im Einklang mit den Festlegungen des *GBR*. Zudem ist der Bauherr angehalten, der Ausschreibung einen Bauzeitplan mit der Definition wichtiger Meilensteine (z.B. Vortriebs- und Betonierende der Tunnelauskleidung) des Projektes sowie die Bekanntgabe der erwarteten Vortriebseinteilung anzufügen. Dieser Zeitplan, der *Completion Schedule*, wird dann in weiterer Folge durch detaillierte Angaben des AN terminlich präzisiert. Projektabwicklungsmerkmale wie Zahlungsmodalitäten, Gewährleistungs- und Haftungsbestimmungen und erforderliche Sicherstellungen des AN sind ebenso gemäß dem Vertragsmuster vom Bauherrn im Zuge der Ausschreibung zu definieren.²¹²

Unumgänglich für eine leistungsgerechte Vergütung des Vortriebes und Voraussetzung einer fairen Verteilung des Baugrundrisikos ist die sorgsame Untersuchung und Prognose der Baugrundverhältnisse durch den AG. Sämtliche Daten der Baugrunderkundung werden vorab in einem Dokument, im *Geotechnical Data Report (GDR)*, festgehalten. Auf Basis dieser Datensammlung erfolgt die Beschreibung und Interpretation des Bauherrn zum Untergrund in weiterer Folge im s.g. *Geotechnical Baseline Report (GBR)*. Dieses vertragliche Baugrundmodell mit zusätzlichen AG-seitigen, technischen Spezifikationen zum Vortrieb fungiert als Basis für die endgültige Wahl des Ausbruchverfahrens, ist die Grundlage für die Kalkulation und Abrechnung des AN und gibt den Rahmen für jeweilige Anpassungen hinsichtlich Entgelt/Bauzeit zufolge allfälliger Änderungen der prognostizierten Vortriebsverteilung. Um dies gewährleisten zu können, hat der Bauherr im *GBR* folgende beispielhafte Information zu verlautbaren:^{213,214}

- Vertragliches Baugrundklassifizierungssystem mit Angaben je Klasse zu
 - Ausbruchsquerschnitt und -form
 - mögliche Vortriebsmethoden (zyklisch/maschinell, Voll-/Teilausbruch, Art der Stützung, etc.)
 - voraussichtliche Sicherungsmaßnahmen
 - spezifische Angaben zum Ausbruchverhalten, Standzeit, Wasserhaltungsmaßnahmen, usw.
- Prognostizierte Verteilung von Vortriebsabschnitten auf Basis des Baugrundklassifizierungssystems
- Charakteristische Darstellung (z.B. in Form von Längs- und Querschnitten) der erwarteten Baugrundverhältnisse und möglichen Ausbruchverfahren
- Generelle Beschreibung der Geologie, Hydrogeologie, Bodenbelastung infolge des Vortriebes und von erwartbaren Vortriebsbehinderungen bzw. -erschwernissen sowie Naturgefahren

Die dem Baugrundklassifizierungssystem²¹⁵ zugrundeliegenden Parameter werden in einem weiteren Schritt im *GBR* quantifiziert, wobei, soweit möglich, Kennwerte verwendet werden

²¹²Vgl. [16] FIDIC Emerald Book Guidance, S. 76 ff.

²¹³Vgl. [16] FIDIC Emerald Book Guidance, S. 85 ff.

²¹⁴Vgl. [12] Ericson, S. 4457 ff.

²¹⁵im *Emerald Book* als *ground classification system* bezeichnet

sollten, die in der Ausführungsphase auch gemessen werden können. Außerdem empfiehlt das *Emerald Book* die Angabe von plausiblen Bandbreiten und Maxima der Parameter sowie von möglichen Vortriebsbehinderungen²¹⁶ bzw. -erschwernissen. Im Zusammenhang mit dem *GBR* ist der AG ferner angehalten, den *Schedule of Baselines*, die *FIDIC*-Variante eines Bauzeitmodells, zu erstellen. Eine Mustervorlage des *Schedule of Baselines* ist in der Tab. 4.1 auf Seite 114 dargestellt. Aus dieser Tabelle ist ersehen, dass der Bieter infolge seiner Angebotskalkulation Vortriebsgeschwindigkeiten für unterschiedliche Abschnitte anzugeben hat, wobei die grau hinterlegten Einträge die vorgegebene Vortriebsverteilung des AG wiedergeben. Zudem kann dem Dokument eine exemplarische Auflistung möglicher Vortriebserschwernisse entnommen werden.²¹⁴

Im vertraglichen Regelwerk der *FIDIC* lässt sich, im Gegensatz zu den Tunnelbaunormen in Österreich, keine explizite Verpflichtung des Bauherrn zur Angabe von Mindestanforderungen an das Vortriebssystem finden. Es wird lediglich im *GBR* eine Empfehlung zur Beschreibung praktikabler Ausbruchsmethoden ausgesprochen und der Bauherr kann notwendige Mindestanforderungen an das Verfahren des Vortriebs in seinen *Employer's Requirements* festlegen. Eine mögliche Auflistung konkreter, erforderlicher Geräte für den Vortrieb könnte im *Schedule of Contractor's Key Equipment* erfolgen. Diese Liste für Schlüsselgeräte des AN soll der AG seiner Ausschreibung anfügen, in der dieser notwendige Maschinen bereits verlangt oder der Unternehmer selbst seine leistungsbestimmenden Geräte vorschlägt.²¹²

Eine unerlässliche Grundlage des flexiblen Vergütungsmodells stellt das Tunnelbau-LV dar. Das *Emerald Book* gibt vor, dass sämtliche Leistungen, die im Zusammenhang mit dem Vortrieb stehen bzw. direkt oder indirekt von den Ausbruchsarbeiten beeinflusst werden, in eigenen Positionen zu erfassen sind. Der AG soll jene Leistungen mit passenden Einheiten versehen und je Position voraussichtliche Mengen ermitteln. Alle anderen Leistungen, die weitgehend unbeeinflusst vom Vortrieb bleiben, basieren auf einer funktionalen LB und werden folglich pauschal vergütet. Für folgende Leistungen sind eigene Positionen im Tunnelbau-LV aufzunehmen:^{212,217,218}

Fixed rate items: In diesen Positionen sind sämtliche Leistungen zu erfassen, die für die Vortriebsarbeiten erforderlich werden, jedoch laut Marulanda und Neuenschwander [38] unabhängig von der Variation der Baugrundverhältnisse sind. Man könnte diesen Positionen beispielsweise die einmaligen BGK (Transport und Montage der TVM, Baustelleneinrichtung/-räumung, Aufbau der Infrastruktur, usw.) sowie ZGK der BGK (Leasing/Abschreibung der Schlüsselgeräte und Lohnkosten für unproduktives Personal, z.B. für den Polier, Bauleiter, etc.) zuordnen. Das Regelwerk legt den *Fixed rate items* einen PAP, ggf. auch einen EHP, zugrunde. Für die ZGK wird die vertraglich prognostizierte Baudauer auf Basis des *Schedule of Baselines* herangezogen.

Time-related rate items: Als Standbein des Vergütungsmodells und zur Gewährleistung von vertraglichen Anpassungen hinsichtlich Bauzeit und/oder Entgelt sind zeitabhängige Positionen im LV nötig. Das Vertragswerk hält fest, wenn sich aufgrund der Ausmaßfeststellung der Vortriebsarbeiten (vertragliche Vortriebsgeschwindigkeiten & tatsächliche Verteilung der Vortriebsabschnitte) Differenzen zu den veranschlagten, pauschalierten ZGK der *Fixed rate items* einstellen, werden die Fehlbeiträge (Differenzen) der ZGK über diese Positionen abgegolten. Ebenso dienen diese zeitgebundenen Positionen für jeweilige Mehrkostenvergütungen im Zuge von Nachträgen wegen unvorhergesehener Untergrundverhältnisse.

Quantity-related items: Leistungen, die von der ausgeführten Menge abhängen, sind in eigens vorgesehenen Positionen zu vergüten. Zum Beispiel sind der Materialverbrauch infolge der

²¹⁶im englischen *excavation hindrances*

²¹⁷Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 78 f.

²¹⁸Vgl. [38] Marulanda und Neuenschwander, S. 4533 f.

Ausbruchssicherung (Spritzbeton, Anker, Tübbing, etc.) und andere mengengebundene Nebenleistungen (z.B. Herstellung von DSV-Säulen) als solche Leistungen zu verstehen. Zudem ist es im internationalen Umfeld üblich, den Aufwand für die Vortriebsmannschaft (Lohnkosten) in dieser Positionsart zu vergüten. Dabei kommen Positionen je festgelegtem Vortriebsabschnitt zumeist auf Basis einer m^3 Einheit zum Einsatz. Der kalkulierte Zeitbedarf pro Einheit und Vortriebsszenario spiegelt sich im jeweiligen EHP wieder. Die Vergütung der *Quantity-related items* erfolgt sodann aufgrund der festgestellten Menge mit vertraglich vereinbarten EHPen.

Es besteht die Vorgabe des *Emerald Book*, dass wertbezogene Kosten – darunter sind GGK, Bauzinsen, etwaige Versicherungsprämien, etc. zu verstehen – mittels eines Zuschlages (Prozentsatz) auf sämtliche Positionen im LV zu berücksichtigen sind. Des Weiteren, wie schon im Punkt *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* im Unterabschnitt 4.1 erwähnt, wird die Aufnahme von geeigneten Regiepositionen im LV empfohlen. Ein charakteristisches Regelprofil zur Festlegung von Abrechnungsgrenzen des Vortriebes bzw. für den Umgang mit einem jeweiligen Mehrausbruch, wie dieser in den Werkvertragsnormen des ÖNORM-Modells zu finden ist, existiert im *FIDIC-Tunnelbauvertragsmodell* nicht. Dennoch ist dem Muster des *Schedule of Baselines* zu entnehmen, dass den Vertragspartnern geraten wird, eine voraussichtliche Menge des Mehrausbruchs²¹⁹ vertraglich zu vereinbaren (siehe Tab. 4.1).

Merkmale der Angebotserstellung

Nachdem die Veröffentlichung der Ausschreibung des Tunnelbauprojektes erfolgt ist, planen die Unternehmen zum größten Teil das Bauvorhaben und kalkulieren sodann ihren Angebotspreis. Aus dem *Guidance for The Preparation of Tender Documents* des *Emerald Book* sind Bestimmungen abzuleiten, die die Bieter während der Angebotsphase berücksichtigen sollten. Diese werden nachfolgend beleuchtet.

Das Vertragsmodell der *FIDIC* sieht vor, dass ausführende Unternehmen die Ausführungsplanung (Detailplanung) vollziehen. Die Beschreibung des Bauwerkes (*Employer's Requirements*) und ein beigefügter Referenzentwurf des AG geben dafür den passenden Rahmen. Die Begutachtung und Beurteilung der Tunnelbauplanung des AN obliegt dem *Ingenieur*. Dieser bestätigt die Ausführungsreife der vorgelegten Unterlagen oder veräußert eine Mangelhaftigkeit in der Planung, inwieweit diese von den Vorstellungen und Anforderungen des AG abweicht. Unter Umständen sind im Planungsprozess mehrmalige Abstimmungsrunden mit dem Unternehmen erforderlich, um schlussendlich den endgültigen Entwurf des Untertagebauvorhabens festzulegen.²²⁰

Mit dem Angebot geben die Bieter jedoch i.d.R. vorerst einen vorläufigen Entwurf ab, der nach Auftragsvergabe schließlich in die Detailplanung übergeführt wird. Das *Emerald Book* empfiehlt dabei den Bauherrn den Umfang dieser vorläufigen Planung genau zu definieren und darüber hinaus eine angemessene Angebotsfrist sowie generell eine entsprechende Entschädigung für die Angebotserstellung vorzusehen. Exakte Angaben bzgl. dieser Frist und der Vergütung der Angebotslegung gibt hingegen das Vertragswerk nicht.²²¹

Nachdem der Unternehmer den Entwurf des Tunnelbauwerkes ausgearbeitet hat, ist dieser imstande, sein Angebot zu erstellen. Auf Grundlage des *GBR* trifft die Baufirma die endgültige Wahl des Ausbruchsverfahrens und ermittelt folglich im Bauzeitmodell des *Emerald Book*, dem *Schedule of Baselines* (siehe Tab. 4.1), ihre Vortriebsraten für jedes ausgeschriebene Szenario (Vortriebsabschnitte). Dabei hat der zukünftige AN des Weiteren Zeiten für angegebene

²¹⁹im englischen *geological overbreak*

²²⁰Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 42 ff.

²²¹Vgl. [16] FIDIC Emerald Book Guidance, S. 74

Tab. 4.1: Musterbeispiel des *Schedule of Baselines* (Quelle: FIDIC Emerald Book Guidance [16, S. 92])

Example Schedule of Baselines - EXCAVATION

Normal script = quantity estimated by the Employer
Underlined = contractually agreed - initially proposed by Contractor
Bold script: calculated
Italics = measurement

WD = Working Days

Baseline Schedule EBT 01				Annual production time (EXAMPLE)		in WD		313			
WBS: Emerald Book Tunnel 1 Example				Interruptions to production time							
Working Phase: Excavation		Shift/WD (EXAMPLE)		2		Winter Break per year (EXAMPLE)		in WD		12	
Working time:		hours/shift (EXAMPLE)		9		Summer Break per year (EXAMPLE)		in WD		12	
		WD/week (EXAMPLE)		6		Other interruptions per year (EXAMPLE)		in WD		12	
Work Category (EXAMPLE)		Unitit (EXAMPLE)	Production rate, Unit per WD (EXAMPLE)	Estimation	Calculus	Valuation					
				Quantity (EXAMPLE)	Time WD (EXAMPLE)	Measured Quantity	Adjusted time				
Tunnel Cross Section											
Excavation section 1 (see GBR drawing XX)		m	<u>10.00</u>	500.00	50.00						
Excavation section 2 (see GBR drawing YY)		m	<u>1.00</u>	500.00	500.00						
Total		m	1.82	1000.00	550.00						
Total						550.00					
Hindrances due to (EXAMPLES):											
- Excavation of niches in Tunnel 1 (see GBR drawing ZZ)		piece	<u>0.50</u>	5.00	10.00						
		m	<u>8.00</u>	20.00	2.50						
- Reduction of round length, instructed by the Engineer											
Reduction from 4m to 3m in SS 1		m	<u>8.00</u>	20.00	2.50						
Reduction from 2m to 1m in SS 2		m	<u>4.00</u>	20.00	5.00						
- Geological overbreaks											
Mucking of geological overbreak		m3	<u>500.00</u>	50.00	0.10						
Filling with Shotcrete		m3	<u>180.00</u>	50.00	0.28						
- Other hindrances (SPECIFY)			[production rate]	[quantity]	[WD]						
Interruptions for (EXAMPLES):											
- Drilling probe holes at face, SS1		m	<u>100.00</u>	0	0						
- Drilling probe holes at face, SS2		m	<u>50.00</u>	0	0						
- Other interruptions (SPECIFY)		[unit]	[production rate]	[quantity]	[WD]						
- Interruptions due to Employer or outside GBR conditions		Team hours		20.00	1.11						
Hindrances resulting from water seepage in face area L1											
Reduction factor (EXAMPLE)	Reduction factor (EXAMPLE)	Team hours									
5 - 10 l/s	1	h		100.00	5.56						
10.1 - 30 l/s	1	h		50.00	2.78						
other quantity (SPECIFY)		h		[quantity]	[WD]						
Total Interruptions and hindrances during production time						29.82					
Interruptions to production time:											
- Winter Break		WD		12	24						
- Summer Break		WD		12	24						
- Other interruptions		WD		4	8						
Total Interruptions to production time (WD):						56.0					
Total Interruptions (WD):						85.8					
Total Working phase (WD):						635.8					
Total Working phase on the critical path (Calendar days):						741.5					
Duration excavation time				month		24.4					
				week		105.9					
				year		2.0					
Difference between construction time for valuation purposes and planned time				WD							
				week							
Milestones (EXAMPLES):				Start date, Excavation Tunnel 1:		5/1/2019					
				Completion date, Excavation Tunnel 1:		5/11/2021					

Vortrieberschwernisse bzw. -behinderungen (Wassererschwernisse, Mehrausbrüche, usw.) und planmäßige sowie ungeplante Unterbrechungen (z.B. für Vorauserkundungen, behördliche oder AG-seitige Unterbrechungen) anzugeben. Die Vortriebsgeschwindigkeiten und sonstigen Zeiten für den Ausbruch werden infolge der Vergabe vertraglich vereinbart und im Zuge der Abrechnung für eine flexible Vergütung eingesetzt. Betont soll hierbei sein, dass das Unternehmen die Vortriebsgeschwindigkeiten nur auf Basis des *GBR* mit den darin angeführten Kennwerten und definierten Bandbreiten garantieren kann. Ericson [12] unterstreicht die Definition der prognostizierten Baugrundverhältnisse des Vertragsmusters. Diese Definition besagt, dass sämtliche qualitative sowie quantitative Festlegungen des *GBR* in Kombination mit dem *Schedule of Baselines* sowie Tunnelbau-LV die erwartbaren Untergrundverhältnisse darstellen. Diese Vertragsunterlagen sind in weiterer Folge die einzige Quelle zur Identifizierung prognostizierter Baugrundrisiken. Werden im Zuge der Ausführung Verhältnisse angetroffen, die außerhalb des Rahmens der vorher genannten Dokumente zu liegen kommen, erfolgt eine Zuordnung zu unvorhergesehenen Baugrundverhältnissen und der AN ist berechtigt, Mehrkosten anzukündigen.^{212,213,214}

Ein wesentlicher Schritt im Verfahren der Angebotserstellung ist die Kalkulation des Angebotspreises. Unter den Vorgaben des LV's werden jeweilige Leistungen, v.a. zeit- und mengenabhängige Kosten des Vortriebes, in EHPe kalkuliert und eine Fülle von anderen Leistungen anhand eines PAP ermittelt. Dabei ist jedenfalls Bedacht auf notwendige Umlagen bzw. Zuschläge, wie etwa aufgrund implizit eingeschlossener Vortrieberschwernisse, für die jeweiligen Preisarten zu nehmen. Im Zuge der Baudurchführung erforderlicher Nebenleistungen unterziehen sich ebenfalls der Notwendigkeit einer Umlage auf geeignete Positionen. Das *Emerald Book* führt hierbei keine exemplarische Auflistung solcher geringfügigen Leistungen an, jedoch können darunter grundsätzlich behördliche Genehmigungen, Kleingeräte und Werkzeuge oder der Transport von Baumaterialien verstanden werden.

Mit dem Angebot²²² wird der Unternehmer ferner aufgefordert, neben der Abgabe des ausgepreisten LV²²³ und ausgefüllten Bauzeitmodells den ausgeschriebenen Bauzeitplan zu präzisieren, indem dieser v.a. die Vernetzung kritischer Wege und Verlinkung von relevanten Meilensteinen vornimmt. Zudem ist mitunter eine Aufstellung von Schlüsselgeräten des AN im *Schedule of Contractor's Key Equipment* vorteilhaft. Die Umsetzung jeweiliger Sicherheits- und Umweltvorschriften hat der Bieter in Form eines SiGe-Plans dem Angebot anzufügen. Die letztendliche Zusammenstellung aller für die Ausführung relevanten Unterlagen erfolgt im *Contractor's Proposal*.²²⁴

Das *Emerald Book* sieht auch die Möglichkeit der Abgabe eines Alternativangebotes vor. Die Zulässigkeit und Bestimmungen eines solchen Angebots sind bereits in der Ausschreibung zu definieren. Infolge des Vorschlages einer alternativen Ausführung für gewisse Leistungen, sind die Änderungen zu den Vorgaben des AG im vollständigen Umfang, insbesondere bezüglich seines Referenzentwurfs und des *GBR*, darzulegen und alle notwendigen Erläuterungen im Hinblick auf eine geänderte Risikoverteilung zu erbringen.²²⁴

4.3 Besonderheiten für den AG

Die Projektabwicklungsform des *Emerald Book* sieht generell die Genehmigungsplanung durch den Bauherrn und die Ausführungsplanung durch den Unternehmer vor. Der AG hat seine Vorstellungen und Anforderungen an das Untertagebauwerk für den AN-seitigen Detailentwurf anhand der *Employer's Requirements* und generell durch einen Referenzentwurf zu veräußern.

²²²im englischen *tender*

²²³im englischen *Schedule of Rates and Prices*

²²⁴Vgl. [16] FIDIC Emerald Book Guidance, S. 83

Eine solche Planung durch den AG ist in jedem Fall sinnvoll, da der Bauherr i.d.R. nur aufgrund eines entsprechenden Planungsstandes in der Lage ist, ein qualitatives LV, speziell für die Vortriebsleistungen, und ein sachgerechtes Bauzeitmodell (*Schedule of Baselines*) erstellen zu können. Ein besonderer Fokus wird in der Ausschreibungsphase auf die Baugrundprognose gelegt. Die gesammelten Daten der Untergrunderkundung werden zunächst im *GDR* zusammengeführt. Die Angabe von den maßgebenden Parametern sowie deren Bandbreiten des Untergrundes und möglichen Ausbruchverfahren im jeweiligen Vortriebsbereich erfolgt in weiterer Folge im *GBR*. Die prognostizierte Verteilung von Vortriebsabschnitten sowie von allfälligen Erschwernissen wird u.a. im Bauzeitmodell, das die Tab. 4.1 wiedergibt, festgelegt.

Die Vertragsvorlage der *FIDIC* für den Tunnelbau ist grundsätzlich ein *Design-build* Modell. Charakteristisch dafür ist die Ausschreibung des Projektes mittels einer funktionalen LB. Aus den Bestimmungen im Punkt *Merkmale der Ausschreibung* des Unterkapitels 4.2 geht hervor, dass jedoch die Vorgabe besteht, zum einen ein Tunnelbau-LV der Ausschreibung beizulegen und zum anderen darin essentielle Positionen für durch den Vortrieb beeinflusste Leistungen vorzusehen. Somit enthält, nach Meinung des Autors, diese funktionale LB auch wesentliche Merkmale einer konstruktiven Art der LB. Als Folge der hybriden LB lässt sich ableiten, dass dem Tunnelbauvertrag kein reiner PAP zugrunde gelegt wird, sondern wichtige Anpassungsmöglichkeiten bzgl. des Vertragspreises durch das flexible Vergütungsmodell für den Vortrieb (Positionen mit EHPen & Ausmaßfeststellung) die Preisgestaltungsform prägen (Vgl. *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* im Kapitel 4.1).

Während der Baudurchführung delegiert der AG dem *Ingenieur* die Aufzeichnung bzw. Beweissicherung und die Überprüfung der vertragskonformen Ausführung der Vortriebsleistungen. Dem Bauherrn obliegt die Koordinierung seiner Erfüllungsgehilfen und anderer AN als der Tunnelbaufirma, sodass ein reibungsloser Bauablauf gewährleistet werden kann. Bei Bekanntwerden zukünftiger, nachteiliger Ereignisse verweist das Vertragswerk auf die Verpflichtung des Bauherrn zur Warnung des ausführenden Unternehmens. Der Bauherr oder ebenso der *Ingenieur* hat die Baufirma vor Umständen frühzeitig zu warnen, sofern diese die Arbeiten, die Leistung des AN und/oder die Bauzeit sowie das vertragliche Entgelt negativ beeinträchtigen.^{225,226}

Nachdem die Fertigstellung des Bauwerkes oder von Abschnitten bzw. Teilleistungen erfolgt ist, nimmt der *Ingenieur* im Namen des Bauherrn die vollbrachten Leistungen ab. Dabei hat der AN 14 Tage vor dem geplanten Fertigstellungstermin das bevollmächtigte Organ des AG zu dieser Übernahme aufzufordern. Werden im Zuge dieser Feststellung Mängel sichtbar, hat die Baufirma diese innerhalb einer bestimmten Frist zu beseitigen. Mit der Ausstellung der Übernahmebestätigung durch den *Ingenieur*, dem *Taking-Over Certificate*, beginnt die *Defects Notification Period*²²⁷ zu laufen. Mängel, die innerhalb dieses Zeitraumes gerügt werden und auf eine nicht vertragskonforme Ausführung zurückzuführen sind, sind durch das ausführende Unternehmen zeitnah, jedoch spätestens bis zum Ende dieser Frist und auf eigene Kosten zu beheben. Darüber hinaus bleibt gemäß dem Vertragswerk die Haftung des AN für seine Leistung bis maximal zwei Jahre nach Ablauf der *Defects Notification Period* noch bestehen. Dieser zusätzliche Zeitraum könnte dem Autor nach ebenfalls in die Gewährleistungsfrist eingeordnet werden. Tritt der Fall ein, dass der AN innerhalb der *Defects Notification Period* nicht mehr im Stande ist, die beanstandeten Mängel zu beheben (z.B. infolge eines eröffneten Insolvenzverfahrens), sichert sich der AG durch die *Performance Security*, eine Garantie zur Vertragserfüllung des AN (siehe Unterabschnitt 4.4), ab.^{228,229}

²²⁵ Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 17 f.

²²⁶ Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 56

²²⁷ Diese Frist zur Mängelanzeige kann im weitesten Sinne als vertragliche Gewährleistungsfrist verstanden werden.

²²⁸ Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 62 ff.

²²⁹ Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 25 ff.

4.4 Besonderheiten für den AN

Eine der ersten essentiellen Aufgaben für ausführungsbereite Unternehmer im Zuge eines Tunnelbauprojektes ist das sorgfältige Studium der Ausschreibungsunterlagen. Gemäß Unterabschnitt 4.2 plant der AN maßgeblich das Bauvorhaben (Ausführungsplanung) auf Basis der Vorgaben des AG (*Employer's Requirements*, Referenzentwurf des AG, etc.). Des Weiteren trifft die Baufirma die endgültige Wahl des geeigneten Vortriebsverfahrens und legt detaillierte Maßnahmen (z.B. Sicherungs- und Sondermaßnahmen) für den Ausbruch auf Grundlage der Angaben im *GBR* fest. Es ist daher von äußerster Notwendigkeit, die Prognose und Interpretationen des Bauherrn zum Untergrund umfassend zu erforschen, sodass eine sachgerechte Planung erfolgen kann.

In einem weiteren Schritt kalkuliert der AN seinen Angebotspreis. Dabei ist es wesentlich die Vergütungssystematik des Tunnelbau-LV zu verstehen. Dem Kapitel 4.2 ist zu entnehmen, dass einerseits PAPe für einen Großteil der Leistungen vorgesehen sind und andererseits entsprechenden Positionen, vorwiegend der ZGK sowie mengenabhängigen Leistungen, EHPe zugrunde gelegt werden. Der Bieter soll daher erkennen, welche Leistungen direkt in Positionen eingerechnet werden können, welche Kosten zusammengefasst in den PAPen kalkuliert und für welche Aufwendungen Umlagen gebildet werden müssen. Die Möglichkeit zur Legung von vorteilhaften Alternativangeboten für gewisse Leistungen ist dabei in Betracht zu ziehen.

In der Ausführungsphase obliegt dem AN die Erbringung sämtlicher Leistungen gemäß den vertraglichen Bestimmungen, im Einklang mit den einschlägigen Gesetzen des jeweiligen Erfüllungsortes und nach den allgemeinen Regeln der Technik. Im Zuge des Vortriebes erforderliche, unvorhergesehene Maßnahmen zum Auffahren bzw. zur Stabilisierung und Sicherung des Hohlraumes sind stets im Einvernehmen mit dem *Ingenieur* festzulegen. Während der Baudurchführung fällt die Sicherheit der Arbeiter sowie die Verantwortung für sämtliche Arbeiten, Güter, Materialien, etc. in die Sphäre des AN. Die im Abschnitt 4.3 beschriebene Warnpflicht des Bauherrn gilt in analoger Weise ebenso für den Unternehmer. Überdies kommt laut internationalem Vertragsmodell dem AN die Pflicht zu, umfangreiche Bestandsunterlagen hinsichtlich der festgelegten Maßnahmen des Vortriebes und der Tunnelinnenschale zu erstellen.^{187,229,230}

Das *Emerald Book* räumt der ausführenden Firma ebenso die Möglichkeit des *Value Engineering* ein. Vorschläge zu Änderungen bzw. Adaptierungen der geplanten Ausführung oder eines Bauverfahrens, die zu wesentlichen Kostenersparnissen und/oder Bauzeitverkürzungen führen sowie einen allgemeinen Mehrwert für den Bauherrn darstellen, können jederzeit vom AN dem *Ingenieur* vorgelegt werden. Stimmt der Vertragsadministrator infolge der Anweisung des AG dem Vorschlag zu, ordnet dieser eine Leistungsänderung an und legt die Aufteilung der Kostenersparnis entsprechend den besonderen Vertragsbedingungen fest. Eine Empfehlung für eine faire Teilung des Profits zwischen den Vertragspartnern, wie diese im ÖNORM-Modell gegeben ist, existiert im *FIDIC*-Vertragswerk jedoch nicht.¹⁹⁴

Die Regelungen zur Abrechnung der eigentlichen Tunnelbauleistungen und der maßgebenden ZGK können bereits aus den Ausführungen im Unterpunkt *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* im Abschnitt 4.1 wie auch den Erläuterungen unter *Merkmale der Ausschreibung* im Kapitel 4.2 abgeleitet werden. Der Kern der Sache liegt dabei in der Anwendung eines dem österreichischen ähnlichen Vergütungsmodells. Im Zuge der Ausmaßfeststellung wird der Abrechnung die tatsächliche Verteilung der Vortriebsabschnitte mit den vertraglichen Vortriebsraten zugrunde gelegt. Mengenabhängige Leistungen werden über die dafür vorgesehenen Positionen abgerechnet. Jeweilige ZGK, die aus der angetroffenen Vortriebsverteilung und etwaigen, unvorhergesehenen Erschwernissen, Unterbrechungen, etc. resultieren und nicht schon mit den *Fixed rate items* infolge des Angebotspreises abgegolten sind, werden über die geeigneten

²³⁰Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 97 f.

Positionen des LV (*Time-related rate items*) mit vereinbarten EHPen vergütet. Dieses flexible Vergütungsmodell des *Emerald Book* legt somit den Grundstein für eine faire, leistungsgerechte Vergütung im internationalen Tunnelbau.

Mit dem Zeitpunkt der Übernahme des Bauwerkes durch den *Ingenieur* beginnt die Frist für spätere Mängelanzeigen durch den Bauherrn, die *Defects Notification Period*, zu laufen. Das Unternehmen leistet innerhalb dieses vertraglich vereinbarten Zeitraumes Gewähr, dass die fertiggestellten Bauleistungen den vertraglichen Anforderungen entsprechen. Treten Mängel auf, die in der Sphäre des AN liegen, hat die Baufirma diese auf eigene Kosten zu beseitigen. Eine vorgeschlagene Dauer für die *Defects Notification Period* ist im *FIDIC*-Vertragsmodell nicht zu finden. Jedoch wird vorgeschrieben, dass im Falle des Auftretens eines Mangels die Summe an Verlängerungen dieser Frist zwei Jahre nicht überschreiten darf. Eine Sicherstellung für den Bauherrn innerhalb dieser vertraglichen Gewährleistungsfrist erbringt der AN schon bei Vertragsabschluss durch die s.g. *Performance Security*. Zur Sicherung der generellen Vertragserfüllung kann sich der Unternehmer einer Bankgarantie bedienen. Eine Mustergarantie dafür ist im Anhang des *Guidance for the Preparation of Particular Conditions* [16] des *Emerald Book* verfügbar.^{228,229,231}

4.5 Zusammenfassung und Zwischenresümee des FIDIC Modells

Abschließend kann gesagt werden, dass das neue *FIDIC*-Vertragsmodell eine umfassende Vorlage für die vertragliche Abwicklung von Tunnelbauprojekten im internationalen Kontext liefert. Gemäß dem Vertragsmodell obliegt dem Bauherrn die Erstellung der vertraglichen Baugrundprognose. Nach erfolgter Genehmigung des Tunnelbauwerkes, die ebenfalls in den Verantwortungsbereich des AG fällt, ist durch das Modell grundsätzlich die Ausführungsplanung sowie die Baudurchführung durch den AN basierend auf konsistenten Vorgaben des AG vorgesehen. Daraus erschließt sich, dass Tunnelbauprojekte im Rahmen des *Emerald Book* durch einen GU+ abgewickelt werden. Dem Vertrag wird basierend auf einer funktionalen LB ein PAP mit spezifischen Anpassungsmöglichkeiten zugrunde gelegt. Eine konstruktive LB ist lediglich für Vortriebs- und Ausbaumaßnahmen vorgesehen.

Im *FIDIC Emerald Book* werden wichtige Bestimmungen getroffen, die die Rechte und Pflichten des Bauherrn und Ausführenden während der Baudurchführung regeln und es existiert eine klare Vorgangsweise im Umgang mit Leistungsabweichungen. Überdies gibt das Vertragswerk einen soliden Leitfaden zur Erstellung der Ausschreibungs- und Angebotsunterlagen. Die Schlüsselpunkte für den Tunnelbau liegen einerseits in der Verpflichtung des Bauherrn zur Durchführung einer umfangreichen Baugrunderkundung anhand des *GDR*. Die Interpretationen dazu sowie eine voraussichtliche Einteilung von Vortriebsabschnitten mit möglichen Ausbruchsmethoden finden sich in weiterer Folge im *GBR*. Andererseits liegen die Schlüsselpunkte in der Möglichkeit jeweiliger Vertragsanpassungen für die Vortriebsleistungen und wesentliche ZGK im Rahmen des flexiblen Vergütungsmodells. Garantiert wird dies durch die Möglichkeit, die jeweiligen Vortriebe flexibel in das vertragliche Vortriebsklassifizierungssystem während der Ausführung einzuordnen und durch die Ausmaßfeststellung die Vortriebs- sowie Ausbauleistungen nach tatsächlichen Mengen abzurechnen.

Diese vertraglichen Bestimmungen wirken sich positiv in Bezug auf jeweilige Unsicherheiten in der Baugrundprognose aus und vermindern überdies das damit verbundene Risiko für beide Vertragspartner. Hinsichtlich der vertraglichen Abwicklung allfälliger Vortriebserschwerisse existiert im *FIDIC*-Vertragsmodell eine gewisse Lücke, indem dieses wichtige Erschwerisse

²³¹Vgl. [10] Demblin und Mörth, S. 187 ff.

explizit nicht regelt. Hier obliegt es dem AG, spezifische Regelungen für den Einzelfall im Bauvertrag festzulegen. Einen Anreiz für einen gemeinsam wirtschaftlichen Projekterfolg gibt das *Emerald Book* zufolge der Option des *Value Engineering* durch den Unternehmer. Zudem ist im internationalen Vertragsmodell ein *early contractor involvement* zufolge des frühen Einbindens der Baufirma in die Planungsphase zu erkennen, sodass dessen *Know-how* effizient genutzt werden kann. Besonders erwähnenswert ist die vermittelnde Rolle des Vertragsadministrators, dem *Ingenieur*, sowie die präventiven Maßnahmen und der mehrstufige Prozess des *FIDIC*-Streitschlichtungskonzeptes. Diese charakteristischen Merkmale des *Emerald Book* zielen allesamt darauf ab, ein Untertagebauvorhaben zukünftig kooperativ abwickeln zu können. Dem Verfasser nach erfordert es mit Sicherheit eine entsprechende Akzeptanz und Offenheit der Projektbeteiligten gegenüber dem neu eingeführten *FIDIC* Tunnelbauvertrag, insbesondere in Anwendung des flexiblen Vergütungsmodells, um ein internationales Untertagebauvorhaben basierend auf diesem Modell erfolgreich umsetzen zu können. Eine zusammenfassende Übersicht der kennzeichnenden Spezifika des *FIDIC*-Vertragsmodells für den Tunnelbau in Gegenüberstellung mit den Merkmalen der österreichischen Vertragsvorlage geben die Tab. 5.1 und 5.2 im Abschnitt 5.4.1.



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 5

Analyse der Vertragsmodelle im Hinblick auf das Risiko und der Vergütungssicherheit für Ausführende

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist eine vergleichende Analyse des heimischen Vertragsmodells, des ÖNORM-Modells, mit der internationalen Variante der *FIDIC* für den Tunnelbau, dem *Emerald Book*. Vorerst werden in diesem Kapitel die typischen Risiken im Tunnelbau angeführt und in kurzer Weise beschrieben. Darauf folgt die Analyse der Risikobehandlung in den beiden Vertragsmodellen. Die Zuordnung der zuvor definierten Risiken in die Sphären der Vertragspartner sowie die Untersuchung, welche besonderen Risiken und welche damit verbundene Vergütungssicherheit für Unternehmer daraus resultieren, steht hierbei im Vordergrund. Um diese Forschungsschwerpunkte ableiten zu können, werden die Beschreibungen der beiden Vertragswerke im Kapitel 3 und 4 herangezogen. Anschließend wird ein zusammenfassender Vergleich der wesentlichen Merkmale der Vertragsmodelle und eine Gegenüberstellung der Risikoverteilungen vorgenommen. Ergänzend dazu werden die Modelle in Bezug auf die Risikoverteilung unter den im Bauwesen vorherrschenden Verträgen eingeordnet. Abgerundet wird dieser Abschnitt mit gezielten Fallstudien praxisnaher Ereignisse im Zuge der Ausführung. Dies soll dazu beitragen, ein Verständnis zu entwickeln, inwiefern sich die beiden Modelle im Umgang mit solchen Ereignissen unterscheiden oder inwieweit Gemeinsamkeiten bestehen. Die Erforschung der wesentlichen Risiken im Tunnelbau (Kapitel 5.1) beruht auf dem Werk von Girmscheid [18] sowie auf signifikanten Richtlinien der *ÖBV* (ehemalige *Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB)*) und *DAUB*. Ebenso werden diese Literaturquellen und weiteres das Buch von Kropik [32] zur unterstützenden Erarbeitung der Ausführungen im Abschnitt 5.2 – Risikobehandlung im ÖNORM-Modell herangezogen. Als Hilfestellung zur Untersuchung der Behandlung der Risiken im *Emerald Book* im Abschnitt 5.3 dienen einschlägige Fachartikel federführender Entwickler des *FIDIC*-Vertragsmodells.

5.1 Risiko im Tunnelbau – Spezifika und Clusterbildung

Im vorliegenden Kapitel werden die für den Tunnelbau herkömmlichen Risiken erläutert. Es wird versucht jene Risiken zu erfassen, die im Zuge eines Tunnelbauvorhabens besonders maßgeblich und zudem allgemein im Bausektor beheimatet sind. Um nicht für jedes Einzelereignis das zugehörige Risiko definieren zu müssen, werden einzelne Risiken in geeigneter Weise in Risikocluster zusammengefasst. Diese festgelegten Risikogruppen finden in den darauffolgenden Unterabschnitten 5.2 und 5.3 Eingang, indem diese den jeweiligen Risikosphären der Vertragsmodelle zugeordnet werden. Angemerkt soll sein, dass grundsätzlich allgemeine Projektrisiken, wie beispielsweise ein Risiko infolge höherer Gewalt (Streik, Krieg, Naturkatastrophen, etc.), Markt-, Finanzierungsrisiko, oder ein Risiko aufgrund der einzelnen Beteiligten („Schnittstellenrisiko“), in die folgende Risikobetrachtung nicht mit einfließen.

Gemäß der ÖGG [43] stellt ein Risiko die Auswirkung von Unsicherheiten auf bestimmte Ziele dar. Dabei schließt ein Risiko stets neben der Gefahr auch eine gewisse Chance mit ein und muss nicht ausschließlich negativ aufgefasst werden. Der Eintritt eines Risikos (z.B. unerwartete Blockigkeit im Tunnelvortrieb) hat im Allgemeinen einen gewissen Einfluss auf die Kosten, Termine und Qualität, wobei nicht immer alle der drei Faktoren gleichermaßen betroffen sind. In dieser Diplomarbeit werden folgende Risikocluster im Tunnelbau als die Wesentlichen betrachtet:^{232,233,234,235}

Baugrundrisiko: Dementsprechende Unsicherheiten entspringen allfälligen Differenzen zwischen den prognostizierten und den tatsächlich angetroffenen Untergrundverhältnissen. Mögliche Abweichungen bezogen auf die ausgeschriebenen Bodenklassen, erwarteten Kennwerte (z.B. einaxiale Druckfestigkeit, Abrasivität, Wasserandrang) und die zugrundeliegenden Bandbreiten, die Beschreibung von Klüften und Störzonen oder Angabe von Erschwernissen (Wasserandrang, Klebrigkeit, Blockigkeit, Mixed-Face, etc.) können solche Risiken darstellen. Zur Minimierung des womöglich wichtigsten Risikos im Tunnelbau bedarf es einer sorgfältigen Erkundung und Interpretation des Baugrundes. Eine quantifizierte Beschreibung infolge der Angabe von Parameter, dessen örtliche Zuteilung und Verteilung über die Vortriebsstrecke können dazu zweckdienlich sein. Darüber hinaus ist die vertragliche Fortschreibungsfähigkeit im Falle des Eintretens von unerwarteten Baugrundverhältnissen ein geeignetes Instrument in Verbindung mit diesem Risiko. Girmscheid [18] weist die sachgerechte Behandlung des Baugrundes ebenso diesem Risikocluster zu. Demzufolge ist es notwendig, die Ausbruchs- und Sicherungsmaßnahmen sorgsam auszuführen, um den Hohlraum im Einklang mit dem prognostizierten Systemverhalten vorantreiben zu können.

Vollständigkeitsrisiko: Dieser Risikogruppe ist die ganzheitliche Beschreibung des Tunnelbauwerkes und der Bauleistungen infolge der Ausschreibung bzw. Planung zuzuordnen. So können mitunter fehlerhafte Annahmen oder fehlende Angaben in der Ausschreibung/Planung, wie z.B. unzutreffende Leistungsbeschreibungen, falsche Mengenangaben, fehlende LV-Positionen für notwendige Leistungen sowie geplante, jedoch unzureichende Maßnahmen für den Vortrieb und Ausbau, zu erforderlichen Leistungsänderungen oder zu nachteiligen Leistungsabweichungen führen. Das Vollständigkeitsrisiko spiegelt sich im Bau-Soll wieder, das wiederum an einen vereinbarten Vertragspreis geknüpft ist. Dieser Leistungsumfang wird im Zuge der (Detail-) Planung definiert und somit liegt es im Einflussbereich des planenden Vertragspartners, die Vollständigkeit des zu beschreibenden Bauwerkes zu garantieren, sodass das Leistungsziel erreicht werden kann.

Kalkulationsrisiko: Ein entsprechendes Risiko birgt die Angebotskalkulation der Unternehmer in sich. Auf den Vorgaben und Grundlagen der Ausschreibung ermitteln die Bieter ihren Angebotspreis. Dies erfolgt, indem Festlegungen und Preise bzgl. des Einsatzes der Bauverfahren, Produktionsmittel und des Personals bestimmt, Preisansätze für gewisse ausgeschriebene Mengen ermittelt werden und der Zeitaufwand für Bauleistungen infolge der Leistungsansätze (h/lfm, m³/h, etc.) abgeschätzt wird. Zudem werden mögliche Umlagen und Zuschläge für Leistungen, beispielsweise die Umlage von gewissen BGK, auf geeignete Positionen im LV gebildet. Hierbei kann es zu falschen Interpretationen, unzutreffenden Einschätzungen und/oder zu Spekulationen (z.B. hinsichtlich der ausgeschriebenen Mengen) des AN kommen. Der Ausführende hat grundsätzlich Gestaltungsfreiheit in seiner Kalkulation

²³² Vgl. [18] Girmscheid, S. 711 ff.

²³³ Vgl. [51] ÖVBB, S. 47

²³⁴ Vgl. [7] DAUB, S. 16 f.

²³⁵ Vgl. [19] Goger, S. 11 f.

und deshalb bergen seine Einschätzungen und Annahmen im Zuge dessen Gefahren wie aber auch Chancen in sich. Eine eindeutige Kalkulationsgrundlage in Form einer sorgfältig erstellten Ausschreibung ist die Voraussetzung zur Minimierung dieses Risikos.

Systemrisiko: Die Wahl des geeigneten Ausbruchsverfahrens (z.B. Sprengvortrieb, Tunnelbagger im zyklischen Verfahren oder Vortrieb mittels der TVM) für einen jeweiligen Baugrund stellt eine Unsicherheit für Untertagebauvorhaben dar. Als System in diesem Sinne wird die Wechselwirkung zwischen dem Untergrund und der Vortriebsmethode verstanden. Dieses Risiko tritt in der Baudurchführung ein, wenn es trotz gewissenhafter Beschreibung (u.a. in der Baugrundprognose) und Planung des Projektes wie auch der einwandfreien Ausführung der Bauarbeiten aufgrund des eingesetzten Verfahrens zu Mängeln kommt.

Ausführungsrisiko: In den Bereich dieses Risikoclusters fällt die fachliche und technisch richtige Durchführung der Bauleistungen mit gebotener Sorgfalt im Rahmen der Vorgaben des AG (LB, Baugrundprognose, etc.). Dazu gehören beispielsweise die Funktionalität, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Vortriebseinrichtungen (TVM, Lade-, Fördersysteme, usw.), die richtige Auswahl von bestimmten Bauverfahren (z.B. Art des Spritzbetonverfahrens) und Baumaterialien sowie eine entsprechende Disposition des Personals, der Geräte und Materialien, die für einen reibungslosen Bauablauf erforderlich sind. Das Erreichen der vertraglich vereinbarten Leistungen (Stichwort *vertragliche Vortriebsgeschwindigkeiten*) innerhalb der beschriebenen Baugrundverhältnisse stellt solch ein tunnelbauspezifisches Risiko dar. Des Weiteren ist diesem Cluster die Verantwortung für jeweilige Lieferanten und Subunternehmer zuzuordnen (z.B. Lieferverzögerungen bei Lieferanten, Insolvenz von Subunternehmern).

Eine faire und transparente Risikoverteilung ist ein essentieller Vertragsbestandteil und Grundlage für eine konfliktarme Projektabwicklung. Die Zuordnung der wesentlichen Risiken in die Sphären der Vertragspartner ist dabei der Kern der Sache. Die *ÖBV*, *DAUB* und *FIDIC* verfolgen den Grundsatz, dass jener Partner jenes Risiko tragen soll, das dieser am besten beherrscht. Unge-rechtfertigte Risikoüberwälzungen (z.B. Baugrundrisiko vollständig beim AN) tragen erhebliches Streitpotential in sich und beeinflussen das Tunnelbauprojekt schon vor Baubeginn infolge unangemessener Angebotspreise (beispielsweise durch spekulative Preisbildung, hohe Risikozuschläge) negativ. Die Behandlung der oben genannten Risiken nach den jeweiligen Vertragsmodellen, insbesondere die Risikoverteilung, erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln 5.2 und 5.3.^{234,236,237}

5.2 Behandlung der Risiken nach dem ÖNORM-Modell

In den folgenden Unterabschnitten wird untersucht, wie mit den im vorherigen Abschnitt beschriebenen Risiken im heimischen Vertragswerk umgegangen wird. Es wird die Zuordnung zu den einzelnen Sphären der Vertragspartner erläutert und es werden besondere Risiken sowie die daraus resultierende Vergütungssicherheit für Ausführende analysiert.

5.2.1 Risikosphären gemäß der Norm

Das heimische Vertragsmodell sieht eine strikte Zuordnung jeweiliger Risiken in die Sphären der Vertragspartner vor. Eine kollektive Risikoübernahme ist nicht vorhanden. Nachstehend werden die einzelnen Sphären des AG und AN in Bezug auf die wesentlichen Risiken im Tunnelbau des Unterabschnittes 5.1 betrachtet.

²³⁶Vgl. [40] ÖBV, S. 19 f.

²³⁷Vgl. [16] FIDIC Emerald Book Guidance, S. 77

Sphäre des AG

Der Bauherr trägt im Allgemeinen das Risiko für den Baugrund. Infolge seiner Planung und Beschreibung des Untertagebauvorhabens kommt ihm überwiegend das Vollständigkeitsrisiko zu. Aufgrund seiner Vorgaben für geeignete Verfahren zur Bauausführung übernimmt der AG eine entsprechende Verantwortung für das Systemrisiko. Die Zuordnung dieser drei Risikocluster in die Sphäre des Bauherrn wird folgend näher begründet:^{233,238,239}

- **Baugrundrisiko**

Der Bauherr stellt in aller Regel für ein Tunnelbauwerk den „Stoff“ – den Baugrund zur Verfügung. Gemäß *ÖNORM B 2118* fallen daher prinzipiell die Risiken in Verbindung mit dem Untergrund in dessen Sphäre. Es obliegt dem AG, die vollständige und plausible Beschreibung der erwarteten Baugrundverhältnisse mit sämtlichen, voraussichtlichen Vortriebserschwernissen im Zuge der geotechnischen Planung (siehe Abschnitt 3.1) vorzunehmen. Von der Prognose abweichende Baugrundverhältnisse und deren Folgen sind sodann vom Bauherrn zu tragen. Darunter kann man die Verschiebung der vorgegebenen Vortriebsklassenverteilung, jeweilige Mengenänderungen (z.B. der Sicherungsmittel), unzureichende Angaben von Kennwerten oder deren ungeeignete Bandbreiten (z.B. einaxiale Druckfestigkeit $\leq 300 \text{ MN/m}^2$), eine lückenhafte Beschreibung oder fehlende Regelungen in Bezug auf die angetroffenen Erschwernisse (Blockigkeit, Mixed-Face, Hindernisse, usw.) verstehen. Ferner würde eine unmögliche Zuteilung der Ausbruchsleistungen in die ausgeschriebenen Vortriebsklassen (Vgl. Vortriebsunterbrechung bzw. Sondervortrieb und Ereignisbewältigung) eine solche Abweichung darstellen.

- **Vollständigkeitsrisiko**

Gemäß *ÖNORM*-Modell liegt die Planung und Beschreibung des Tunnelbauwerkes im Verantwortungsbereich des AG. Die *ÖNORM B 2118* schreibt hierbei eine vollständige Beschreibung der Leistungen und sämtlicher Umstände sowie Randbedingungen des Projektes vor. Die Werkvertragsnormen des Tunnelbaues legen zudem fest, dass Positionen für essentielle Vortriebsleistungen und BGK in Form von EHP-Positionen mit Mengenvordersätzen im LV aufzunehmen sind. Die Ausschreibung durch den Bauherrn erfolgt somit in einem entsprechenden Detaillierungsgrad der LB und es kommt ein EHP-Vertrag mit einem in Positionen gliederten LV zum Einsatz. Laut Kropik [32] liegt das Vollständigkeitsrisiko umso mehr beim AG, je detaillierter dieser seine LB gestaltet. Nach Auffassung des Autors ist daher dieses Risiko grundsätzlich der Sphäre des Bauherrn zuzuordnen. Jedoch kann eine gewisse Risikoüberwälzung durch globale Leistungsbeschreibungen, z.B. in Form von PAP-Positionen mit keiner ausführlichen Definition des Leistungsumfanges, auf den AN erfolgen.

- **Systemrisiko**

Der AG ist im Zuge der Ausschreibung angehalten, Vorgaben für geeignete Ausbruchsmethoden in den jeweiligen Vortriebsbereichen zu machen. Die *ÖNORM B 2203-2* bekräftigt diese Pflicht im kontinuierlichen Tunnelbau, indem die Vorschrift besteht, Mindestanforderungen an die TVM (siehe Abschnitt 3.3.2.2) durch den Bauherrn anzugeben. Der AG leistet somit Gewähr, dass der vorgegebene Rahmen für Systeme des Vortriebes geeignet ist. Käme es nun zu Mängeln während der Ausführung aufgrund der AG-seitigen Angaben, so ist dieses Risiko dem Autor nach vom Bauherrn zu tragen.

²³⁸Vgl. [47] *ÖNORM B 2118*: 2021-12-01, S. 27 ff.

²³⁹Vgl. [32] Kropik, S. 570 ff.

Sphäre des AN

Das ausführende Unternehmen trägt das Kalkulationsrisiko im Zuge seiner Preisermittlung. Aufgrund dessen Handlungsfreiheit hinsichtlich der Disposition jeweiliger Ressourcen, der Auswahl entsprechender Subunternehmer und der spezifischen Wahl der Bauverfahren kommt dem AN das Ausführungsrisiko zu. Überdies übernimmt die Baufirma eine gewisse Verantwortung für den Baugrund. Die im ÖNORM-Modell festgelegte Risikosphäre des AN wird im Folgenden näher beleuchtet:^{233,238,240}

- **Baugrundrisiko**

Eine bestimmte Risikoübernahme für den Baugrund resultiert infolge des Vertragsmodells aus dem Geltungsbereich der Vortriebsklassen (definierte Spannen der 1. und 2. Ordnungszahlen – Vgl. Abschnitt 3.1). Der Unternehmer trägt somit das Risiko, dass sich die ausgeführten Vortriebsleistungen innerhalb des Bereiches einer ausgeschriebenen Vortriebsklasse (z.B. Schwankung der Abschlagslängen, Stützmittelzahlen oder Penetration) bewegen können. Darüber hinaus übernimmt der AN die Verantwortung für die vorgegebene Streubreite prognostizierter Erschwernisse sowie die Bandbreite der dem Baugrundmodell zugrundeliegenden Parameter. Ein allfälliger Mehrausbruch bis zur Grenzfläche A (siehe beispielsweise Abb. 3.6 auf Seite 88) ist ebenfalls dem Baugrundrisiko des AN zuzuordnen. Zudem gehen ausgeschriebene, jedoch nicht eingetretene Verformungen des Untergrundes, welche das Maß \ddot{u}_m-v in der Abb. 3.7 auf Seite 97 wiedergibt, und ein damit verbundener Mehraufwand (Spritzbetonauffüllungen) zur Einhaltung des festgelegten Tunnelprofils zu Lasten der Baufirma. Die sachgerechte Behandlung des Baugrundes im Zuge der Vortriebs- und Sicherungsarbeiten liegt sinngemäß im Verantwortungsbereich des AN.

- **Kalkulationsrisiko**

Dieser Risikocluster fällt gänzlich in die Sphäre des AN. Der Unternehmer trägt die volle Verantwortung für seine getroffenen Annahmen (z.B. Aufwands- und Leistungswerte, Preisermittlung für Personal, Geräte, etc.) in seiner Kalkulation, sofern sich das vereinbarte Bau-Soll und die ausgeschriebenen Umstände der Leistungserbringung nicht ändern. Missachtet der Unternehmer die Vorgaben des AG oder weicht dieser von den Vorschlägen in der Ausschreibung ab, geht dies zu seinen Lasten. Die Spezifika des Kalkulationsrisikos wurden bereits im entsprechenden Punkt im Kapitel 5.1 dargelegt. Angemerkt soll sein, dass der AN auch objektiv erwartbare und aus den Unterlagen des AG (Pläne, Baubeschreibung, LV, etc.) ableitbare Umstände sowie örtliche Gegebenheiten in seiner Kalkulation zu berücksichtigen hat.

- **Systemrisiko**

In Verbindung mit diesem Risiko besteht ebenso eine gewisse Gefahr für das ausführende Unternehmen. Beispielsweise fertigt der AN im Falle eines Vortriebes mit einer TVM ein maschinentechnisches Konzept und nach Auftragsvergabe die Detailplanung für den Einsatz des Gerätes an (siehe Kapitel 3.3.2.4). Die Festlegungen sollten jedenfalls auf den Vorgaben des AG (Mindestanforderungen an die TVM) beruhen. Macht die Baufirma fehlerhafte Annahmen bzgl. der TVM oder widerspricht dessen Planung sogar den AG-seitigen Angaben und führt dies zu Mängeln in der Ausführung, hat der AN die Verantwortung dafür zu übernehmen.

- **Ausführungsrisiko**

Jegliche Unsicherheiten in Verbindung mit einer fachlichen und technisch richtigen Ausführung, wie etwa die sachgerechte Wahl der Bauverfahren, der geeignete Produktionsmittelein-

²⁴⁰Vgl. [32] Kropik, S. 748 ff.

satz (Personal, Geräte und Material) und dessen Disposition, stellen das Ausführungsrisiko dar. Im Tunnelbau ist das Erreichen der vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten diesem Risikocluster zuzuordnen. Laut ÖNORM-Modell fällt dieses Risiko in die Sphäre des AN. Dessen eingehende Charakteristika sind unter dem betreffenden Punkt im Abschnitt 5.1 zu finden.

Eine zusammenfassende Übersicht der Risikosphären der Vertragspartner des heimischen Vertragsmodells im Vergleich mit dem internationalen Modell der *FIDIC* erfolgt anhand der Tab. 5.3 im Kapitel 5.4.2.

5.2.2 Risiko und Vergütungssicherheit für Ausführende

Aus den Ausführungen im Punkt *Sphäre des AN* des Abschnittes 5.2 gehen bereits die signifikanten Risiken für das ausführende Unternehmen im Rahmen eines Tunnelbauprojektes hervor. Das Kalkulationsrisiko sowie Ausführungsrisiko sind dabei vollständig in die Sphäre des AN zuzuordnen und dem Unternehmen kommt auch eine bestimmte Verantwortung im Rahmen des Systemrisikos zu.

Außerdem übernimmt die Baufirma in Verbindung mit der Vergütungssystematik des ÖNORM-Modells einen gewissen Teil des Baugrundrisikos. Der Verfasser möchte hierbei hervorheben, dass der AG nur jene Baugrundrisiken dem AN übertragen kann, die einerseits beschrieben wurden und andererseits kalkulierbar sind. Dies hat der Bauherr infolge seiner Ausschreibung, insbesondere durch die sorgfältig durchgeführte und fachlich fundierte geotechnische Planung mit der Festlegung von Vortriebsklassen, zu gewährleisten. Die *ÖBV* [40] empfiehlt dabei nicht nur eine verbale, sondern auch eine quantifizierte Beschreibung des Untergrundes zufolge der Angabe maßgeblicher Parameter und deren plausibler Bandbreiten. Dadurch kann eine Übernahme nicht kalkulierbarer Baugrundrisiken durch den AN vermieden werden.²³⁶

Obwohl dem AG zum größten Teil die Verantwortung für die Vollständigkeit der Beschreibung des Bauwerkes obliegt (Vgl. *Sphäre des AG* im Unterabschnitt 5.2.1), ist es im Rahmen des ÖNORM-Modells möglich, dass dem AN ein gewisser Teil des Vollständigkeitsrisikos zukommt. Solch eine Risikoüberwälzung kann beispielsweise durch PAP-Positionen mit einer vorwiegend globalen Beschreibung der Leistung (z.B. Position: Einrichten der Tunnelbaustelle) erfolgen. Beabsichtigt der Bauherr eine Übertragung gewisser Risiken an den AN, hat dieser jedoch dies gemäß *ÖNORM B 2118* eindeutig zu kennzeichnen und die Risiken kalkulierbar darzustellen. Darüber hinaus sollte der AN im Zusammenhang mit dem Vollständigkeitsrisiko allfällig erforderlichen Nebenleistungen Beachtung schenken. Solche Leistungen sind bereits mit den EHPen jeweiliger Positionen abgegolten. Wichtig dabei ist die Abgrenzung, welche Leistungen als Nebenleistungen zu verstehen sind und welche als Hauptbauleistungen einer gesonderten Vergütung bedürfen. Eine exemplarische Auflistung geben sowohl die *ÖNORM B 2118* wie auch die Werkvertragsnormen des Tunnelbaues (siehe *Merkmale der Angebotserstellung* im Abschnitt 3.2.3 sowie 3.3.2.2). Unter Umständen legt der AG eine solche Definition der Nebenleistungen im Vertrag explizit nicht mehr fest und so hat das Unternehmen zu eruieren, welche Nebenleistungen zur Baudurchführung notwendig sind. Infolgedessen trägt dieser daher das damit verbundene Risiko.^{241,242}

Eine weitere, spezifische Risikoübernahme in Verbindung mit der Angebotskalkulation bestimmter, mengenabhängiger Positionen stellt dem Autor nach die ausgedehnte „20 %-Klausel“ der Tunnelbaunormen dar. Diese legt u.a. fest, dass erst bei Unterschreitung der ausgeschriebenen Menge um 50 % ein neuer EHP für die betroffene Position ausverhandelt werden kann (siehe *Spezifika im Leistungsänderungsrecht* unter dem Abschnitt 3.3.2.1). Somit übernimmt der AN bis zur

²⁴¹Vgl. [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01, S. 12

²⁴²Vgl. [32] Kropik, S. 109 f.

Hälfte der ursprünglichen Menge das Risiko für die Unterdeckung jeweiliger Kosten (z.B. GGK, Bauzinsen, Materialeinkaufspreise, Transportkosten, o.ä.) aufgrund der Mengenansätze im EHP. Nachfolgende Aufzählung listet weitere, besondere Risiken für den AN auf, die ggf. mit dem heimischen Vertragsmodell einhergehen können:

- Abgabe von Alternativangeboten (Stichwort *garantierter Gesamtpreis* – siehe Punkt *Merkmale der Angebotserstellung* des Abschnittes 3.2.2)
- Verletzung der Prüf- und Warnpflicht (Vgl. Abschnitt 3.2.4)
- Ausfall oder Insolvenz eines ARGE-Partners

Im Tunnelbau wird die Vergütungssicherheit für Ausführende maßgeblich von der Verteilung der Baugrundrisiken beeinflusst. Durch die Einführung und kontinuierliche Weiterentwicklung der Werkvertragsnormen des Untertagebaues wurde eine Grundlage für eine ausgeglichene und faire Baugrundrisikoverteilung geschaffen. Die darin enthaltenen, fachspezifischen Regelungen tragen wesentlich zu einer Erhöhung der Vergütungssicherheit für die Unternehmer bei. Besonders erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang das flexible Vergütungssystem – die Möglichkeit der Verschiebung ausgeschriebener Vortriebsklassen während der Ausführung und eine dementsprechende Vergütung der zeitabhängigen Vortriebsleistungen sowie ZGK in den geeigneten Positionen des Tunnelbau-LVs. Die gemeinsame Festlegung der Ausbruchs- und Sicherungsmaßnahmen, die Ausmaßfeststellung und folglich Vergütung der eingebauten Mengen (z.B. Stützmittel) sowie die konkrete Regelung zu Wassererschwernissen liefern allesamt einen positiven Beitrag.

Auf der anderen Seite existieren jedoch einige Unsicherheiten bzgl. des nationalen Vertragsmodells, die eine angemessene, leistungsgerechte Vergütung unter Umständen nachteilig beeinflussen können. In den neuen Tunnelbaunormen sind hinsichtlich essentieller Erschwernisse, wie beispielsweise Blockigkeit, Mixed-Face oder hoher Verschleiß an Bohrwerkzeugen infolge extrem abrasiven Gesteins, keine praktischen Vergütungsregelungen zu finden. Zudem wirkt sich eine mögliche unvollständige und undetaillierte LB des AG auf eine sachgerechte Kalkulierbarkeit aus und kann dem AN ein gewisses Vollständigkeitsrisiko übertragen.

Sofern aber der Bauherr eine sorgfältige Baugrundprognose durchführt, welche sich wesentlich durch die Angabe wichtiger Untergrundparameter und deren plausibler Bandbreiten sowie die Festlegung von Vortriebsklassen und deren Verteilung auszeichnet, und projektspezifische Angaben sowie Regelungen zu Vortriebserschwernissen über den Rahmen der Tunnelbaunormen hinaus definiert, wird die Vergütungssicherheit für den AN effizient erhöht. Ein besonderes Augenmerk des AG auf eine möglichst vollständige sowie detaillierte Beschreibung des Hohlraumbauwerkes führt ebenso zu einer Steigerung der Vergütungssicherheit für das ausführende Unternehmen.

5.3 Behandlung der Risiken nach dem Emerald Book

Wie das internationale Vertragswerk der *FIDIC* für den Tunnelbau mit den im Abschnitt 5.1 definierten Risiken verfährt, wird in den nachstehenden Unterabschnitten erläutert. Es erfolgt die Untersuchung der Risikosphären der Vertragspartner und maßgeblicher Risiken für den AN aufgrund des Vertragsmodells. Abschließend wird die sich daraus ergebende Vergütungssicherheit für Ausführende abgeleitet.

5.3.1 Risikosphären gemäß FIDIC-Modell

Ganz im Einklang mit der allgemeinen *FIDIC*-Philosophie ist eines der Kernprinzipien des *Emerald Book* eine ausgewogene Risikoverteilung. Ertl [13] zufolge werden dadurch die Projektkosten

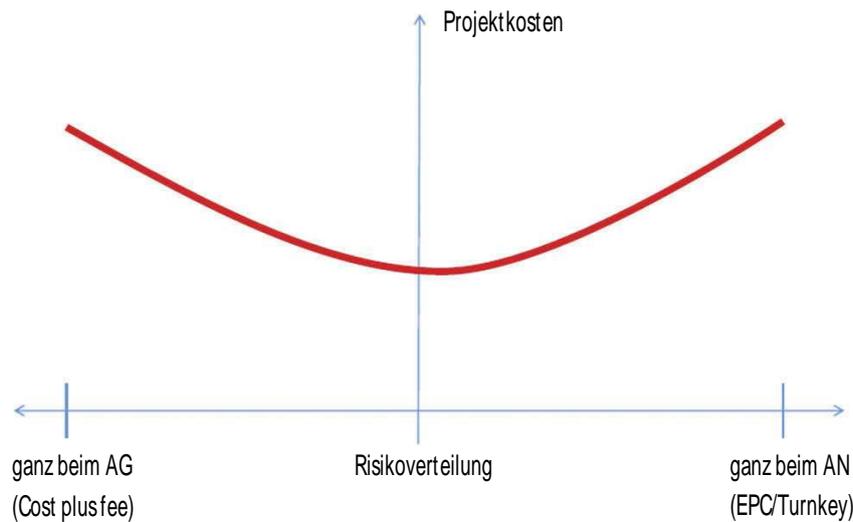


Abb. 5.1: Projektkosten in Abhängigkeit von der Risikoverteilung (Quelle: Adaptiert nach Ertl [13, S. 4463])

erheblich gesenkt und gleichzeitig die Kostenstabilität erhöht. Die Auswirkung einer ausbalancierten oder einseitigen Risikoverteilung auf die Projektkosten ist in Abb. 5.1 gut ersichtlich. Im Falle einer Risikotragung überwiegend durch nur einen Partner, wie infolge des *Cost plus fee*-Modells²⁴³ beim AG oder im Zuge eines *EPC/Turnkey*-Vertrages²⁴⁴ beim AN, erhöhen sich die Kosten signifikant.²⁴⁵

Das *Emerald Book* setzt auf eine Zuordnung jeweiliger Risiken in die Sphären des AG bzw. AN. Ein gemeinschaftlicher Risikotopf ist nicht vorhanden. Anschließend wird die Verteilung der maßgeblichen Risiken des Tunnelbaues des Unterabschnittes 5.1 näher erläutert.

Sphäre des AG

Infolge des Vertragsmodells kommt dem Bauherrn prinzipiell das Baugrundrisiko zu. Durch seine Angaben zu möglichen Vortriebsmethoden in der Ausschreibung trägt der AG einen bestimmten Teil des Systemrisikos. Die Zuteilung der zwei Risikogruppen in die Sphäre des AG wird wie folgt argumentiert:^{246, 247, 248}

- **Baugrundrisiko**

Die Beschreibung und Interpretation des Baugrundes fällt in den Verantwortungsbereich des AG. Die vertragliche Prognose des Untergrundes erfolgt im *GBR* in Verbindung mit dem *Schedule of Baselines*, wobei zusätzlich das Tunnelbau-LV durch die Anführung geeigneter Positionen für unterschiedliche Vortriebe in diesem Zusammenhang eine entsprechende Rolle spielt (siehe *Merkmale der Ausschreibung* im Kapitel 4.2). Diese vertraglichen Dokumente (*GBR & Schedule of Baselines & LV*) fungieren ferner als einzige Quelle zur Unterscheidung von erwartbaren und unvorhergesehenen Baugrundverhältnissen, indem darin nur der prognostizierte Baugrund beschrieben wird. Das Risiko hinsichtlich der Richtigkeit und Zuverlässigkeit der Angaben im *GBR* und *Schedule of Baselines* fällt somit

²⁴³Unter dem Modell wird die Vergütung tatsächlicher Projektkosten plus eines vereinbarten GU-Zuschlages (GGK, Zinsen, Wagnis, Gewinn) zumeist anhand *open books* verstanden. Vgl. [2] Affenzeller, S. 36

²⁴⁴Ein solcher Vertrag würde das *Silver Book* der *FIDIC* darstellen (siehe Tab. 2.5 auf Seite 57).

²⁴⁵Vgl. [13] Ertl, S. 4462

²⁴⁶Vgl. [16] *FIDIC Emerald Book Guidance*, S. 77 f.

²⁴⁷Vgl. [13] Ertl, S. 4466 f.

²⁴⁸Vgl. [12] Ericson, S. 4457 ff.

in die Sphäre des Bauherrn. Unter solche Risiken fallen sämtliche Abweichungen bezogen auf die ausgeschriebenen Verhältnisse, wie die Verschiebung der AG-seitig festgelegten Vortriebsabschnitte, allfällige Mengenerhöhungen im Zuge der Ausmaßfeststellung (z.B. Stützmittel), unzureichend beschriebene Erschwernisse oder eine mangelhafte Angabe von maßgebenden Kennwerten und deren ungeeigneter Bandbreiten. Gänzlich unvorhergesehene Untergrundverhältnisse, s.g. *unforeseeable (subsurface) physical conditions*, die definitionsgemäß außerhalb des Rahmens des *GBR* liegen, gehen konsequenterweise vollständig zu Lasten des Bauherrn.

- **Systemrisiko**

Die *FIDIC* empfiehlt im *Emerald Book* dem AG, dass dieser geeignete Ausbruchsmethoden im Zuge der Erstellung des *GBR* angibt. Außerdem ist der Bauherr angehalten, Festlegungen zu Vortriebs- sowie Stützmaßnahmen in seinen *Employer's Requirements* bzw. in seiner Referenzplanung zu treffen und notwendige Schlüsselgeräte für die Ausführung im *Schedule of Contractor's Key Equipment* anzugeben (siehe *Merkmale der Ausschreibung* im Kapitel 4.2). Gesetzt den Fall, dass der AN nicht schon im Zuge der Detailplanung aufgrund seiner Fachexpertise Bedenken wegen der Eignung AG-seitig angegebener Vortriebssysteme angemeldet hat und der Mangel für die Baufirma somit nicht erkennbar war, trägt, den Schlussfolgerungen des Verfassers nach, der Bauherr das Risiko für seine Festlegungen.

Sphäre des AN

Das ausführende Unternehmen übernimmt aufgrund seiner umfangreichen Planungstätigkeit grundsätzlich das Vollständigkeitsrisiko. Infolge der getroffenen Annahmen zur Preisermittlung im Zuge der Angebotslegung liegt das Kalkulationsrisiko in der Sphäre des AN und bedingt durch die Wahl des Vortriebssystems auf Detailebene trägt der Ausführende großteils das Systemrisiko. Für entsprechende Unsicherheiten bzgl. der sachgerechten Ausführung (geeignete Wahl und Disposition von Produktionsmitteln, Beauftragung von Subunternehmern/Lieferanten, etc.) haftet naturgemäß die Baufirma. Obendrein kommt ebenso dem Unternehmer ein bestimmtes Risiko im Zusammenhang mit dem Baugrund zu. Die Risikozuteilung an den AN nach dem *FIDIC*-Vertragsmodell wird anschließend näher betrachtet.^{246,247}

- **Baugrundrisiko**

Dem Unternehmer kommt innerhalb des Geltungsrahmens des *GBR* ein gewisses Baugrundrisiko zu. Im *GBR* empfiehlt das *Emerald Book* dem Bauherrn, ein Baugrundklassifizierungssystem mit der Einteilung von Vortriebsabschnitten zu realisieren (Verweis auf den Punkt *Merkmale der Ausschreibung* im Kapitel 4.2). Sofern diesen Abschnitten ein entsprechender Geltungsbereich (geeignete Parameter und Bandbreiten) zugrunde gelegt wird, übernimmt der AN das Risiko, dass sich ein jeweiliger Vortrieb innerhalb dieser Bereiche bewegen kann. Dasselbe gilt ferner für die Streubreiten ausgeschriebener Vortriebserschwernisse, beispielsweise im *Schedule of Baselines* (Vgl. Tab. 4.1 auf Seite 114). Die sorgsame und fachliche Behandlung des Baugrundes während der Ausführung liegt ebenso bei diesem Vertragsmodell im Verantwortungsbereich des Unternehmers.

- **Vollständigkeitsrisiko**

Im Rahmen der *FIDIC*-Vertragsschablone vollzieht der AN im Allgemeinen die Ausführungsplanung des Tunnelbauprojektes auf Basis der Vorgaben des AG (*Employer's Requirements* und Referenzentwurf). Obwohl die Verpflichtung des Bauherrn in der Erstellung einer konstruktiven LB für die Ausbruchs- und Sicherungsarbeiten (Tunnelbau-LV mit entsprechenden Positionen) besteht, werden alle anderen Leistungen in funktionaler Form beschrieben (siehe Abschnitt 4.3). Eine Verantwortung kommt dem AG hinsichtlich

der vollständigen Beschreibung der im Zusammenhang mit dem Vortrieb stehenden Leistungen zu. Das ausführende Unternehmen trifft sodann sämtliche Festlegungen für das Untertagebauvorhaben auf Detailebene und übernimmt daher letztendlich überwiegend das Vollständigkeitsrisiko.

- **Kalkulationsrisiko**

Die Gefahren aber auch Chancen bezüglich jeglicher Annahmen und Einschätzungen (Leistungsansätze, Preise für Produktionsmittel, usw.) im Zuge der Preisbildung trägt vollständig der AN. Die Ausführungen zu dieser Risikogruppe treffen in gleichem Maße zu wie in demselben Punkt des Unterabschnittes 5.2.1. Der Autor möchte hierbei anmerken, dass der Unternehmer aufgrund seiner umfangreichen Planungsleistungen in der Lage ist, gezielte Annahmen für die Kalkulation zu treffen und dadurch dieses Risiko für sich verringern kann.

- **Systemrisiko**

Den Erläuterungen dieses Risikoclusters bezogen auf die Sphäre des AG im selben Unterabschnitt ist zu entnehmen, dass der Bauherr bereits durch die Ausschreibung Vorschläge bzw. Vorgaben zu geeigneten Vortriebssystemen macht. Das Unternehmen bestimmt in weiterer Folge die erforderlichen Spezifikationen der Tunnelbauverfahren im entsprechenden Detaillierungsgrad. Kommt es dabei zu fehlerhaften Festlegungen oder gar zu Abweichungen von den AG-seitigen Vorgaben, die zu Mängeln im Vortrieb führen, trägt die Baufirma die Verantwortung für ihr Handeln.

- **Ausführungsrisiko**

Das Risiko einer fachlichen und technisch richtigen Bauausführung weist das *Emerald Book* der Sphäre des AN zu. Ein spezifisches Risiko im Untertagebau ist dabei die vertragliche Gewährleistung der vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten der jeweiligen Abschnitte. Charakteristische Merkmale dieser Risikogruppe können dem entsprechenden Punkt im vorangegangenen Unterabschnitt 5.1 entnommen werden.

Eine Zusammenfassung der Risikozuordnung in die einzelnen Sphären des internationalen Vertragsmodells in Gegenüberstellung mit der Risikoverteilung des ÖNORM-Modells ist in Form der Tab. 5.3 im Abschnitt 5.4.2 zu finden.

5.3.2 Risiko und Vergütungssicherheit für Ausführende

Die kennzeichnenden Risiken für den ausführenden Vertragspartner in Anwendung des *Emerald Book* sind bereits in den Erläuterungen zur *Sphäre des AN* im vorherigen Abschnitt zu finden. Dabei ist zu erkennen, dass einerseits das Vollständigkeitsrisiko zum größten Teil der Unternehmer trägt und andererseits das Kalkulations- wie auch das Ausführungsrisiko gänzlich der Sphäre des AN zuzuordnen sind. Überdies kommt der Baufirma ein bestimmtes Systemrisiko zu.

Eine Übernahme eines gewissen Baugrundrisikos durch den AN erfolgt laut der Vertragsvorlage nur innerhalb des Geltungsbereiches des *GBR*. Dem Autor ist es wichtig hervorzuheben, dass der Unternehmer nur jene Baugrundrisiken übernehmen kann, die in diesem Dokument qualitativ sowie quantitativ beschrieben wurden und somit kalkulierbar sind. Der *GBR* in Kombination mit der *FIDIC*-Variante des österreichischen Bauzeitmodells, dem *Schedule of Baselines*, und dem Tunnelbau-LV dient als einzige Quelle zur Identifizierung prognostizierter Baugrundverhältnisse. Somit werden lediglich im Rahmen dieser Vertragsunterlagen dem Unternehmer entsprechende Baugrundrisiken übertragen.

Ein besonderes Risiko in Verbindung mit dem Vollständigkeits- und Kalkulationsrisiko kommt dem ausführenden Unternehmen aufgrund der globalen Beschreibung und pauschalen Vergütung etlicher Leistungen zu (Vgl. *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* im Unterabschnitt 4.1). Das *Emerald Book* definiert, dass sämtliche Aufwendungen, die nicht im Zusammenhang mit den Vortriebsarbeiten (sowie mit der Tunnelauskleidung) stehen, mit einem PAP abgegolten werden. Der AN hat daher aus den Unterlagen des Bauherrn (*Employer's Requirements*, Referenzentwurf des AG, etc.) zu erkennen, welche Leistungen mit dem PAP zusammengefasst werden. Beispielsweise können notwendige Nebenleistungen oder das Einrichten und Räumen der Tunnelbaustelle darunter subsumiert werden. Das Risiko, dass bestimmte Leistungen im Zuge der Kalkulation und infolgedessen in der Vergütung, die aus den Ausschreibungsunterlagen bzw. der örtlichen Besichtigung ersichtlich oder ableitbar wären, unberücksichtigt bleiben, liegt somit in der Sphäre des Unternehmers.

Eine spezifische Klausel für eine reine Mengenänderung (ohne Leistungsabweichung), wie diese infolge der „20%-Klausel“ im ÖNORM-Modell existiert, ist im *FIDIC*-Vertragswerk nicht zu finden (siehe *Abwicklung von Leistungsabweichungen* im Unterabschnitt 4.1). Aus diesem Grunde hat der AN bereits im Zuge seiner Angebotskalkulation gewissenhaft jeweilige Mengenansätze in den EHPen zu berücksichtigen. Treten nun Mengenänderungen bei der Ausmaßfeststellung ein und liegen dabei keine Leistungsabweichungen vor, trägt der Unternehmer das Risiko einer allfälligen Unterdeckung bestimmter Kosten (beispielsweise für G GK, Bauzinsen, Materialeinkaufspreise) aufgrund seiner Mengenansätze. Die anschließende Auflistung soll weitere, besondere Risiken für Ausführende anführen, die unter Umständen aus dem *Emerald Book* resultieren können:

- Abgabe von Alternativangeboten (ggf. AN-seitige Risikoübernahme – siehe Punkt *Merkmale der Angebotserstellung* des Abschnittes 4.2)
- Verletzung der Prüf- und Warnpflicht, insbesondere bei der Begutachtung der Ausschreibungsunterlagen des AG²⁴⁹ (Vgl. Abschnitt 4.4)
- Ausfall oder Insolvenz eines ARGE-Partners

Eine entsprechende Vergütungssicherheit für den ausführenden Vertragspartner beruht großteils auf der Risikoverteilung hinsichtlich des Baugrundes. Im internationalen Kontext wurde durch die Einführung des *Emerald Book* ein solider Rahmen für eine ausgewogene Verteilung dieses Risikos geschaffen. Das Kernstück dafür bildet der *GBR*, der in Verbindung mit dem *Schedule of Baselines* und dem Tunnelbau-LV als einzige vertragliche Quelle für prognostizierte Baugrundrisiken herangezogen wird. Durch die darin AG-seitige Definition eines Baugrundklassifizierungssystems und der Festlegung von Vortriebsabschnitten wird ein flexibles Vergütungsmodell (siehe entsprechender Punkt im Abschnitt 4.1) ermöglicht. Dieses System gewährleistet in Verbindung mit der Ausmaßfeststellung die Fortschreibungsfähigkeit des Vertrages bzgl. des Entgelts und der Bauzeit. Es werden dadurch die wesentlichen ZGK anhand der angetroffenen Verteilung der Vortriebsabschnitte vergütet und die vom Vortrieb beeinflussten Mengen in tatsächlicher Höhe abgegolten, ohne dabei auf langwierige Nachtragsforderungen angewiesen zu sein. Kommt es jedoch zu Nachträgen aufgrund von Leistungsabweichungen, soll ferner jene Klausel erwähnt werden, die sich auf günstige Untergrundverhältnisse beruft. Diese Klausel besagt, dass der *Ingenieur* im Zuge seiner Prüfung von MKF's, beruhend auf unvorhergesehenen Baugrundverhältnissen, allfällige Abschläge infolge besserer Baugrundverhältnisse als im *GBR* beschrieben, festlegen kann. Im Falle, dass solche Verhältnisse zu Tage treten, profitiert der Bauherr. Jedoch darf das Ergebnis allfälliger Abzüge aufgrund dieser Klausel zu keiner Verringerung des ursprünglichen

²⁴⁹Vgl. [15] FIDIC Emerald Book General Conditions, S. 12

Vertragspreises führen, womit eine gewisse Vergütungssicherheit sichergestellt wird. (Vgl. *Abwicklung von Leistungsabweichungen* im Kapitel 4.1). Diese im *FIDIC*-Vertragsmuster verankerten, tunnelbauspezifischen Regelungen tragen allesamt wesentlich zur einer angemessenen und fairen Vergütung für den AN bei.

Andererseits schmälern einige Aspekte des *Emerald Book* unter Umständen die Vergütungssicherheit für Ausführende. Die Übertragung des Vollständigkeitsrisikos vorwiegend an den Unternehmer infolge einer globaler LB und eines PAP könnte ggf. dazu führen, dass der AN nicht alle erforderlichen Leistungen erkennt und somit diese in seinem PAP-Angebot unberücksichtigt bleiben. Die nur vage Empfehlung des Vertragsmodells an den Bauherrn zur Ausschreibung maßgeblicher Vortriebserschwernisse (siehe Tab. 4.1 auf Seite 114) und das Fehlen explizit definierter Regelungen dafür, können mitunter zu erheblichen Diskussionen während der Ausführungsphase führen, sofern der AG keine über das *Emerald Book* hinausgehende Präzisierung von Erschwernissen vornimmt.

Es liegt im Einflussbereich des AG, die Empfehlung des *Emerald Book* zur Ausschreibungserstellung, speziell zur sorgfältigen Baugrundprognose anhand des *GBR*, bestmöglich umzusetzen, eine kalkulierbare Beschreibung des Tunnelbauwerkes (*Employer's Requirements*, Referenzentwurf des AG, usw.) zu generieren und darüber hinaus projektspezifische Regelungen, v.a. für Vortriebserschwernisse, in den *Particular Conditions* und/oder im *GBR* festzusetzen. Der Bauherr soll sich dabei das fundamentale Kernprinzip²⁵⁰ der *FIDIC* vor Augen führen, dass die ausgewogene Risikoverteilung der *General Conditions* durch die *Particular Conditions* nicht abgeändert werden darf. Somit kann eine entsprechende Vergütungssicherheit für Ausführende sichergestellt werden.²⁵¹

5.4 Vergleichende Zusammenfassung der Vertragsmodelle

Die maßgeblichen Erläuterungen und Erkenntnisse zum nationalen sowie internationalen Vertragsmodell des Tunnelbaues der vorangegangenen Abschnitte (Kapitel 3, 4 und 5) werden in diesem Unterabschnitt zusammengeführt. Es erfolgt eine vergleichende Zusammenfassung ausgewählter, charakteristischer Merkmale und darauffolgend werden die einzelnen Risikosphären der Vertragswerke sowie insbesondere die Risiken und die Vergütungssicherheit für Ausführende gegenübergestellt. Um dabei eine gewisse Übersichtlichkeit zu bewahren und ein entsprechendes Verständnis für die beiden Modelle zu erlangen, werden Matrizen bzw. Tabellen für den Vergleich eingesetzt. Eine abschließende Ergänzung der Risikoanalyse erfolgt durch die Einordnung der behandelten Vertragswerke unter den im Bauwesen üblichen Verträgen in Bezug auf die Risikoverteilung.

5.4.1 Charakteristische Merkmale der Modelle

Das Vertragsmodell des Tunnelbaues in Österreich unterscheidet sich von der internationalen Variante der *FIDIC* in einigen wesentlichen Aspekten. Gleichwohl sind auch wichtige, fachspezifische Parallelen in den beiden Vertragsschablonen zu finden. Um die signifikanten Differenzen und ferner die essentiellen Gemeinsamkeiten der Modelle aufzuzeigen, werden zum einen allgemeine Merkmale in Tab. 5.1 gegenübergestellt und zum anderen besondere Kennzeichen anhand der Tab. 5.2 verglichen.

Ein prägnantes Unterscheidungsmerkmal der Modelle stellt die Planungsverantwortung dar. Infolge des ÖNORM-Modells plant generell der AG mit seinen Erfüllungsgehilfen das Tunnelbauwerk. Sowohl die Genehmigungs- wie auch die Ausführungsplanung fallen in dessen Sphäre. Der

²⁵⁰in *FIDIC* Terminologie als *golden principle* bezeichnet

²⁵¹Vgl. [13] Ertl, S. 4464

Tab. 5.1: Zusammenfassende Gegenüberstellung allgemeiner Merkmale der Vertragsmodelle

allgemeine Merkmale	ÖNORM-Modell	FIDIC Emerald Book
Regelwerke	ÖGG-Planungsrichtlinien ÖNORM B 2118 ÖNORM B 2203-1 ÖNORM B 2203-2	<i>FIDIC Emerald Book</i>
Abwicklungsform	GU	GU+
Preisgestaltung	EHP-Vertrag	PAP-Vertrag mit Preisadjustierungen
Baugrunderkundung	geotechnischer Bericht durch AG	<i>GDR</i> durch AG
vertragliche Festlegungen des AG zum Baugrund	projektspezifisch im Bauvertrag	<i>GBR</i>
Einteilung des Untergrundes	GVT's	projektspezifisch festzulegen
Vorgaben des AG zu Ausbruchsmethoden	geotechnische Planung / Mindestanforderungen an die TVM	<i>GBR</i>
Genehmigungsplanung	AG	AG
Ausführungsplanung	generell durch AG	AN
Leistungsbeschreibung	konstruktiv	konstruktiv für Vortriebs- & Ausbaumaßnahmen / ansonsten funktional
Leistungsverzeichnis	in Einzelpositionen gegliedert	Positionen für Vortriebs- & Ausbauleistungen
Vergütungsmodell	flexibel zufolge der Vortriebsklassen	flexibel zufolge der Vortriebsabschnitte
Vergütung der zeitgeb. BGK	Bauzeitmodell	<i>Schedule of Baselines</i>
explizite Regelung von Vortriebserschwermissen	Mehrausbruch / Wasserandrang / Klebrigkeit	—
Ausmaßfeststellung	vorgesehen	vorgesehen für Vortriebs- & Ausbauleistungen
Mengenänderungsklausel	neuer EHP ab 100/50 % Mehrunter/Minderung	—
Nachtragsforderungen (MKF's)	Anmeldung dem Grunde & der Höhe nach (siehe S. 76)	Mitteilung dem Grunde & der Höhe nach (siehe S. 106)
Zeitbedarf für die Entscheidung über MKF's	innerhalb 2 Monate	innerhalb 42 Tagen
Streitschlichtung	2-stufiges Verfahren (kann vereinbart werden)	3-stufiges Verfahren (verpflichtend)
Gewährleistungsfrist	2 Jahre für bewegliche / 3 Jahre für unbewegliche Sachen	projektspezifisch vom AG festzulegen

Tab. 5.2: Zusammenfassende Gegenüberstellung besonderer Merkmale der Vertragsmodelle

besondere Merkmale	ÖNORM-Modell	FIDIC Emerald Book
<i>early contractor involvement</i>	—	gegeben infolge der Ausführungsplanung des AN
Möglichkeit eines Alternativangebotes	vorhanden	vorhanden
Möglichkeit des <i>Value Engineering</i>	vorhanden	vorhanden
Risikomanagement	—	<i>Risk Register & Risk Management Plan</i>
kooperativer Ansatz	regelmäßige Partnerschaftssitzungen	—
spezielle Organe	TSV / ÖBA	<i>Ingenieur</i>

Unternehmer bringt sein *Know-how* lediglich durch die endgültige Konzeption des zum Einsatz gelangenden Vortriebsverfahrens in die Planung ein. Beispielsweise überträgt die *ÖNORM B 2203-2* dem AN die Pflicht in der Erstellung eines maschinentechnischen Konzeptes, das nach Auftragsvergabe in eine Detailplanung der TVM übergeführt wird. Gemäß *Emerald Book* obliegt es dem Bauherrn, die Genehmigung für das Tunnelbauwerk infolge eines entsprechenden Entwurfes einzuholen, worauf die Baufirma nach Veröffentlichung des Projektes eine wesentliche Planungsleistung, die Detail- bzw. Ausführungsplanung, auf den Grundlagen des AG vollzieht. Die Vorstellungen und Vorgaben des Bauherrn werden durch die Ausschreibung anhand der Beschreibung des Bauwerkes, die *Employer's Requirements*, und grundsätzlich durch einen Referenzentwurf, der u.a. die Darstellung von Vortriebs- und Stützmaßnahmen beinhaltet, festgelegt. Demzufolge wird ein Untertagebauvorhaben unter dem Vertragswerk der *FIDIC* durch einen GU+ abgewickelt, wobei hingegen nach dem heimischen Vertragsmodell ein reiner GU beauftragt wird (Definitionen der Abwicklungsformen siehe Kapitel 2.4). Ein *early contractor involvement*, das frühzeitige Einbinden der Unternehmer zur Nutzung seines *Know-how's*, lässt sich somit vorwiegend beim *Emerald Book* finden, indem der AN die Ausführungsplanung vollzieht und daher zu einem früheren Zeitpunkt als beim ÖNORM-Modell zum Projekt hinzugezogen wird.

Eine weitere Gegensätzlichkeit der Vertragsvorlagen liegt in deren Preisgestaltungsform. Das ÖNORM-Modell sieht einen Einheitspreis (EHP)-Vertrag mit einer konstruktiven Leistungsbeschreibung (LB) vor. Kennzeichnend dafür sind die Bestimmungen der durch das Modell vereinbarten Normen zur Aufnahme allgemeiner sowie tunnelbauspezifischer Positionen im Leistungsverzeichnis (LV). Dagegen wird infolge der internationalen Vertragsschablone dem Bauvertrag ein Pauschalpreis (PAP) mit Preisanpassungsmöglichkeiten (Aufschläge/Abzüge im Zuge der Ausmaßfeststellung der Vortriebsleistungen) zugrunde gelegt. Eine LB konstruktiver Art mit einem entsprechenden LV existiert dabei nur für jene Leistungen, die vom Vortrieb beeinflusst werden. Alle anderen Bauleistungen beruhen auf einer funktionalen LB.

Explizite, verpflichtend anzuwendende Regelungen von Vortriebserschwernissen gibt lediglich das ÖNORM-Modell. Das *Emerald Book* empfiehlt bloß dem Bauherrn die Beschreibung und Regelung von allfälligen Erschwernissen im Zuge des Ausbruches, ohne dabei auf gezielte Bestimmungen einzugehen. Eine exemplarische Aufzählung von Vortriebsbehinderungen in diesem Zusammenhang ist im *Schedule of Baselines* (siehe Tab. 4.1 auf Seite 114) gegeben. Eine Form des

Risikomanagements wird beim *FIDIC*-Vertragsmodell angewendet. Das *Risk Register*, eine Liste mit den relevantesten Risiken und deren Sphärenzuordnung, sowie der *Risk Management Plan*, der eine Anleitung zum Umgang mit diesen Risiken gibt, sollen als präventives Instrument für eine konfliktarme Projektabwicklung eingesetzt werden. Jedoch ist eine verpflichtende, regelmäßige Partnerschaftssitzung zur kooperativen Problemlösung, wie diese im ÖNORM-Modell vorgesehen ist, im *Emerald Book* nicht zu finden. Weitere einschlägige Differenzen der beiden Modelle, wie etwa die speziellen Organe oder unterschiedlichen Ansätze zu Fristen (MKF's, Gewährleistung), können den Vergleichsmatrizen (Tab. 5.1 und 5.2) entnommen werden.

Auf der anderen Seite weisen die Vertragsvorlagen einige Gemeinsamkeiten auf. Einerseits führt in beiden Modellen der AG die Erkundung und Prognose zum Baugrund durch, wobei dieser auch eine Klassifizierung von gleichartigen Vortrieben vornimmt sowie Angaben zu geeigneten Ausbruchsverfahren in den jeweiligen Dokumenten (z.B. im *GBR* des *Emerald Book*) macht. Andererseits kommt in den Vertragsmustern ein sich ähnelndes, flexibles Vergütungsmodell zum Tragen. Infolgedessen werden die Vortriebsleistungen sowie zeitgebundenen BGK auf Basis der angetroffenen Verteilung der Vortriebsklassen (ÖNORM-Modell) bzw. Vortriebsabschnitte (*FIDIC Emerald Book*) mit den vertraglich vereinbarten Vortriebsraten vergütet. Die Grundlage der Vergütung der ZGK liefert dabei in beiden Fällen ein entsprechendes Bauzeitmodell. Darüber hinaus ist im nationalen sowie internationalen Vertragsmuster eine Ausmaßfeststellung von mengenabhängigen Tunnelbauleistungen vorgesehen, sodass grundsätzlich die tatsächlich ausgeführten Mengen abgegolten werden.

Es existieren zudem in den Vertragswerken klare Voraussetzungen und festgelegte Vorgangsweisen für etwaige Nachtragsforderungen (MKF's) und die Möglichkeit zur Legung von Alternativangeboten sowie des *Value Engineering*. Die gesamte Auswahl an übereinstimmenden allgemeinen und besonderen Merkmalen des ÖNORM-Modells im Vergleich mit dem *Emerald Book* ist in der Tab. 5.1 sowie 5.2 einzusehen.

5.4.2 Risikoverteilung der Vertragsmuster

Die Zuordnung der im Abschnitt 5.1 definierten Risiken in die jeweilige Sphäre des AG bzw. AN gleicht sich weitestgehend im ÖNORM- sowie im *FIDIC*-Vertragsmodell. Jedoch lässt sich ferner eine wesentliche Differenz bzgl. der Verteilung des Vollständigkeitsrisikos im Zuge des Vergleiches feststellen. Zum Zwecke einer zusammenfassenden Gegenüberstellung der Risikoverteilungen der vorgestellten Vertragsvorlagen werden in der Tab. 5.3 die Risikosphären miteinander verglichen. Des Weiteren kommt es zu einer Abwägung der maßgeblichen Risiken und Vergütungssicherheit für den Ausführenden, die aus den Vertragsmustern resultieren. Abgerundet wird dieser Unterabschnitt mit der Einordnung der Risikoverteilungen der beiden Modelle unter den im Bauwesen vorherrschenden Verträgen.

Aus dem Vergleich der Ausführungen im Kapitel 5.2 mit den Inhalten des Kapitels 5.3 geht hervor, dass bei beiden Vertragsmodellen der Bauherr vorwiegend das Baugrundrisiko trägt. Dem ausführenden Unternehmen kommt im Rahmen des Geltungsbereiches ausgeschriebener Vortriebsklassen bzw. -abschnitte sowie innerhalb der Streubreiten beschriebener Vortriebserschwernisse ebenso ein gewisser Teil des Baugrundrisikos zu. Überdies ist zu erkennen, dass für Festlegungen des Ausbruchsverfahrens jener Vertragspartner die Verantwortung für das Systemrisiko übernimmt, der diese getroffen hat. Das Kalkulations- und Ausführungsrisiko liegt gemäß dem nationalen sowie internationalen Vertragswerk gänzlich in der Sphäre des AN. Weitere, besondere Risiken können für die Baufirma bei Anwendung beider Vertragsvorlagen zufolge der Legung eines Alternativangebotes, im Zusammenhang mit der Prüf- und Warnpflicht sowie im Zuge einer ARGE-Partnerschaft entstehen (Vgl. Abschnitte 5.2.2 und 5.3.2).

Tab. 5.3: Zusammenfassende Gegenüberstellung der Risikoverteilungen der Vertragsmodelle

Risikocluster	ÖNORM-Modell	FIDIC Emerald Book
Baugrundrisiko	vw. AG / tw. AN	vw. AG / tw. AN
Vollständigkeitsrisiko	AG	AN
Kalkulationsrisiko	AN	AN
Systemrisiko	tw. AG / tw. AN	tw. AG / tw. AN
Ausführungsrisiko	AN	AN

Der signifikante Unterschied in der Risikoverteilung der Modelle liegt in der Zuordnung des Vollständigkeitsrisikos. Die Übernahme dieses Risikoclusters ergibt sich bereits aus den unterschiedlichen Abwicklungsformen. Nach dem ÖNORM-Modell plant und beschreibt der AG das Tunnelbauwerk und ein GU führt aus. So kommt grundsätzlich dem Bauherrn das Risiko zur vollständigen Beschreibung des Bauvorhabens zu. Dagegen wird das Projekt im Rahmen des *Emerald Book* durch einen GU+ abgewickelt, der die Ausführungsplanungsleistungen durchführt. Das Vollständigkeitsrisiko liegt somit überwiegend beim Unternehmer.

Zusammenfassend kann nun gesagt werden, dass die resultierende Gesamtrisikobelastung²⁵² für den Unternehmer, nach qualitativer Einschätzung des Autors aufgrund der vorangegangenen Analyse, beim *FIDIC*-Vertragsmodell generell höher ausfällt als beim heimischen Vertragswerk. Dieser Umstand spiegelt sich auch entsprechend in der Vergütungssicherheit für den AN wieder. Im Allgemeinen verschafft das nationale Vertragsmodell sowie die internationale Variante der *FIDIC* der ausführenden Firma, insbesondere die flexiblen Vergütungsmodelle, eine solide Grundlage für eine angemessene, faire Vergütung ihrer Aufwendungen. Jedoch lassen sich im ÖNORM-Modell genormte, tunnelbauspezifische Regelungen finden, speziell im Hinblick auf die Vortriebsklassifizierung und bzgl. wichtiger Erschwernisse, die im *Emerald Book* in diesem verbindlichen Umfang nicht existieren. Demzufolge und gemäß den zuvor erwähnten Erkenntnissen des Risikovergleiches für Ausführende kommt es zur Einschätzung des Verfassers, dass dem österreichischen Mustervertrag des Tunnelbaues eine grundsätzlich höhere Vergütungssicherheit für den AN zugrunde liegt als dem *FIDIC Emerald Book*.

Die Einordnung des ÖNORM-Modells und des *FIDIC Emerald Book* unter den im Bauwesen gebräuchlichen Vertragsmodellen erfolgt in Abb. 5.2. Auf der horizontalen Achse des Diagramms sind die Vertragsformen aufgetragen und die vertikale Achse gibt die Risikotragung durch den jeweiligen Vertragspartner wieder. Der EHP- sowie PAP-Vertrag wurden bereits im Abschnitt 2.4, speziell anhand der Tab. 2.4, sowie eingehend im Kapitel 3.2.1 unter dem Punkt *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* erläutert. Eine kurze Beschreibung „exotischer“ Modelle, wie der GMP-Vertrag bzw. das Allianzmodell, lässt sich im Abschnitt 2.4.3 bzw. 2.4.4 finden. Der PPP²⁵³-Vertrag kann sich u.a. dadurch auszeichnen, dass ein AN gesamtheitlich die Planung sowie Errichtung des Bauwerkes durchführt und in weiterer Folge diese Anlage für einen gewissen Zeitraum betreibt. Beispielsweise ist das *Golden Book* der *FIDIC* durch die typischen Merkmale dieser Vertragsform gekennzeichnet (Vgl. Tab. 2.5 auf Seite 57).

Der vorherigen Analyse ist zu entnehmen, dass das heimische Vertragsmodell überwiegend einem EHP-Vertrag entspricht und das internationale *FIDIC*-Vertragsmuster etliche Merkmale

²⁵²Die Gesamtrisikobelastung für den AN wird als die Summe aller in dieser Diplomarbeit beschriebenen und dem AN zugewiesenen Risiken aufgefasst.

²⁵³PPP = Public Private Partnership

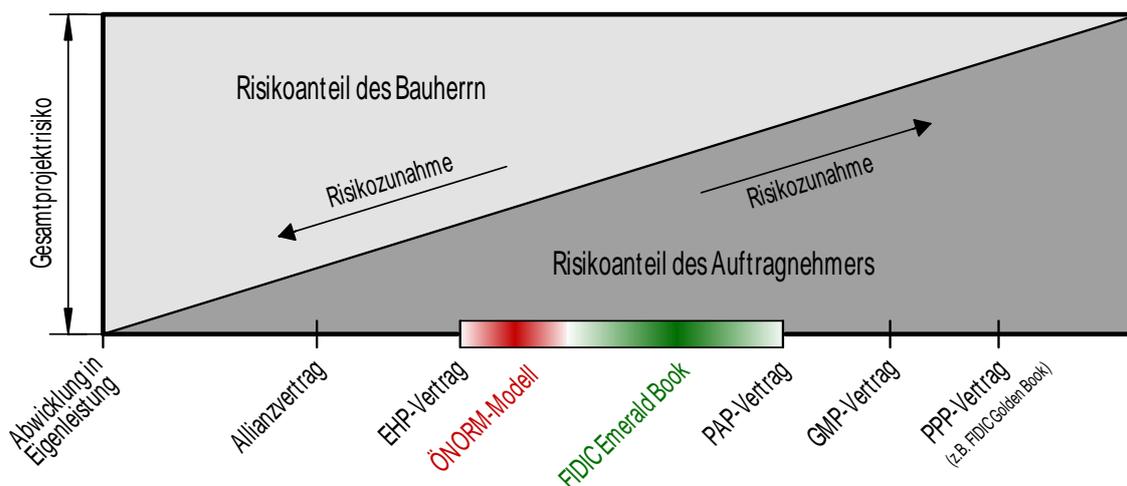


Abb. 5.2: Risikoverteilung in Abhängigkeit vom Vertragsmodell (Quelle: Modifiziert nach Khafadji und Scharpf [31, S. 16])

eines herkömmlichen PAP-Vertrages aufweist. Aus diesem Grunde ordnet der Verfasser nach qualitativer Abwägung das ÖNORM-Modell in der Umgebung des EHP-Vertrages im Diagramm ein, hingegen wird das *Emerald Book* zunehmend in der Nähe des PAP-Vertrages platziert. Der jeweilige Farbverlauf spiegelt die qualitative Zuordnung der Modelle im vorgegebenen Diagramm wieder. Dieser Einschätzung liegen somit Unsicherheiten zugrunde. Jedenfalls kann behauptet werden, dass das nationale Vertragsmodell kein EHP-Vertrag in seiner reinsten Form ist und der Tunnelbauvertrag der *FIDIC* nicht ausschließlich einen klassischen PAP-Vertrag verkörpert. Vielmehr stellen beide Modelle s.g. Mischformen dar (siehe *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* im Abschnitt 3.2.1 bzgl. ÖNORM-Modell und derselbe Punkt im Abschnitt 4.1 bzgl. *Emerald Book*). Diese Aussage wird infolge der weißen Ränder der Farbbalken im Diagramm ersichtlich. Überdies geht aus der Abb. 5.2 eine bereits genannte Schlussfolgerung hervor. Gemäß dieser kommt dem Unternehmer durch das österreichische Vertragswerk eine geringere Gesamtrisikobelastung zu als zufolge dem internationalen Vertragswerk. Im Allgemeinen wird aber durch die Abbildung zum Ausdruck gebracht, dass beide Vertragsmodelle eine annähernd ausgewogene Risikoverteilung zwischen den Partnern aufweisen.

5.5 Fallstudien – Abwicklung praxisnaher Ereignisse im Tunnelbau

Im folgenden Abschnitt wird die vertragliche Abwicklung ausgewählter Szenarien, die im Zuge eines Tunnelvortriebes typischerweise eintreten können, anhand von Fallstudien untersucht. Das Ziel ist es, die durch die vorangegangene Analyse erworbenen Erkenntnisse der in dieser Diplomarbeit behandelten Vertragsmodelle zur Anwendung zu bringen. Des Weiteren soll dem Leser ein besseres Verständnis vermittelt werden, inwiefern Gemeinsamkeiten der beiden Modelle in der Abwicklung solcher praxisnaher Ereignisse bestehen oder welche Differenzen diese dabei aufweisen.

Es werden drei gezielte Szenarien untersucht. Erstens erfolgt die Analyse des Falles einer Verschiebung der Vortriebsklassen (ÖNORM-Modell) bzw. Vortriebsabschnitte (*FIDIC Emerald Book*), zweitens wird das Ereignis von Wassererschwernissen beleuchtet und die letzte Fallstudie stellt das Szenario Blockigkeit dar. Es wird dabei grundsätzlich nicht zwischen einem universellen oder maschinellen Vortrieb unterschieden. Lediglich die Fallstudie 3 – Blockigkeit bezieht sich

vorwiegend auf den Vortrieb mit einer TVM. Um eine einheitliche Untersuchung der Fallstudien zu ermöglichen, wird die nachstehende dreistufige Vorgangsweise, wobei unter Umständen nicht jeder Untersuchungsschritt erforderlich wird, für beide Vertragsmodelle gewählt:

1. Stufe: Erforschung bestehender, vertraglicher Regelungen für die Szenarien in den Vertragsmustern. Falls vorhanden – kurzer Umriss der Regelungen.
2. Stufe: falls keine expliziten Bestimmungen existieren – Zuordnung des Ereignisses in die jeweilige Risikosphäre (AG/AN).
3. Stufe: im Falle der Zuweisung in die Sphäre des AG – Erläuterung, welcher Anspruch für den AN besteht und wie dieser geltend gemacht werden kann (z.B. Nachtragsforderung/MKF).

5.5.1 Fallstudie 1: Verschiebung der Vortriebsklassen bzw. -abschnitte

Im vorliegenden Szenario wird ein exemplarischer Tunnel, wie in der Abb. 5.3 dargestellt, mit einer Länge von 1000 m zum Bau ausgeschrieben. Der AG legt fest, dass 500 m davon in geologisch günstigeren Verhältnissen (Vortriebsklasse/-abschnitt A) und 500 m in geologisch ungünstigeren (Vortriebsklasse/-abschnitt B) aufgeföhren werden können. Dementsprechend bietet ein Tunnelbauunternehmen für diese zwei Vortriebsszenarien jeweils unterschiedliche Vortriebsgeschwindigkeiten an. Für die günstigere Geologie werden 10 m/AT und für die schlechtere 1 m/AT vertraglich vereinbart. In der Bauausführung können die ersten 400 m des Untertagebauwerkes wie vom AG beschrieben vorgetrieben werden. Jedoch treten in den restlichen 100 m der(s) Vortriebsklasse bzw. -abschnittes A Umstände zu Tage, die der Klasse bzw. des Abschnittes B entsprechen. Die verbleibenden 500 m des Tunnels werden wie prognostiziert vorgefunden. Es liegt somit aufgrund der tatsächlichen Baugrundverhältnisse eine Verschiebung der Vortriebsklassen bzw. -abschnitte vor, unter der Annahme, dass sämtlich durchörteter Boden vom AG bereits in entsprechenden, vertraglichen Dokumenten beschrieben und klassifiziert wurde.

Abwicklung gemäß ÖNORM-Modell

Der Fall einer Vortriebsklassenverschiebung wird im heimischen Vertragsmodell folgendermaßen behandelt:

1. **Stufe – vertragliche Regelungen:**
Für diesen Fall existieren im ÖNORM-Modell explizite Bestimmungen. Es werden durch den Bauherrn im Zuge der geotechnischen Planung Vortriebsklassen mit geeigneten, in den Tunnelbaunormen festgeschriebenen Parametern/Ordnungszahlen (z.B. Abschlagslänge, Penetration, Stützmittelzahl) für gleichartige Untergrundbereiche festgelegt (Vgl. Kapitel 3.1). Während der Ausführungsphase werden infolge der Ausmaßfeststellung (u.a. Messung der Parameter der Vortriebsklassen) die jeweiligen Vortriebe in die vereinbarte Vortriebsklassenmatrix eingeordnet. Die Vergütung, v.a. die der ZGK, erfolgt sodann im vorliegenden Beispiel für die tatsächliche Vortriebsverteilung, 400 m in der Vortriebsklasse A und 600 m in der Klasse B, in Kombination mit den vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten (siehe auch *Flexibles Vergütungsmodell* im Unterabschnitt 3.3.1.1 sowie 3.3.2.1). Im Liniendiagramm bzw. Bauzeitplan (Abb. 5.3) ist die Anpassung der vertraglichen Vortriebsdauer, aufgrund der angetroffenen Verteilung der Klassen, anhand der grünen Weg-Zeit-Linie zu erkennen.
2. **Stufe – entfällt**
3. **Stufe – entfällt**

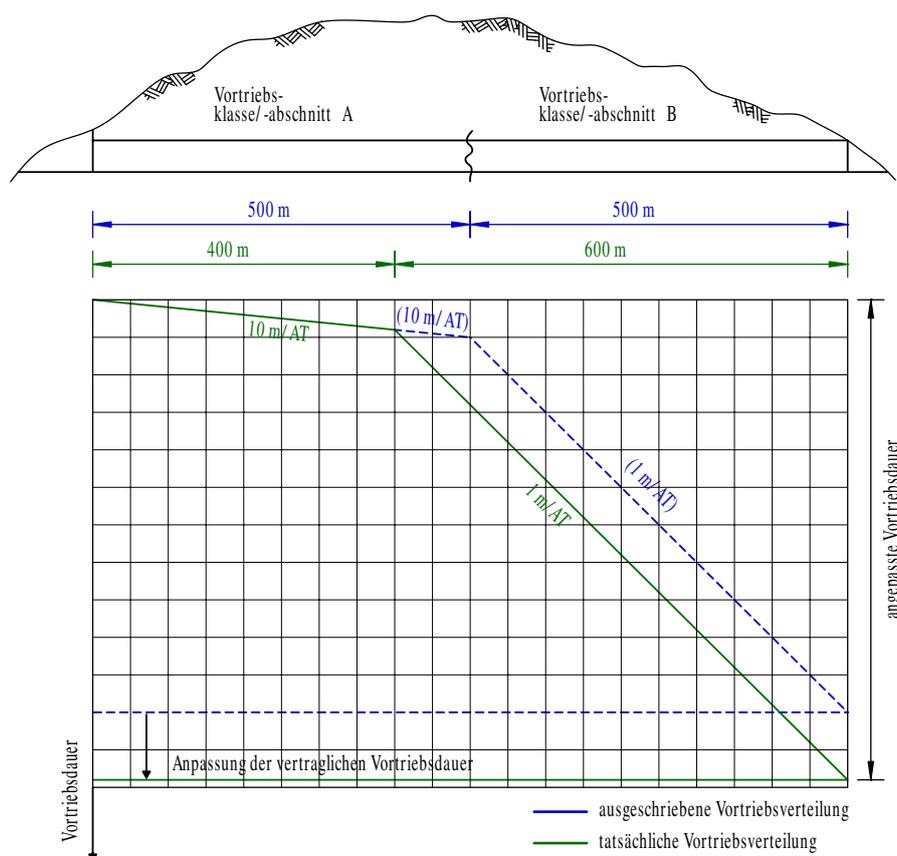


Abb. 5.3: Fallstudie 1: Verschiebung der Vortriebsklassen bzw. -abschnitte (Quelle: Adaptiert nach Marulanda und Neuenschwander [37, S. 4498 f.])

Abwicklung nach dem *FIDIC Emerald Book*

Der Umgang mit einer Verschiebung von Vortriebsabschnitten gestaltet sich im internationalen Vertragsmuster sehr ähnlich wie im ÖNORM Modell. Die spezifische Vorgangsweise ist folgende:

1. Stufe – vertragliche Regelungen:

Im *FIDIC*-Modell lassen sich ebenso Regelungen für dieses Szenario finden. Der Bauherr hat durch seine Ausschreibung im *GBR* sowie folglich im *Schedule of Baselines* eine projektspezifische Klassifizierung von gleichartigen Vortriebsbereichen festzulegen (Vgl. *Merkmale der Ausschreibung* im Kapitel 4.2). Eine Vorgabe, anhand welcher Parameter diese Vortriebsabschnitte definiert werden, wie dies im ÖNORM-Modell vorgesehen ist, besteht hierbei nicht. Die Einordnung der Vortriebe in die vertraglichen Abschnitte des *GBR* erfolgt sinngemäß der österreichischen Variante im Zuge der Ausmaßfeststellung. Somit werden ferner die Kosten des Vortriebes, insbesondere die ZGK, auf Basis der tatsächlichen Verteilung der Abschnitte mit den vereinbarten Vortriebsraten vergütet (siehe *Preisgestaltung bei Bauverträgen und Vergütungsmodell* im Abschnitt 4.1). Die Darstellung der angepassten, vertraglichen Vortriebsdauer in Abb. 5.3 (grüne Weg-Zeit-Linie) gilt in gleicher Weise für das *Emerald Book*.

2. Stufe – entfällt

3. Stufe – entfällt

Tab. 5.4: Beispiel des ÖNORM-Modells zur Berücksichtigung von Wassererschwermissen (Variante A der *ÖNORM B 2203-2*) (Quelle: *ÖNORM B 2203-2* [50, S. 28])

Ermittlung Zusatzzeiten – Wassererschwermiss Festgestein									
Untere Grenzwassermenge 1 l/s Obere Grenzwassermenge 25 l/s									
VKL X/X		Veränderlichkeit gemäß ÖNORM EN ISO 14689:2019, Tabelle 5				veränderlich			
Vorgabe AG		VT-Geschwindigkeit ohne Wassererschwermissen	VT-Zeit	Abminderungsfaktor				VT-Geschwindigkeit mit Wassererschwermissen	Zusatzzeit aus Wassererschwermissen
Wasserspende	VT-Länge			Vorgabe AG		Angabe AN	Angabe AN geprüft		
		Mindestwert	Höchstwert						
l/s	m	m/KT	KT	%	%	%	%	m/KT	KT
über 1 bis 5	500,0	10,0	50,0	0	10	15	10	9	5,56
über 5 bis 10	350,0	10,0	35,0	5	20	15	15	8,5	6,18
über 10 bis 15	250,0	10,0	25,0	10	30	25	25	7,5	8,33
über 15 bis 25	150,0	10,0	15,0	15	40	35	35	6,5	8,08
									28,15
Es bedeutet:		10							

Bieterangabe
 Berechnung
 Vorgabe AG
 Kalendertag
 Vortrieb

Abwicklung gemäß ÖNORM-Modell

Das Ereignis von Wassererschwermissen regelt das österreichische Vertragswerk auf folgende Art und Weise:

1. Stufe – vertragliche Regelungen:

Im ÖNORM-Modell sind ausdrückliche und verpflichtend anzuwendende Bestimmungen hinsichtlich Wassererschwermissen festgelegt. Gemäß der zyklischen wie auch der maschinellen Tunnelbaunorm hat der AG diese Erschwermissen ausreichend zu beschreiben und zu quantifizieren. Es existieren verschiedene Varianten der *ÖNORMEN B 2203* zur Berücksichtigung solcher leistungsmindernder Umstände (siehe *Merkmale der Ausschreibung* im Unterabschnitt 3.3.1.2 und 3.3.2.2). Für das konkrete Beispiel der Fallstudie 2 wird die Variante A der *ÖNORM B 2203-2*, die die *ÖNORM B 2203-1* in gleicher Weise vorschreibt, herangezogen. Unter anderem werden dabei allfällige Wassererschwermissen den Vortriebsklassen zugeordnet, darin verteilt, sowie eine geeignete Bereichseinteilung zwischen den unteren und oberen Grenzwassermengen vorgenommen (Vgl. Tab. 5.4). Die Ermittlung der verminderten Vortriebsgeschwindigkeiten für die Klasse X kann ebenso dieser Tabelle entnommen werden. Kommt es nun während der Ausführung zu einer Abweichung gegenüber den ausgeschriebenen Erschwermissen, wie dies im vorhandenen Szenario der Fall ist, wird die tatsächliche Verteilung der jeweiligen Wassererschwermissen mit den vereinbarten, reduzierten Geschwindigkeiten für die vertraglichen Fortschreibungen bzgl. der Bauzeit und dem Entgelt herangezogen. Die Anpassung der Vortriebsdauer wird im Liniendiagramm der Abb. 5.4 durch die grüne Weg-Zeit-Linie ersichtlich. Tritt der Fall ein, dass im Zuge des Vortriebes die obere Grenzwassermenge überschritten wird (z.B. laut der Tab. 5.4 >25 l/s), ist ein solcher Vortrieb als Vortriebsunterbrechung (zyklisches Verfahren) bzw.

Sondervortrieb (TVM) einzustufen. Diesbezüglich treten die entsprechenden Regelungen in Kraft, die aus den Kapiteln 3.3.1 und 3.3.2 hervorgehen.

2. Stufe – entfällt
3. Stufe – entfällt

Abwicklung nach dem *FIDIC Emerald Book*

Die Vorgangsweise zur Abwicklung von Wassererschwernissen bei der internationalen Vertragsvorlage gestaltet sich wie folgt:

1. Stufe – vertragliche Regelungen:

Nach dem *Emerald Book* obliegt es dem Bauherrn, Wassererschwernisse in qualitativer und quantitativer Weise im *GBR* zu beschreiben (siehe *Merkmale der Ausschreibung* im Abschnitt 4.2). Dennoch schreibt das Vertragswerk, ganz im Gegensatz zum ÖNORM-Modell, keine genauen Bestimmungen (z.B. Mindest- und Höchstwerte der Wasserspenden inkl. Bereichseinteilung), wie dies zu erfolgen hat, vor. Dem *Schedule of Baselines* (siehe Tab. 4.1 auf Seite 114) ist anhand eines Beispiels aber zu entnehmen, dass dem AG empfohlen wird, eine sehr ähnliche Variante zum heimischen Modell vorzusehen. In diesem Beispiel erfolgt die Zuteilung der Erschwernisse zu dem jeweiligen Vortriebsbereich, eine Verteilung darin sowie eine grobe Bereichseinteilung des möglichen Wasserandrangs. Berücksichtigt werden die Wassererschwernisse wiederum über zusätzliche Vortriebszeiten im *FIDIC*-Bauzeitmodell (*Schedule of Baselines*). Treten in der Baudurchführung infolge der Ausmaßfeststellung die vorhin beschriebenen Abweichungen ein, kann somit für vertragliche Anpassungen im Hinblick auf die Vortriebsdauer und folglich auf die Vergütung wie in der 1. Stufe des ÖNORM-Modells vorgegangen werden. Das Überschreiten der oberen Grenzwassermenge ist im *Emerald Book* nicht explizit geregelt. Dem Verfasser nach muss daher für diesen Fall eine weitere Untersuchung in der 2. und 3. Stufe erfolgen.

2. Stufe – Zuordnung in die jeweilige Risikosphäre:

Falls der AG im Rahmen des *GBR* in Verbindung mit dem *Schedule of Baseline* keine oder nur unzureichende Angaben größerer Wassererschwernisse macht aber solche Ereignisse in der Ausführung zu Tage treten, sind dem Autor nach diese Umstände als unvorhergesehene Baugrundverhältnisse einzuordnen. Das damit verbundene Risiko fällt gemäß den Ausführungen im Punkt *Sphäre des AG* im Abschnitt 5.3.1 in den Verantwortungsbereich des Bauherrn.

3. Stufe – Anspruch des AN:

Vorausgesetzt das Unternehmen trifft keine Schuld bei der fachlichen und technisch richtigen Ausführung der Vortriebsarbeiten und das Überschreiten der oberen Grenzwassermenge führt zu Leistungseinbußen, stehen dem AN vertragliche Anpassungen (zeitliche sowie kostenmäßige Fortschreibungen) zu. Die Baufirma kann somit ihren Anspruch infolge einer Nachtragsforderung (MKF) einbringen. Die Voraussetzungen und genaue Vorgangsweise zur Legung einer MKF aufgrund von unerwarteten Baugrundverhältnissen können im Punkt *Abwicklung von Leistungsabweichungen* im Kapitel 4.1 nachgelesen werden.

5.5.3 Fallstudie 3: Blockigkeit

Bei diesem Szenario wird das Erschwernis Blockigkeit betrachtet. Unter Blockigkeit wird das Ablösen größerer Gesteinsbrocken aus dem Gesteinsverband beim Auffahren eines Hohlräumens im Festgestein mit einer TVM verstanden.²⁵⁴ Dies kann zu einem erschwerten Vortrieb führen, da die abgelösten Gesteinsblöcke an der Ortsbrust oder innerhalb des Bohrkopfbereiches den Bohrvorgang behindern (Stillstand) bzw. leistungsmindernd beeinträchtigen (Verringerung der Vortriebsgeschwindigkeit) können. Im Zuge der dritten Fallstudie wird angenommen, dass der Bauherr keine Blockigkeit während des Vortriebes erwartet hat und somit keine Angaben diesbezüglich in der Ausschreibung getätigt hat. Bei der Ausführung tritt jedoch in einem Teilbereich der Vortriebsstrecke Blockigkeit auf, die nachweislich zu Leistungseinbußen im Vortrieb führt.

Abwicklung gemäß ÖNORM-Modell

Das Szenario Blockigkeit wird nach dem österreichischen Modell wie folgt abgewickelt:

1. **Stufe – vertragliche Regelungen:**

Im betreffenden vertraglichen Regelwerk, der *ÖNORM B 2203-2*, lassen sich keine genauen Bestimmungen hinsichtlich der Blockigkeit finden.

2. **Stufe – Zuordnung in die jeweilige Risikosphäre:**

Da das Erschwernis durch Blockigkeit rein auf entsprechende geologische Verhältnisse zurückzuführen ist, ist das Ereignis unter das Baugrundrisiko einzuordnen. Den Ausführungen des Abschnittes 5.2.1 (*Sphäre des AG*) folgend, liegen nach dem ÖNORM-Modell jeweilige Unsicherheiten in Verbindung mit dem Untergrund, die in den Ausschreibungsunterlagen bzw. im Bauvertrag nicht beschrieben wurden, in der Sphäre des Bauherrn.

3. **Stufe – Anspruch des AN:**

Aufgrund der Zuordnung des Szenarios der Blockigkeit in die Sphäre des AG sowie unter der Annahme, dass das vorliegende Ereignis zu einer wesentlichen Leistungsminderung des Vortriebes führt, die außerhalb der vereinbarten Bandbreiten (Geltungsbereich der Vortriebsklassenmatrix) liegt, entsteht dem AN ein Anspruch auf vertragliche Anpassungen (bzgl. Entgelt und Bauzeit). Für außergewöhnliche Ereignisse sieht die *ÖNORM B 2203-2* zwei Sonderregelungen für die Vergütung der Mehrkosten vor. Kann eine Referenzstrecke für das Szenario gefunden werden, kommen die Bestimmungen für den Sondervortrieb zum Tragen. Diese können im Abschnitt 3.1.2 (unter Punkt 7. *Schritt*) und 3.3.2.2 (*Merkmale der Ausschreibung*) nachgeschlagen werden. Ist es nicht möglich, solch eine Strecke zu definieren (z.B. Vortriebsbeginn), wird nach den Regeln für die Ereignisbewältigung der entstandene Mehraufwand des Unternehmers abgegolten (siehe die zuvor angeführten Querverweise).

Abwicklung nach dem *FIDIC Emerald Book*

Nachstehende Vorgangsweise für die Abwicklung des Ereignisses Blockigkeit lässt sich im *FIDIC*-Modell erkennen:

1. **Stufe – vertragliche Regelungen:**

Wie im heimischen Vertragswerk existiert auch im *Emerald Book* kein explizites Reglement bzgl. dem Erschwernis Blockigkeit.

2. **Stufe – Zuordnung in die jeweilige Risikosphäre:**

So wie beim ÖNORM-Modell ist die Blockigkeit nach dem internationalen Vertragsmuster

²⁵⁴Vgl. [48] ÖNORM B 2203-2: 2005-01-01, S. 5

dem Baugrundrisiko zuzuordnen. Unter der Voraussetzung, dass der AG keine Prognose einer möglichen Blockigkeit in den Vertragsdokumenten (*GBR, Schedule of Baselines*) abgegeben hat, ist dieses Ereignis als unvorhergesehenes Baugrundverhältnis einzustufen. Solche unerwarteten Verhältnisse liegen definitionsgemäß außerhalb des Rahmens des *GBR*. Somit trägt gemäß den Erläuterungen im Punkt *Sphäre des AG* des Abschnittes 5.3.1 der Bauherr das damit verbundene Risiko.

3. Stufe – Anspruch des AN:

Sofern das ausführende Unternehmen seine Pflicht zur fachlichen und technisch richtigen Durchführung der Vortriebsleistungen erfüllt hat und die vorliegende Blockigkeit zu einer maßgeblich reduzierten Vortriebsleistung führt, stehen dem AN vertragliche Fortschreibungen in kostenmäßiger sowie bauzeitlicher Hinsicht zu. Das Mittel dafür ist die MKF. Die Modalitäten zur Legung einer Nachtragsforderung wegen unvorhergesehener Baugrundverhältnisse können dem Punkt *Abwicklung von Leistungsabweichungen* im Abschnitt 4.1 entnommen werden.

Kapitel 6

Fazit und Ausblick

Durch die vorangegangene vergleichende Analyse des ÖNORM-Modells und des *FIDIC Emerald Book* kann nun abschließend ein Resümee erfolgen. Die Schlussfolgerungen aufgrund des Vergleiches der beiden Vertragsmodelle werden in Form der Beantwortung der im Abschnitt 1.2 festgelegten Forschungsfragen vollzogen. Die Fragen bestehen dabei aus zwei oder mehreren Teilfragen. Es wird versucht, diese in möglichst prägnanter Art und Weise zu beantworten, um die Forschungsergebnisse übersichtlich zusammenzufassen. Dies kann dem Leser dazu dienen, sich einen generellen Überblick über die kennzeichnenden Merkmale der vorgestellten Vertragsmuster zu verschaffen und Klarheit hinsichtlich des Forschungsschwerpunktes dieser Arbeit, der Abwägung der Risiken und Vergütungssicherheit für Ausführende aufgrund des jeweiligen Vertrages zu bekommen. Bei der Beantwortung wird in geeigneter Weise auf betreffende Abschnitte, Tabellen und/oder Abbildungen dieser Forschungsarbeit verwiesen, in denen sodann vertieft die bestehenden Fragen erschlossen werden können. Ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder und eine mögliche Handlungsempfehlung für Tunnelbauingenieure runden diese Diplomarbeit am Ende des vorliegenden Kapitels ab.

6.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Nachstehend folgt die Beantwortung der am Anfang dieser Arbeit formulierten Forschungsfragen:

FORSCHUNGSFRAGE 1:

Welches Konglomerat an Richtlinien und Normen stellt die vertragliche Grundlage für Untertagebauarbeiten (ÖNORM-Modell) in Österreich dar?

Das ÖNORM Modell als vertragliche Grundlage zur Abwicklung von Untertagebauvorhaben vereint folgende Dokumente:

- *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb* [42] der ÖGG und/oder
- *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb* [41] der ÖGG und
- *ÖNORM B 2118: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten* [47] und
- *ÖNORM B 2203-1: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb* [49] und/oder
- *ÖNORM B 2203-2: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb* [50]

Aus welchen Bestandteilen setzt sich das internationale Vertragswerk der *FIDIC* für den Tunnelbau (*Emerald Book*) zusammen?

Der Standardvertrag der *FIDIC* für den Tunnelbau setzt sich aus vier übergeordneten Bausteinen zusammen. Im Gegensatz zum ÖNORM-Modell vereint das *Emerald Book* die allgemeinen Bestimmungen eines Bauvertrages und tunnelbauspezifische, vertragsrechtliche Regelungen in nur einem Vertragswerk. Folgende Dokumente bilden das Vertragsmodell:

1. Allgemeine Vertragsbedingungen bestehend aus 21 Klauseln (*General Conditions*) [15]
2. Anleitung für die Erstellung der besonderen Vertragsbedingungen (*Guidance for the Preparation of Particular Conditions*) [16]
3. Leitfaden zur Erstellung der Ausschreibung bzw. der Angebotsunterlagen (*Guidance for the Preparation of Tender Documents*) [16]
4. Mustervorlagen für Angebotsschreiben, Schlussbrief, Vertrags- sowie Streitschlichtungsvereinbarung (*Forms of Letter of Tender, Letter of Acceptance, Contract Agreement and Dispute Adjudication Agreement*)

Welche charakteristischen Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten weisen die beiden Vertragsmodelle auf?

Das ÖNORM-Modell und *FIDIC Emerald Book* unterscheiden sich in wesentlichen Aspekten, weisen aber auch einige Parallelen auf. Ein signifikantes Unterscheidungsmerkmal ist die Abwicklungsform. Beim nationalen Vertragsmodell vollzieht im Allgemeinen der Bauherr (mit seinen Erfüllungsgehilfen) die Genehmigungs- sowie Ausführungsplanung und der AN wird mit der Bauausführung beauftragt. Infolgedessen wird ein Tunnelbauvorhaben in Form eines GU-Modells abgewickelt. Dem Tunnelbauvertrag wird ein EHP-Vertrag zugrunde gelegt. Ein einschlägiges Kennzeichen ist in diesem Zusammenhang das in Einzelpositionen gegliederte LV. Explizite Regelungen zu Vortriebserschwerenissen, wie z.B. zum Mehrausbruch, Wasserandrang, zu Klebrigkeit, usw. sind ebenso lediglich im ÖNORM-Modell zu finden.

Die internationale Vertragsschablone der *FIDIC* sieht dagegen die Genehmigung des Bauwerkes im Verantwortungsbereich des AG. Im Rahmen solider Vorgaben des Bauherrn, speziell auf Basis des *GBR* sowie des Referenzentwurfs, übernimmt der Unternehmer die Ausführungs- bzw. Detailplanung. Dementsprechend wird ein GU+ zur Abwicklung des Projektes eingesetzt (Definition der Abwicklungsformen siehe Abschnitt 2.4). Die Preisgestaltung des Bauvertrages ist ein PAP mit spezifischen Anpassungsmöglichkeiten (Aufschläge/Abzüge) infolge der Ausmaßfeststellung der Vortriebs- und Ausbauleistungen. Eine konstruktive LB mit einem entsprechenden LV existiert nur für Leistungen, die Vortriebsarbeiten darstellen bzw. mit diesen im Zusammenhang stehen. Ansonsten werden alle andern Leistungen durch eine funktionale LB ausgeschrieben.

Gemäß beider Vertragsmodelle obliegt es dem Bauherrn, dem Vertrag eine sorgfältige Baugrundprognose anzuschließen. Dadurch wird ferner eine geeignete Baugrundklassifizierung und die Angabe von möglichen Ausbruchsmethoden in den jeweiligen Bereichen verpflichtend, aus denen die Einteilung der Vortriebsklassen (ÖNORM-Modell) bzw. -abschnitte (*Emerald Book*) hervorgeht. Diese Vortriebsklassifizierung ermöglicht in beiden Fällen ein flexibles Vergütungsmodell. Im Zuge der Ausmaßfeststellung können somit die Vortriebsleistungen nach der tatsächlichen Verteilung der Klassen bzw. Abschnitte in Verbindung mit den vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten abgerechnet werden. Dadurch wird eine angemessene und leistungsgerechte Vergütung der ZGK, insbesondere der zeitgebundenen BGK, auf Basis der angetroffenen Geologie ermöglicht. Darüber hinaus finden sich in beiden Vertragsmustern klare Vorgaben zur Abwicklung von Leistungsabweichungen und die mehr-stufigen Streitschlichtungsprozesse leisten einen positiven

Beitrag zur Konfliktreduzierung. Die vollständige Darstellung der allgemeinen Merkmale kann der Tab. 5.1 auf Seite 133 entnommen und im Abschnitt 5.4.1 nachgelesen werden.

Sowohl das heimische wie auch das internationale Vertragsmodell zeichnen sich durch besondere Charakteristika, wie die Möglichkeit zur Legung von Alternativangeboten und für ein *Value Engineering*, aus. Des Weiteren sind Organe zur fachlichen Beratung und Begutachtung der Tunnelbaustelle in den Modellen vorgesehen. Der TSV im ÖNORM-Modell und der *Ingenieur* im *Emerald Book* besitzen einen wesentlichen Einfluss auf eine konfliktarme Projektabwicklung. Während der TSV nur zum Zwecke der Beratung eingesetzt wird, fungiert der *Ingenieur* als ein Vertragsadministrator, der weitreichende Entscheidungskompetenzen u.a. hinsichtlich der Bauüberwachung, Abrechnungskontrolle und der Beurteilung von Nachtragsforderungen übertragen bekommt. Ein *early contractor involvement* infolge des frühen Einbindens der Baufirma für die Detailplanung ist nur im *Emerald Book* zu erkennen. Ein kooperativer Ansatz durch die verpflichtenden, regelmäßigen Partnerschaftssitzungen wird jedoch nur im ÖNORM-Modell verfolgt. Über weitere besondere Merkmale gibt die Tab. 5.2 auf Seite 134 Auskunft.

FORSCHUNGSFRAGE 2:

Welche Risikoverteilung sieht das ÖNORM-Modell vor?

Das nationale Vertragsmodell sieht eine strikte Zuordnung der im Abschnitt 5.1 definierten Risiken in die Sphären der Vertragspartner vor. Eine kollektive Risikoübernahme ist nicht zu finden. Der Bauherr trägt im Allgemeinen das Risiko für den Baugrund. Infolge seiner Planung und Beschreibung des Untertagebauvorhabens kommt ihm überwiegend das Vollständigkeitsrisiko zu. Aufgrund seiner verpflichtenden Vorgaben für geeignete Verfahren zur Bauausführung übernimmt der AG eine entsprechende Verantwortung für das Systemrisiko. Der AN trägt das Kalkulationsrisiko im Zuge seiner Preisermittlung. Aufgrund dessen Handlungsfreiheit hinsichtlich der Disposition jeweiliger Ressourcen, der Auswahl entsprechender Subunternehmer und der spezifischen Wahl der Bauverfahren kommt dem AN das Ausführungsrisiko zu. Überdies übernimmt die Baufirma ebenso eine gewisse Verantwortung für den Baugrund. Die im ÖNORM-Modell festgelegte Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern wird im Abschnitt 5.2.1 näher beleuchtet, worin sich ferner eine umfangreichere Begründung für die Zuteilungen in die jeweiligen Risikosphären finden lässt.

Entstehen den ausführenden Unternehmen besondere Risiken aufgrund des nationalen Vertragsmusters?

Im Rahmen der Vergütungssystematik des ÖNORM-Modells kommt dem AN ebenfalls ein gewisses Baugrundrisiko zu. Dies resultiert u.a. aus dem Geltungsbereich der jeweiligen Vortriebsklassen (definierte Spannen der 1. und 2. Ordnungszahlen). Ferner trägt das Unternehmen ein entsprechendes Risiko in Verbindung mit den vertraglich zulässigen Streubreiten prognostizierter Vortriebserschwerisse. An dieser Stelle sei jedoch angemerkt, dass der AG der Baufirma nur jene Baugrundrisiken übertragen kann, die einerseits beschrieben wurden und andererseits kalkulierbar sind. Eine sorgfältig erstellte Ausschreibung mit einer qualitativen und quantitativen Beschreibung des Untergrundes mit der Angabe maßgebender Parameter und deren plausibler Bandbreiten kann diesen Voraussetzungen gerecht werden.

Die Abwälzung eines gewissen Teiles des Vollständigkeitsrisikos auf den AN könnte der Bauherr zufolge PAP-Positionen im LV erwägen. Eine globale Beschreibung der Leistung solcher Positionen (z.B. Position: Einrichten der Tunnelbaustelle) würde ihm unter Umständen diese Risikoübertragung ermöglichen. In Verbindung mit erforderlichen Nebenleistungen, die mitunter nicht vollständig in der Ausschreibung genannt werden, kann dem Unternehmer ebenso ein gewisses Vollständigkeitsrisiko zukommen. Dennoch gilt der Grundsatz der *ÖNORM B 2118*, dass

bei der Übertragung von Risiken auf den AN der Bauherr dies stets eindeutig zu kennzeichnen hat und solche Risiken kalkulierbar darzustellen sind.

Eine weitere Risikoübernahme könnte den Ausführenden im Zusammenhang mit allfälligen Mengenänderungen aufgrund der ausgedehnten „20 %-Klausel“ der Tunnelbaunormen entstehen. Obendrein sei eine entsprechende Risikotragung im Rahmen der Legung von Alternativangeboten, der Prüf- und Warnpflicht sowie in Verbindung mit einem möglichen Ausfall oder der Insolvenz eines ARGE-Partners erwähnt. Nähere Erläuterungen bzgl. der hier genannten besonderen Risiken für den AN im Zuge des ÖNORM-Modells sind den Ausführungen im Abschnitt 5.2.2 zu entnehmen.

FORSCHUNGSFRAGE 3:

Welche Risikoverteilung kennt das *FIDIC Emerald Book*?

Das *Emerald Book* setzt auf eine Zuordnung der zuvor definierten Risiken in die Sphären des AG bzw. des AN. Ein gemeinschaftlicher Risikotopf ist nicht vorhanden. Dem Bauherrn kommt prinzipiell das Baugrundrisiko zu. Durch seine Angaben zu möglichen Vortriebsmethoden in der Ausschreibung trägt der AG einen bestimmten Teil des Systemrisikos. Das ausführende Unternehmen übernimmt aufgrund seiner umfangreichen Planungstätigkeit grundsätzlich das Vollständigkeitsrisiko. Infolge der getroffenen Annahmen zur Preisermittlung im Zuge der Angebotslegung liegt das Kalkulationsrisiko in der Sphäre des AN. Bedingt durch die Wahl des Vortriebssystems auf Detailebene trägt der Ausführende großteils das Systemrisiko. Für entsprechende Unsicherheiten in Hinsicht auf eine sachgerechte Ausführung (geeignete Wahl und Disposition von Produktionsmittel, Beauftragung Subunternehmer/Lieferanten, etc.) haftet sinngemäß die Baufirma. Überdies kommt ebenso dem Unternehmer in Anwendung des *FIDIC*-Vertragsmodells ein bestimmtes Risiko im Zusammenhang mit dem Baugrund zu. Diese Risikoverteilung des *Emerald Book* kann unter detaillierterer Betrachtung und einer näheren Begründung im Abschnitt 5.3.1 nachgeschlagen werden.

Gehen aus dem internationalen Vertragsmodell der *FIDIC* besondere Risiken für den AN hervor?

Analog zum heimischen Vertragsmodell übernimmt der AN zufolge dem *Emerald Book* ebenso ein gewisses Baugrundrisiko. Zurückzuführen ist dies auf den jeweiligen Geltungsbereich des *GBR*. Vorausgesetzt der AG legt der dort befindlichen Vortriebsklassifizierung eine entsprechende Schwankungsbreite (Parameter mit Bandbreiten) zugrunde, trägt der Unternehmer das diesbezügliche Risiko für eine mögliche Variation des Vortriebes innerhalb dieser Bereiche. Analog ist dies für jeweilige Streubreiten ausgeschriebener Vortriebserschwerisse zu verstehen. Der Autor möchte wiederum nicht unerwähnt lassen, dass eine dementsprechende Übernahme nur für eindeutig beschriebene und kalkulierbare Risiken erfolgen kann. Grundlage dafür liefert der *GBR* in Kombination mit der *FIDIC* Variante des österreichischen Bauzeitmodells (*Schedule of Baselines*) und dem Tunnelbau-LV.

Eine besondere Risikotragung betrifft den AN in Verbindung mit dem Vollständigkeits- und Kalkulationsrisiko. Dies ist darin begründet, dass laut internationalem Vertragsmodell etliche Leistungen (z.B. Einrichten/Räumen der Tunnelbaustelle und Nebenleistungen) mit einem PAP auf Basis einer funktionalen LB vergütet werden. Dabei besteht eine gewisse Gefahr für das ausführende Unternehmen, die zur Ausführung notwendigen Leistungen in der Ausschreibung nicht zu erkennen. Die Folge wäre, dass jene Leistungen in ihrer Preiskalkulation unberücksichtigt bleiben.

Da im *Emerald Book* keine s.g. „20 %-Klausel“, wie diese das ÖNORM-Modell vorsieht, existiert, kommt es im Falle von Mengenänderungen zu keiner Verhandlung von neuen EHPen.

Infolgedessen trägt die Baufirma das damit verbundene Risiko, dass bestimmte Kosten im EHP (beispielsweise GGK, Bauzinsen, Mengenrabatte für Materialien) nicht im kalkulierten Maße abgegolten werden. Gleichmaßen wie in der nationalen Vertragsvorlage können dem AN weitere Risiken im Zusammenhang mit der Legung von Alternativangeboten, der Prüf- und Warnpflicht sowie dem Ausfall bzw. der Insolvenz eines ARGE-Partners entstehen. Eine vertiefte Untersuchung der besonderen Risiken für Ausführende findet sich im Abschnitt 5.3.2.

FORSCHUNGSFRAGE 4:

Welche signifikante Differenzen existieren in den verglichenen Vertragswerken im Hinblick auf die Risikoverteilung?

Eine übersichtliche Darstellung der Risikoverteilung des ÖNORM-Modells in Gegenüberstellung mit jener des *Emerald Book* ist in der Tab. 5.3 auf Seite 136 gegeben. Zu erkennen ist, dass sich die Risikosphären der beiden Modelle größtenteils gleichen. So trägt der Bauherr vorwiegend das Baugrundrisiko. Dem Unternehmen kommt nur im Rahmen des Geltungsbereiches ausgeschriebener Vortriebsklassen bzw. -abschnitte und innerhalb der Streubreiten prognostizierter Vortriebserschwerisse ein gewisser Teil des Baugrundrisikos zu. Für Festlegungen der Vortriebsmethode übernimmt jener Vertragspartner die Verantwortung für das Systemrisiko, der diese getroffen hat. Das Kalkulations- und Ausführungsrisiko liegt gemäß dem nationalen sowie internationalen Vertragswerk gänzlich in der Sphäre des AN.

Die wesentliche Differenz der einzelnen Risikoverteilungen stellt die Zuordnung des Vollständigkeitsrisikos dar. Beim ÖNORM-Modell plant v.a. der AG das Tunnelbauwerk. Dementsprechend liegt es in seinem Einflussbereich, das Bauvorhaben in vollständiger Weise zu beschreiben. Das diesbezügliche Risiko ordnet der Autor somit der Sphäre des AG zu. Gemäß *FIDIC Emerald Book* hingegen erbringt der AN einen maßgeblichen Teil der Planungsleistungen. Durch die Verantwortung für die Ausführungsplanung, in der sämtliche Festlegungen auf Detailebene getroffen werden, trägt dem Autor nach der Unternehmer überwiegend das Vollständigkeitsrisiko. Der qualitativen Einschätzung des Verfassers zufolge kann somit daraus gefolgert werden, dass die Gesamtrisikobelastung²⁵⁵ für den AN beim internationalen Vertragsmodell generell höher ausfällt als bei der nationalen Variante.

Bestehen wesentliche Unterschiede im Vergleich der Vergütungssicherheit für Ausführende in den Modellen?

Die Vergütungssicherheit für ausführende Firmen wird im Tunnelbau maßgeblich von der Verteilung der Baugrundrisiken beeinflusst. Durch die Verpflichtung in der Anwendung eines flexiblen Vergütungsmodells für die Vortriebsleistungen und die vom Vortrieb abhängigen ZGK wird eine Grundlage für eine angemessene, faire Baugrundrisikoverteilung in beiden Vertragsmodellen geschaffen. Es lassen sich jedoch auch Unterschiede hinsichtlich der Vergütungssicherheit für Ausführende beobachten.

Im ÖNORM-Modell existieren tunnelbauspezifische Regelungen, insbesondere in Bezug auf das Vortriebsklassifizierungssystem und wichtige Erschwerisse, die in diesem verbindlichen Umfang im *Emerald Book* nicht zu finden sind. Zudem wird im *FIDIC*-Vertragswerk dem AN überwiegend das Vollständigkeitsrisiko übertragen, ganz im Gegensatz zum nationalen Standardvertrag. Beruhend auf diesen Erkenntnissen trifft der Autor die Einschätzung, dass dem AN durch das ÖNORM-Modell grundsätzlich eine höhere Vergütungssicherheit zukommt als durch das internationale Vertragsmodell. Näheres zur Vergütungssicherheit für Ausführende kann in den Abschnitten 5.2.2 und 5.3.2 nachgelesen werden.

²⁵⁵Die Gesamtrisikobelastung für den AN wird als die Summe aller in dieser Diplomarbeit beschriebenen und dem AN zugewiesenen Risiken aufgefasst.

Es liegt im Einflussbereich des Bauherrn, eine sorgfältige Baugrundprognose durchzuführen und die bestehenden vertraglichen Bestimmungen bzw. Empfehlungen der beiden Modelle bestmöglich zu verwirklichen. Des Weiteren sollten projektspezifische Regelungen, speziell bezüglich möglicher Erschwernisse, die über den Umfang der Vertragsmuster hinausgehen, vorgesehen werden. Sofern dem AG dies gelingt, kann die Vergütungssicherheit für den AN effizient erhöht werden.

Wie lassen sich die beiden Vertragsmuster unter den im Bauwesen vorherrschenden Verträgen hinsichtlich der Risikoverteilung einordnen?

Der Abb. 5.2 auf Seite 137 ist zu entnehmen, dass zufolge des Allianzvertrages dem Unternehmer ein wesentlich geringeres Gesamtprojektrisiko entsteht als beispielsweise beim GMP-Vertrag. Die beiden Modelle wurden bereits im Abschnitt 2.4 vorgestellt. Der EHP- und PAP-Vertrag liegen im Diagramm zwischen diesen Vertragsmodellen und bilden ferner das Mittelfeld der abgebildeten Bauverträge in Bezug auf die Risikoverteilung.

Das ÖNORM-Modell gleicht großteils dem EHP-Vertrag und das *FIDIC Emerald Book* weist wesentliche Merkmale eines PAP-Vertrages auf. Dennoch kann behauptet werden, dass beide Vertragsmodelle keine der eben genannten Verträge in deren reinsten Formen darstellen, sondern vielmehr als jeweilige Mischformen zu verstehen sind. Aus diesem Grunde ordnet der Verfasser nach qualitativer Abwägung das ÖNORM-Modell in der Umgebung des EHP-Vertrages im Diagramm ein, hingegen wird das *Emerald Book* zunehmend in der Nähe des PAP-Vertrages platziert. Für vertiefte Erläuterungen bzgl. der Einordnung der Vertragsmodelle in die Abb. 5.2 sei auf den Abschnitt 5.4.2 verwiesen.

Durch diese Einordnung wird die vorhin getätigte Einschätzung bekräftigt, dass der Unternehmer generell beim *Emerald Book* eine höhere Gesamtrisikobelastung trägt als beim ÖNORM-Modell. Es wird aber anhand der Abbildung auch zum Ausdruck gebracht, dass beide Vertragsmodelle eine annähernd ausgewogene Risikoverteilung zwischen den Partnern aufweisen.

6.2 Ausblick und Handlungsempfehlung

Aufgrund wichtiger Erfahrungen vergangener Untertagebauvorhaben kam es in den aktuellen Entwürfen der heimischen Tunnelbaunormen zu positiven Entwicklungen. Anhand zukünftiger Projekte könnten nun die neu eingeführten Regelungen der *ÖNORMEN B 2203*, insbesondere die neue Vortriebsklassifizierung des maschinellen Vortriebes in der *ÖNORM B 2203-2*, in Hinsicht auf eine entsprechende Anwendungstauglichkeit bewertet werden. Auf Basis des *FIDIC Emerald Book* sind bis dato noch keine Tunnelbauprojekte umgesetzt worden. Man darf somit gespannt sein, wie die darin verankerten tunnelbauspezifischen, vertraglichen Regelungen, v.a. das flexible Vergütungsmodell, von internationalen Auftraggebern angenommen und sich in der Praxis bewähren werden. Ein mögliches Forschungsfeld dazu könnte sein, ob und inwiefern eine weitere Präzisierung bzw. Adaptierung des *Emerald Book* von Nöten ist, um die vertragliche Abwicklung im internationalen Umfeld verbessern zu können.

Eine Handlungsempfehlung gibt der Verfasser im Zusammenhang mit den durchgeführten Fallstudien. Die dort vorgestellte, systematische Untersuchung der Abhandlung verschiedener Vortriebsszenarien (Erschwernisse/unvorhergesehene Ereignisse) der beiden Vertragsmodelle könnte Tunnelbauakteuren als eine gewisse Orientierungshilfe für die vertragliche Abwicklung solcher Fälle dienen.

Das ÖNORM-Modell stellt nach Meinung des Autors ein ausgewogenes Vertragskonvolut dar. Dieses sollte daher von den Bauherrn im Großen und Ganzen nicht abgeändert werden. Das jüngst veröffentlichte *Emerald Book* der *FIDIC* ermöglicht nun Auftraggebern, Tunnelbauvorhaben kooperativer als zuvor abzuwickeln. Die dort definierte Risikoverteilung und das Vergütungsmodell,

die Schlüsselfigur des *Ingenieurs* sowie die Verpflichtung eines *DAAB* nehmen hierbei allesamt eine entscheidende Rolle ein. Es liegt an den jeweiligen Bauherrn, diesen kooperativen Charakter zu bewahren. Diese sollten daher die bestehenden vertraglichen Bestimmungen projektspezifisch bestmöglich umsetzen. Zudem sei es den Auftraggebern empfohlen, geeignete Regelungen, speziell im Hinblick auf Vortriebserschwerisse, über den Rahmen des *Emerald Book* hinaus im Bauvertrag vorzusehen. Damit könnten jeweilige (noch bestehende) Lücken des internationalen Vertragswerks geschlossen werden. In diesem Sinne: Glück Auf!



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.

Literatur

- [1] D. Adam. *Studienblätter zur Vorlesung Fels- und Tunnelbau – 3. Tunnelbau im Fels- und Lockergestein*. Wien: Technische Universität Wien, Institut für Geotechnik, Forschungsbereich Grundbau, Boden- und Felsmechanik, 2016. 218 S.
- [2] B. Affenzeller. „Alternative Bauverträge“. In: *Report* (2020). URL: <https://www.report.at/iframe/Bauvertraege.pdf> (Zugriff am 01.04.2021).
- [3] Auftraggeber Tunnelbauprojekt. *Ausschreibung – österreichisches Tunnelbauprojekt: Bauvertrag – Gesamtinhaltsverzeichnis*. Unterlagen aus der Bauausschreibung. 2010. 8 S.
- [4] Australian Government – Department of Infrastructure and Regional Development. *National Alliance Contracting Guidelines – Guide to Alliance Contracting*. 3., überarbeitete Ausgabe. Australien: Department of Treasury und Finance (Victoria), 2015. ISBN: 978-1-925216-66-0.
- [5] A. Bender. „Leistungsbetrachtung anhand projektspezifischer Prozessdaten im maschinellen Tunnelbau“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien, 2020.
- [6] D. Burtscher. *Neue hybride Abwicklungsmodelle für Bauprojekte – Entwicklung eines praxisorientierten Ansatzes für die Bauprojektentwicklung*. Innsbruck: Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, Arbeitsbereich Bauwirtschaft und Baumanagement (i3B), 2011. ISBN: 978-3-902811-23-3.
- [7] DAUB. *Diskussionspapier zur Erarbeitung konfliktarmer Bauverträge im Tunnelbau*. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), 2015. 173 S.
- [8] DAUB. *Empfehlungen zur Auswahl von Tunnelvortriebsmaschinen*. Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), 2010. 48 S.
- [9] DAUB, ÖGG und FGU. *Empfehlungen zur Auswahl und Bewertung von Tunnelvortriebsmaschinen*. Köln: Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen (DAUB), Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) und Arbeitsgruppe Tunnelbau der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen – FGU Fachgruppe für Untertagbau – Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, 1997. 16 S.
- [10] A. Demblin und C. Mörth. *FIDIC Bau- und Anlagenbauverträge – Einführung in die FIDIC Vertragsbedingungen: Red Book 1999, Yellow Book 1999, MDB Harmonized Edition 2010*. Wien: Manz, 2013. ISBN: 978-3-214-03679-9.
- [11] M. Entacher und M. Spiegl. „Risikotragung und Innovation im Tunnelbau – Aktuelle Entwicklungen in Bezug auf die ÖNORM B 2203 und das FIDIC Emerald Book“. In: *bau aktuell* Juli (2018), S. 145–149.
- [12] G. Ericson. „The Geotechnical Baseline Report in the new FIDIC Emerald Book – suggested developments“. In: *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art*. Hrsg. von Peila, Viggiani und Celestino. London: Taylor & Francis Group, 2019, S. 4455–4461. ISBN: 978-1-138-38865-9.
- [13] H. Ertl. „Risk allocation in the FIDIC forms of contract, and the Emerald Book’s place in the Rainbow Suite“. In: *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art*. Hrsg. von Peila, Viggiani und Celestino. London: Taylor & Francis Group, 2019, S. 4462–4467. ISBN: 978-1-138-38865-9.

- [14] FIDIC. *FIDIC – International Federation of Consulting Engineers – The Global Voice of Consulting Engineers*. URL: <http://fidic.org> (Zugriff am 16.04.2021).
- [15] FIDIC. *FIDIC Conditions of Contract for Underground Works – General Conditions*. Genf: Federation Internationale des Ingenieurs-Conseils, 2019. ISBN: 978-2-88432-084-9.
- [16] FIDIC. *FIDIC Conditions of Contract for Underground Works – Guidance for the Preparation of Particular Conditions & Tender Documents and Annexes*. Genf: Federation Internationale des Ingenieurs-Conseils, 2019. ISBN: 978-2-88432-084-9.
- [17] G. Girmscheid. *Bauprozesse und Bauverfahren des Tunnelbaus*. 3.Auflage. Berlin: Ernst & Sohn, 2013. ISBN: 978-3-433-03047-9.
- [18] G. Girmscheid. *Projektentwicklung in der Bauwirtschaft – prozessorientiert*. 5.Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, 2016. ISBN: 978-3-662-49330-4.
- [19] G. Goger. *Studienblätter zur Vorlesung Bauprozessplanung*. Wien: Technische Universität Wien, Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, 2019. 261 S.
- [20] G. Goger. *Studienblätter zur Vorlesung Bauverfahren im Tunnel- und Hohlraumbau*. Wien: Technische Universität Wien, Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, 2018. 308 S.
- [21] G. Goger und W. Reckerzügl. „Alternative Abwicklungsmodelle für Bauprojekte“. In: *bau aktuell* November (2020), S. 223–230.
- [22] H. Göllles und D. Link. *ÖNORM-Bauvertrag – Praxiskommentar – ÖNORM B 2110, ÖNORM B 2118 und die BVergG-Vertragsbestimmungen*. Wien: Austrian Standards plus GmbH, 2011. ISBN: 978-3-85402-242-5.
- [23] S. Haghsheno. *Analyse der Chancen und Risiken des GMP-Vertrages bei der Abwicklung von Bauprojekten*. Berlin: Mensch & Buch Verlag, 2004. ISBN: 978-3-89820-804-8.
- [24] I. Heegemann. *Studienblätter zum Seminar Vertragsgestaltung und Vergabemanagement – Vertragsgestaltung Teil 1*. Wien: Technische Universität Wien, Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Forschungsbereich Bauwirtschaft und Baumanagement, 2016. 92 S.
- [25] A. Heidemann. *Kooperative Projektentwicklung im Bauwesen unter Berücksichtigung von Lean-Prinzipien – Entwicklung eines Lean-Projektentwicklungssystems*. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie, Insitut für Technologie und Management im Baubetrieb, 2011. ISBN: 978-3-86644-583-3.
- [26] Herrenknecht AG. *Doppelschild-TBM*. 2021. URL: <https://www.herrenknecht.com/de/produkte/productdetail/doppelschild-tbm/> (Zugriff am 29.03.2021).
- [27] Herrenknecht AG. *Erddruckschild*. 2021. URL: <https://www.herrenknecht.com/de/produkte/productdetail/epb-schild/> (Zugriff am 17.03.2021).
- [28] Herrenknecht AG. *Gripper-TBM*. 2021. URL: <https://www.herrenknecht.com/de/produkte/productdetail/gripper-tbm/> (Zugriff am 29.03.2021).
- [29] F. Hochwimmer. „Einarbeitungseffekte im maschinellen Tunnelbau“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien, 2020.
- [30] G.-S. Hök. *Handbuch des internationalen und ausländischen Baurechts*. 2. Auflage. Heidelberg: Springer, 2012. ISBN: 978-3-642-12999-5.

- [31] A. A. Khafadji und S. Scharpf. „Kooperative Vertragsmodelle – Vergleichende Analyse des GMP- und Allianz-Vertrages“. In: *Tagungsband zum 29. BBB-Assistententreffen – Fachkongress der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Bereiche Bauwirtschaft, Baubetrieb, Bauverfahrenstechnik*. Hrsg. von P. Schwerdtner und T. Kessel. Braunschweig: Zentrum für Bau- und Infrastrukturmanagement, 2018, S. 12–22. ISBN: 978-3-927115-81-1.
- [32] A. Kropik. *Bauvertrags- und Nachtragsmanagement*. Perchtoldsdorf: Eigenverlag, 2014. ISBN: 978-3-200-03502-7.
- [33] T. Kurz. *Vertragsgestaltung im Baurecht – mit Kommentierung der ÖNORM B 2110 und Vertragsmustern*. Wien: Verlag Österreich GmbH, 2015. ISBN: 978-3-7046-6765-6.
- [34] Liebherr GmbH. *Tunnelbagger*. 2021. URL: <https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/274361/Produktinformation%20R%20924%20Compact%20Tunnel.pdf> (Zugriff am 08.02.2021).
- [35] J. Maclure. „The role of the Engineer in the Emerald book“. In: *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art*. Hrsg. von Peila, Viggiani und Celestino. London: Taylor & Francis Group, 2019, S. 4485–4493. ISBN: 978-1-138-38865-9.
- [36] B. Maidl. *Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus*. 3.Auflage. Essen: Verlag Glückauf, 2004. ISBN: 3-7739-1331-1.
- [37] A. Marulanda und M. Neuenschwander. „Contractual time for completion adjustment in the FIDIC Emerald Book“. In: *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art*. Hrsg. von Peila, Viggiani und Celestino. London: Taylor & Francis Group, 2019, S. 4494–4500. ISBN: 978-1-138-38865-9.
- [38] A. Marulanda und M. Neuenschwander. „Measuring the excavation and lining in the Emerald Book“. In: *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art*. Hrsg. von Peila, Viggiani und Celestino. London: Taylor & Francis Group, 2019, S. 4530–4537. ISBN: 978-1-138-38865-9.
- [39] C. Nairac. „The claims, dispute avoidance and dispute resolution procedure in the new FIDIC Emerald Book“. In: *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art*. Hrsg. von Peila, Viggiani und Celestino. London: Taylor & Francis Group, 2019, S. 4520–4529. ISBN: 978-1-138-38865-9.
- [40] ÖBV. *Merkblatt Kooperative Projektabwicklung*. Forschungsber. Österreichische Bautechnik Vereinigung (Hrsg.), 2018. 44 S.
- [41] ÖGG. *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb*. Forschungsber. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2014. 50 S.
- [42] ÖGG. *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb*. Forschungsber. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2021. 66 S.
- [43] ÖGG. *Richtlinie für die Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur – unter Berücksichtigung relevanter Projektrisiken*. Forschungsber. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2016. 52 S.
- [44] ÖNORM A 2050: 2006-11-01. *ÖNORM A 2050: Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [45] ÖNORM B 2110: 2013-03-15. *ÖNORM B 2110: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.

- [46] ÖNORM B 2118: 2013-03-15. *ÖNORM B 2118: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten – Werkvertragsnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [47] ÖNORM B 2118: 2021-12-01. *ÖNORM B 2118: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten – Werkvertragsnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [48] ÖNORM B 2203-2: 2005-01-01. *ÖNORM B 2203-2: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [49] ÖNORM B 2203-1: 2022-01-15. *ÖNORM B 2203-1: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb (Entwurf)*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [50] ÖNORM B 2203-2: 2022-01-15. *ÖNORM B 2203-2: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb (Entwurf)*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [51] ÖVBB. *Richtlinie Schildvortrieb*. Forschungsber. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (Hrsg.), 2009. 87 S.
- [52] J. Ross. „Introduction to Project Alliancing (on engineering & construction projects)“. In: *Alliance Contracting Electronic Law Journal* (2003). URL: <http://alliancecontracting%20electroniclawjournal.com/ross-j-15-2003-introduction-to-project-alliancing-on-engineering-construction-projects-april-2003-update/> (Zugriff am 13.04.2021).
- [53] C. Schlatter. „Vergleichende Analyse der Projektkosten bei unterschiedlichen Vertragsmodellen am Beispiel eines 20 km Beileitungsstollens“. Masterarbeit. Management Center Innsbruck, 2017.
- [54] E. Schneider. „Der Österreichische Tunnelbauvertrag“. In: *Aktuelle Fragen der Vertragsgestaltung im Tief- und Infrastrukturbau – Beiträge aus Theorie und Praxis*. Hrsg. von W. Leitner und A. Wais. Innsbruck: Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, Arbeitsbereich Bauwirtschaft und Baumanagement (i3B), 2004, S. 19–33. ISBN: 978-3-8334-1843-3.
- [55] Swietelsky AG. *Eine faire Allianz*. 2021. URL: <https://www.swietelsky.at/blog/eine-faire-allianz/> (Zugriff am 22.04.2021).
- [56] Verband Beratender Ingenieure (VBI). *FIDIC Yellow Book – Conditions of Contract for Plant and Design-Build – Erläuterungen und Übersetzung*. Forschungsber. Verband Beratender Ingenieure VBI, 2006. 245 S.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Einsatzbereich der Vortriebsmethoden in Abhängigkeit von der Projektlänge (Quelle: Girmscheid [17, S. 70])	22
Abb. 2.2:	Bauverfahren des universellen Vortriebes (Quelle: Goger [20, S. 69])	22
Abb. 2.3:	Bohrgerät der Firma Atlas Copco, 3 Bohrarne, 1 Ladekorb (Quelle: Girmscheid [17, S. 76])	24
Abb. 2.4:	Typisches Sprengschema mit Bündeltechnik als Anschluss der Zündschläuche an die Sprengschnur (Quelle: Girmscheid [17, S. 88])	25
Abb. 2.5:	Tunnelbagger R 924 Compact der Firma Liebherr (Quelle: Liebherr GmbH [34, S. 7])	27
Abb. 2.6:	Systemskizze und Funktionsweise einer TSM (Quelle: Maidl [36, S. 334])	28
Abb. 2.7:	Links: Einzelankerung, Rechts: Systemankerung (Quelle: Goger [20, S. 209])	31
Abb. 2.8:	Vortriebsablauf und Stützmittel bei der NÖT (Quelle: Goger [20, S. 110])	34
Abb. 2.9:	1.Grundsatz der NÖT nach Müller, 1978 (Quelle: Adam [1, S. 76])	35
Abb. 2.10:	Bauverfahren des maschinellen Vortriebes (Quelle: Goger [20, S. 113])	36
Abb. 2.11:	Einteilung der Tunnelvortriebsmaschinen (Quelle: Adaptiert nach DAUB [8, S. 11])	37
Abb. 2.12:	Maschinentypen und ihr Bohrdurchmesser (Quelle: Goger [20, S. 115])	38
Abb. 2.13:	Aufbau einer Gripper-TBM der Fa. Herrenknecht (Quelle: Adaptiert nach Herrenknecht AG [28])	39
Abb. 2.14:	Aufbau einer DSM der Fa. Herrenknecht (Quelle: Adaptiert nach Herrenknecht AG [26])	41
Abb. 2.15:	Systeme der Ortsbruststützung bei einer SM (Quelle: Girmscheid [17, S. 496])	42
Abb. 2.16:	Aufbau eines Erddruckschildes der Fa. Herrenknecht (Quelle: Adaptiert nach Herrenknecht AG [27])	44
Abb. 2.17:	Projekphasen im Zuge der Abwicklung eines Einzelleistungsträgers (Quelle: Girmscheid [18, S. 697])	45
Abb. 2.18:	Vergütungsmodell des Allianzvertrages (Eigene Darstellung nach Ross [52, S. 4 ff.] und Heidemann [25, S. 101])	55
Abb. 3.1:	Projektphasen eines Tunnelbauvorhabens (Eigene Darstellung nach ÖGG [43, S. 7])	60
Abb. 3.2:	Ablauf der geotechnischen Planung für den zyklischen Vortrieb (Quelle: ÖGG [42, S. 13])	63
Abb. 3.3:	Musterbeispiel für eine Vortriebsklassenmatrix im zyklischen Vortrieb (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [49, S. 12])	66
Abb. 3.4:	Ablauf der geotechnischen Planung für den kontinuierlichen Vortrieb (Quelle: ÖGG [41, S. 15])	68
Abb. 3.5:	Musterbeispiel für eine Vortriebsklassenmatrix im kontinuierlichen Vortrieb mit einer TBM-O/TBM-A (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [50, S. 20])	71
Abb. 3.6:	Musterprofil eines zyklischen Vortriebes (vor und nach der Gebirgsverformung) (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [49, S. 17])	88

Abb. 3.7:	Musterprofil eines TVM-Vortriebes mit konventionellem Ausbau (Quelle: <i>ÖNORM B 2203-2</i> [50, S. 24 f.]	97
Abb. 3.8:	Musterprofil eines TVM-Vortriebes mit Tübbingausbau (Quelle: <i>ÖNORM B 2203-2</i> [50, S. 26])	98
Abb. 4.1:	Flexibles Vergütungsmodell der <i>ÖNORMEN B 2203</i> als Vorbild für das <i>Emerald Book</i> (Quelle: Entacher und Spiegl [11, S. 146])	105
Abb. 5.1:	Projektkosten in Abhängigkeit von der Risikoverteilung (Quelle: Adaptiert nach Ertl [13, S. 4463])	128
Abb. 5.2:	Risikoverteilung in Abhängigkeit vom Vertragsmodell (Quelle: Modifiziert nach Khafadji und Scharpf [31, S. 16])	137
Abb. 5.3:	Fallstudie 1: Verschiebung der Vortriebsklassen bzw. -abschnitte (Quelle: Adaptiert nach Marulanda und Neuenschwander [37, S. 4498 f.]	139
Abb. 5.4:	Fallstudie 2: Wassererschwernisse	140

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Bauverfahren für Tunnel in geschlossener Bauweise (Quelle: DAUB et al. [9, S. 4])	20
Tab. 2.2: Erfahrungswerte des Sprengstoffverbrauchs [kg/m ³] in Abhängigkeit vom Tunnelquerschnitt und der Gesteinsart (Quelle: Goger [20, S. 92])	25
Tab. 2.3: Vorauseilende Sicherungsmaßnahmen im Überblick (Quelle: Goger [20, 218 ff.], Maidl [36, 35 ff.]	33
Tab. 2.4: Überblick der Bauverträge nach der Preisgestaltung (Quelle: Heegemann [24, 13 ff.], Kropik [32, 637 ff.], Girmscheid [18, 70 ff.], Affenzeller [2], Demblin und Mörth [10, 2 ff.]	48
Tab. 2.5: FIDIC Vertragsfamilie und deren Einsatzbereich (Quelle: FIDIC [14], Demblin und Mörth [10, 2 ff.]	57
Tab. 3.1: Übergeordnete Kategorien von Gebirgsverhaltenstypen (Quelle: ÖGG [42, S. 19])	64
Tab. 3.2: Das Vergütungsmodell des EHP-Vertrages (Eigene Darstellung nach Schlatter [53, S. 8 f.]	74
Tab. 4.1: Musterbeispiel des <i>Schedule of Baselines</i> (Quelle: FIDIC Emerald Book Guidance [16, S. 92])	114
Tab. 5.1: Zusammenfassende Gegenüberstellung allgemeiner Merkmale der Vertragsmodelle	133
Tab. 5.2: Zusammenfassende Gegenüberstellung besonderer Merkmale der Vertragsmodelle	134
Tab. 5.3: Zusammenfassende Gegenüberstellung der Risikoverteilungen der Vertragsmodelle	136
Tab. 5.4: Beispiel des ÖNORM-Modells zur Berücksichtigung von Wassererschwerissen (Variante A der <i>ÖNORM B 2203-2</i>) (Quelle: <i>ÖNORM B 2203-2</i> [50, S. 28])	141