Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Diploma Thesis

Analysis of national and international contracts and compensation models in mechanized-tunneling

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

Diplomarbeit

Vergleich nationaler und internationaler Vertrags- und Vergütungsmodelle im maschinellen Tunnelvortrieb

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

von

Bettina Chylik, BSc

Matr.Nr.: 01226588

unter der Anleitung von

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

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

Privatdoz. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Christian Schranz**, M.Sc.

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

Wien, im September 2018 _____

Kurzfassung

Schlagwörter: maschineller Tunnelbau, Vertragswesen, Vergütungsmodelle, ÖNORM B 2203-2, digitales Datenmanagement, Projektanalyse, Expertengespräche

Die vorliegende Diplomarbeit entsteht im Rahmen der Forschungstätigkeiten zur Entwicklung eines *innovativen Vertrags- und Vergütungsmodells für den maschinellen Tunnelbau* auf der Grundlage von digital erhobenen Vortriebs- und Maschinendaten des Instituts für interdisziplinäres Bauprozessmanagement – Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik. Sie dient als grundlegende Analyse für die weitere Forschungsarbeit.

Zu Beginn dieser Arbeit werden die ausgewählten nationalen und internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche beschrieben. Für das allgemeine Verständnis erfolgt im ersten Schritt eine detaillierte Erläuterung der österreichweit angewendeten *ÖNORM B 2203-2*, welche die wesentlichen Verfahrens- und Vertragsbestimmungen für den maschinellen Tunnelbau enthält. Wegen der räumlichen Nähe und der soziokulturellen Gemeinsamkeiten werden anschließend die normativen Regelungen in Deutschland und der Schweiz näher erläutert. Begründet durch die große Anzahl an internationalen Tunnelbauprojekten sind in dieser Arbeit zusätzlich zu den normenbasierten Modellen des deutschsprachigen Raums, ausgewählte standardisierte Vertragsmodelle angeführt, welche global Anwendung finden. Die meisten dieser Modelle enthalten keine expliziten Regelungen für den Tunnelbau, weshalb die Umsetzung bei Projekten mit maschinellem Vortrieb gesondert erläutert wird. Als Beispiele sind in dieser Diplomarbeit die internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle der Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC), New Engineering Contract (NEC), Pauschalpreis- und Allianzvertragsmodelle beschrieben.

Für die vergleichende Analyse und die projektspezifische Umsetzung der untersuchten Vertrags- und Vergütungsmodelle wurden Interviews mit Fachexperten durchgeführt. Aus den Erfahrungen der befragten Auftraggeber- und Auftragnehmervertreter sowie unabhängiger Gutachter werden die korrespondierenden Betrachtungsweisen und länderspezifische oder soziokulturell bedingte Besonderheiten bei der Umsetzung der einzelnen Vertragsmodelle herausgearbeitet. Des weiteren werden die Vor- und Nachteile für die Bauausführung analysiert und die Sichtweisen der unterschiedlichen Projektbeteiligten verglichen, um die Basis für zukünftige innovative Vertrags- und Vergütungsmodelle zu schaffen.

Die weltweite Digitalisierung nimmt in jedem Bereich unseres Lebens immer mehr zu. Deswegen untersucht diese Arbeit im zweiten Abschnitt das Potential des digitalen Datenmanagements im Bereich des maschinellen Tunnelbaus. Geführte Experteninterviews und die Analyse eines konkreten Projekts dienen der Ermittlung des Stellenwerts, das ein digitales Datenmanagementsystem derzeit auf der Baustelle besitzt. In weiterer Folge untersucht diese Arbeit, welche Daten von einer Vortriebsmaschine digital erfasst werden und welche Prozesse diese durchlaufen müssen, um für die alltägliche Baustellenabwicklung nutzbar zu sein. Eine objektive Betrachtung und die Erfahrung der Experten zeigen eventuelle zukünftige Nutzungs- und Entwicklungsmöglichkeiten auf.

Abstract

Keywords: mechanized-tunneling, contracting, compensation models, ÖNORM B 2203-2, digital datamanagement, project analysis, expert intervies

This thesis was written in the framework of the research activities to develop an *innovative compensation and contract model for mechanized-tunneling* an the basis of digitally recorded excavation and machine data, at the Institute of Interdisciplinary Construction Process Management – research area Construction Process and Methods. It should serve as a basically analysis for further research work.

This thesis starts with the explanation of the selected national and international contract and compensation models, based on an comprehensive literature search. In order to give the reader a general understanding, the first step is a detailed description of the *ÖNORM B 2203-2* which is applied throughout Austria and contains the major procedural and contractual provisions for mechanized-tunneling. Based on the proximity and the socio-cultural similarities, there is a closer explanation of the normative regulations from Germany and Switzerland following. Because of the huge amount of international tunneling projects, this thesis contains further explanations of selected standardized contract models that are globaly used. Most of these models do not contain any explicit regulations for tunneling, which is why the implementation is defined separately for projects with mechanical excavation. The contract and compensation model of the Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC), New Engineering Contract (NEC), lump sum and alliancing contracts have been selected by the author.

Interviews with experts were conducted for the comparative analysis and the project-specific implementation of the examined contract and compensation models. Based on the experiences of the surveyed employers, contractors, and independend consultants, the corresponding considerations and country-specific or socio-cultural characteristics in the implementation of the individual contract models are worked out. Furthermore, this thesis considers advantages and disadvantages for the construction work and compares the perspectives of the different project participants to create the basis for future innovative contract and compensation models.

Global digitization is increasing in every area of our lives. Therefore, the second part of this diploma thesis investigates the potential of digital data management in the field of mechanized-tunneling. On the basis of the conducted expert interviews and the analysis of a specific project, the current significance of a digital data management system on the construction site is being determined. Subsequently, it will be examined which data are recorded digitally by a tunneling machine and which processes have to be passed through in order to be usable for the daily construction site processing. Through an objective consideration and the experience of the experts future uses and development possibilities are shown.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **9**
- 1.1 Motivation . . . 10
- 1.2 Forschungsfragen . . . 10
- 1.3 Forschungsmethodik . . . 11
- 1.4 Begriffsbestimmungen . . . 13
- 1.5 Abkürzungsverzeichnis . . . 15

2 Die österreichische Normenlage für den maschinellen Tunnelbau **17**
- 2.1 Modellbeschreibung laut ÖNORM . . . 17
  - 2.1.1 Gebirgscharakterisierung . . . 17
  - 2.1.2 Ermittlung der Vortriebsklassen . . . 21
  - 2.1.3 Vergütung . . . 24
- 2.2 Voraussetzungen für das Vergütungsmodell laut ÖNORM . . . 28
  - 2.2.1 Voraussetzungen für die Ausschreibung und Angebotserstellung . . . 28
  - 2.2.2 Voraussetzungen für die Vergütung . . . 32
- 2.3 Vertragsbestimmungen laut ÖNORM . . . 35
- 2.4 Sphärenzuordnung laut ÖNORM . . . 35
  - 2.4.1 Auftraggeber . . . 35
  - 2.4.2 Auftragnehmer . . . 36

3 Normative Regelungen in Deutschland und der Schweiz **37**
- 3.1 Vertrags- und Vergütungsmodell im Tunnelbau in Deutschland . . . 37
  - 3.1.1 Modellbeschreibung laut DIN . . . 37
  - 3.1.2 Voraussetzungen für die Vergütung laut DIN und Abweichungen zur ÖNORM 40
  - 3.1.3 Sphärenzuordnung laut DIN . . . 40
- 3.2 Vertrags- und Vergütungsmodell im Tunnelbau in der Schweiz . . . 42
  - 3.2.1 Modellbeschreibung laut SIA . . . 43
  - 3.2.2 Voraussetzungen für die Vergütung laut SIA und Abweichungen zur ÖNORM 46
  - 3.2.3 Sphärenzuordnung laut SIA . . . 48

4 Vertrags- und Vergütungsmodelle im internationalen Kontext **51**
- 4.1 FIDIC - Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils . . . 51
  - 4.1.1 Struktur der FIDIC-Vertragswerke . . . 51
  - 4.1.2 Besonderheiten von FIDIC-Verträgen . . . 53
  - 4.1.3 Vertragsspezifische Anwendung der FIDIC-Vertragswerke im Tunnelbau . 55
- 4.2 NEC – New Engineering Contract . . . 56
  - 4.2.1 Struktur der NEC-Vertragsfamilie . . . 56
  - 4.2.2 Merkmale von NEC-Verträgen . . . 58
  - 4.2.3 Vertragsspezifische Anwendung des NEC-Vertragsmodells im Tunnelbau . 60
- 4.3 Pauschalpreismodell – Lump sum . . . 61
  - 4.3.1 Merkmale von Pauschalpreisverträgen . . . 61
  - 4.3.2 Vertragsspezifische Anwendung von *Lump Sum*-Modellen im Tunnelbau . 62

4.4 Allianzverträge 63
4.4.1 Besonderheiten des Allianz Modells 63
4.4.2 Vertragsspezifische Anwendung des Allianzmodells im Tunnelbau 64

5 Vergleich nationaler und internationaler Vertragsmodelle im maschinellen Tunnelbau 65
5.1 Korrespondierende Betrachtungsweisen der Vertragsmodelle 65
5.2 Spezifika einzelner Vertragsmodelle bei maschinellen Tunnelbauprojekten 66
5.2.1 Alleinstellungsmerkmale der Verträge nach ÖNORM B 2203-2 66
5.2.2 Besondere Herangehensweise des DIN-Modells 67
5.2.3 Spezifika des Vertrags- und Vergütungsmodells laut SIA 67
5.2.4 Besonderheiten bei der Anwendung von FIDIC-Verträgen 68
5.2.5 Charakteristika der NEC-Vertragsfamilie 69
5.2.6 Kennzeichnende Eigenschaften eines Pauschalpreisvertrags 70
5.2.7 Spezifika bei Anwendung des Allianzmodells 70
5.3 Soziokulturelle Besonderheiten bei internationalen Tunnelbauprojekten 71
5.3.1 Expertenerfahrungen im Kulturkreis Skandinavien 71
5.3.2 Expertenerfahrungen im amerikanischen Kulturkreis 72
5.3.3 Expertenerfahrungen im arabischen Kulturkreis 73
5.3.4 Expertenerfahrungen im spanischen Kulturkreis 73
5.4 Betrachtungsweise des ÖNORM-Modells bei den Projektbeteiligten 73
5.4.1 Verträge nach dem ÖNORM-Modell aus Sicht der Auftraggeber 74
5.4.2 Sichtweise der Auftragnehmer bei Anwendung des ÖNORM-Modells . . . 74
5.4.3 Erfahrungen von unabhängigen Sachverständigen und Gutachtern mit dem ÖNORM-Modell 75
5.5 Zusammenfassende Analyse der normenbasierten Vertragsmodelle im DACH-Raum 76

6 Digitales Datenmanagement im maschinellen Tunnelvortrieb 79
6.1 Digital erfasste Daten anhand eines konkreten Tunnelbauprojektes 80
6.1.1 Anforderungen an die digitale Datenerfassung 80
6.1.2 Einbau des Datenerfassungssystems durch den TBM-Hersteller 82
6.2 Ergänzende analoge Datenerfassung 82
6.3 Weitergabe und Verarbeitung der aufgezeichneten Daten 83
6.3.1 Tunnelbohrmaschine und Vortrieb 83
6.3.2 Datenmanagementsoftware – IRIS.tunnel 83
6.3.3 Bearbeitung der Maschinendaten durch die Bauleitung 84
6.4 Nutzung der generierten Daten im Baustellenalltag 85
6.4.1 Auftraggeber 85
6.4.2 Bauleitung und Maschinentechniker 85
6.4.3 Abrechnung 86
6.4.4 Tübbingverwaltung 87
6.4.5 Controlling 87
6.5 Analyse des Datenmanagements beim konkreten Tunnelbauprojekt 87
6.6 Ausblick – künftige Anwendungsmöglichkeiten Datenmanagement bei maschinellen Tunnelbauprojekten 90

7 Zusammenfassung 93

A Fragebogen Experteninterview 100

Kapitel 1

Einleitung

Der Stellenwert eines Vertrags im Baukontext hat in den letzten Jahren immer stärker zugenommen, weshalb es für Bauingenieure[1] immer wichtiger wird die vereinbarten Vertragsbedingungen detailliert zu kennen. Einher geht, dass die Vertragsdokumente sehr umfangreich und, durch den Versuch einer expliziten Beschreibung, zunehmend komplizierter und von juristischen Formulierungen geprägt sind, um möglichst viele Eventualitäten abdecken zu können. Zur Unterstützung der Entwicklung eines *innovativen Vertrags- und Vergütungsmodells für den maschinellen Tunnelbau* auf Grund von digital erhobenen Vortriebs- und Maschinendaten, mit welchem sich das Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement – Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik der TU Wien beschäftigt, sollen die grundlegenden Elemente der aktuell international angewendeten Vertragsmodelle ermittelt werden.

Die vorliegende Diplomarbeit beginnt, zum allgemein besseren Verständnis, mit einer detaillierten Erläuterung des österreichischen Vertrags- und Vergütungsmodells nach *ÖNORM B 2203-2* [20]. Anschließend erfolgt die Beschreibung der normativ begründeten Modelle der beiden anderen Länder des DACH-Raums[2] und der wesentlichen Merkmale der international verwendeten standardisierten Musterverträge der Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC), New Engineering Contract (NEC) sowie Pauschalpreis- und Allianzvertragsmodelle.

Auf Basis der Gespräche mit erfahrenen Experten in Bereich des maschinellen Tunnelbaus und der zuvor erwähnten Modellbeschreibungen, werden die korrespondierenden Betrachtungsweisen und länderspezifischen oder soziokulturell bedingten Alleinstellungsmerkmale herausgearbeitet. Durch die Einschätzungen der befragten Vertreter des Auftraggebers, Auftragnehmers und der unabhängigen Sachverständigen werden Vor- und Nachteile einzelner Vertrags- und Vergütungsmodelle ermittelt, welche das Potential für weitere Forschungstätigkeiten aufdecken sollen.

Bei genauerer Betrachtung der letzten Jahrzehnte ist außerdem zu erkennen, dass die Digitalisierung in allen Bereichen unseres Lebens stark zunimmt. Demzufolge spielen digitale Datenmanagementsysteme in den alltäglichen Arbeitsabläufen einer maschinellen Tunnelbaustelle ebenfalls eine immer wichtigere Rolle. Diese verfolgen das Ziel, durch die Unterstützung der Prozesse dem operativen Baustellenpersonal mehr Zeit für die wesentlichen Aufgaben der Baustellenabwicklung zu bieten. Für die Ermittlung des Potentials von derzeit verwendeten Datenmanagementsystemen werden erfahrene Experten des maschinellen Tunnelbaus befragt und ein konkretes Projekt analysiert. Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse wird im Zuge dieser Arbeit ein Datenflussdiagramm zur übersichtlichen Darstellung der erhobenen Daten eines maschinellen Tunnelbauprojektes und den benötigten Prozessen zur Aufbereitung und Verarbeitung erstellt. Diese Arbeit soll zur weiteren Entwicklung der digitalen Datenmanagementsysteme und darauf abgestimmter Vertrags- und Vergütungsmodelle für den maschinellen Tunnelbau dienen.

[1] Genderhinweis: Die Autorin 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.

[2] DACH = Deutschland (D), Österreich (A) und Schweiz (CH)

1.1 Motivation

Die Umsetzung von großen Tunnelbauprojekten mit maschinellen Vortriebsmethoden ist laut Meinung von Experten, welche beispielsweise im Interview mit Em. Univ.-Prof. Eckart Schneider zum Thema „Wo steht Österreich im Tunnelbau international?“[3] nachgelesen werden kann, in Zukunft kaum mehr wegzudenken. Durch die Verwendung von Tunnelbohr- oder Schildmaschinen werden viele Prozesse des Vortriebs voneinander abhängig, weshalb eine genaue Überwachung für die Abwicklung wichtig ist. Hierfür können digitale Messeinrichtungen in den Maschinen verbaut werden, wodurch eine große Menge an Daten anfällt. Mit Hilfe der vorliegenden Arbeit wird aufgezeigt, welche Prozesse die digital erfassten Daten durchlaufen müssen, um einer Nutzung in der alltäglichen Baustellenabwicklung zugeführt werden zu können.

Die Möglichkeiten der weiteren Verwendung von digital erfassten Vortriebsdaten sind von den jeweils gewählten Vertrags- und Vergütungsmodellen abhängig. Deswegen ist eine detaillierte und objektive Betrachtung der nationalen und internationalen Möglichkeiten der Ausgestaltung solcher Vertrags- und Vergütungsmodelle notwendig. Auf Basis der Erfahrungen von Fachexperten mit den unterschiedlichen Vertragswerken, welche diese im Zuge ihrer Projekttätigkeiten gesammelt haben, lassen sich bewährte Bestandteile und eventuelle Verbesserungspotentiale herausfiltern, welche im Zuge dieser Arbeit zusammengefasst werden.

Digitale Datenmanagementsysteme sind aus unserem Arbeitsalltag nicht mehr wegzudenken und werden in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Diese Diplomarbeit bietet die Chance zur näheren Auseinandersetzung mit dem Datenmanagement bei maschinellen Tunnelbauprojekten und gibt anhand eines konkreten Projektes Einblicke auf den derzeitigen Stand des Datenflusses auf den Baustellen.

1.2 Forschungsfragen

Mit Hilfe der im Vorfeld dieser Arbeit festgelegten Forschungsfragen wurde das Forschungsgebiet genauer definiert. Diese geben die Rahmenbedingungen für die Auswahl der Forschungsmethodik vor:

1. Gibt es zwischen den nationalen und internationalen Vertrags- und Vergütungsmodellen korrespondierende Betrachtungsweisen oder länderspezifische beziehungsweise kulturelle Besonderheiten?

2. Welche Vor- und Nachteile ergeben sich durch die charakteristischen Betrachtungsweisen der länderspezifischen Modelle für die Abwicklung und Dokumentation von maschinellen Tunnelbauvortrieben?

   Wie wirken sich diese auf die Anwendbarkeit im Baustellenalltag aus?

3. Können die digital erfassten Daten einer Vortriebsmaschine direkt oder indirekt in ein Datenmanagementsystem übernommen werden?

   Sind die generierten Daten im originalen Erfassungszustand oder erst durch eine nachträgliche Aufarbeitung für den Abrechnungsprozess verwendbar?

4. Wie sieht die derzeitige Anwendung des digitalen Datenmanagements im alltäglichen Baustellenbetrieb, im Hinblick auf eine objektivierte Abwicklung von maschinellen Tunnelbauprojekten, aus?

[3] Vgl. [26] Schneider, S. 178

Wie könnte sich die Nutzung von digitalen Datenmanagementsystemen im Bereich des maschinellen Tunnelvortriebs in Zukunft entwickeln?

1.3 Forschungsmethodik

Für die Beantwortung der zuvor erläuterten Forschungsfragen wurden drei unterschiedliche Methoden gewählt. Im ersten Schritt erfolgte eine umfassende Literaturrecherche zur Beschreibung der unterschiedlichen national und international angewendeten Vertrags- und Vergütungsmodelle des maschinellen Tunnelbaus. Dabei sollen die wesentlichen Bestandteile und Herangehensweisen der betreffenden Normen und Mustervertragswerke für ein detaillierteres Verständnis herausgearbeitet werden.

Der in weiterer Folge durch die Autorin erstellte 13-seitige Fragebogen, welcher in Anhang A beigefügt ist, basiert auf den im Zuge der Literaturrecherche erhaltenen Erkenntnissen. Das Ziel war die tatsächliche Umsetzung der national und international verfügbaren Vertrags- und Vergütungsmodelle bei ausgeführten maschinellen Tunnelbauprojekten und die dadurch gewonnenen Erfahrungen der beteiligten Fachexperten zu ermitteln. Der Fragebogen besteht im Wesentlichen aus zwei Hauptteilen, welchen ein kurzer allgemeiner Abschnitt über den Werdegang und die bisherigen Tätigkeitsbereiche der Experten, vorausgeht. Im ersten Teil des Leitfadens sind allgemeine Fragen zu den, im Tätigkeitsbereich des befragten Fachexperten, angewandten Vertrags- und Vergütungsmodellen enthalten, die sich auf folgende Themen beziehen:

- Charakteristika einzelner Vertrags- und Vergütungsmodelle
- Wiederkehrende Vertragsbestandteile
- Stellenwert der Verträge
- Störungssensibilität der Vertragsmodelle bei unvorhergesehenen Ereignissen
- Standardmäßige Vorgehensweisen (z. B. bei Mehrkostenforderungen)
- Wesentliche Vor- und Nachteile der Vertrags- und Vergütungsmodelle aus Sicht der Experten
- Verbesserungsvorschläge (eventuell Bestandteile anderer Modelle)

Der zweite Teil des erstellten Fragebogens bezieht sich auf ein konkretes, nach Möglichkeit in kürzerer Vergangenheit abgewickeltes, Projekt des Experten. In diesem Abschnitt soll durch die Beschränkung auf ein Vertrags- und Vergütungsmodell eine detailliertere Betrachtung ermöglicht werden. Der projektspezifische Interviewleitfaden beschäftigt sich mit den folgenden Themen:

- Besonderheiten im angewandten Vertrag
- Auswirkungen von Störungen bzw. Abweichungen auf den Bauablauf und die Kosten
- Abrechnungsaufwand
- Erkennbare Vor- und Nachteile des angewandten Vertrags- und Vergütungsmodells
- Detaillierungsgrad und Vollständigkeit der Ausschreibungsunterlagen
- Aufwand für die Angebotserstellung
- Angewendete Form der digitalen Datenmanagementsysteme

- Projektumfeld (soziokulturelle Besonderheiten in der Projektabwicklung)

Die Fragestellungen des erstellten Leitfadens für die Experteninterviews bestehen hauptsächlich aus offenen Fragen. Dies bietet den Experten den Freiraum, die Fragen so beantworten zu können, dass sensible Themenbereiche des Unternehmens weitestgehende vermieden werden. Es ist darauf geachtet worden, dass die Fragestellungen neutral formuliert sind und keine vordefinierten Antworten implizieren (keine Suggestivfragen). Des Weiteren sind für bestimmte Fragestellungen geschlossene Fragen gewählt worden, deren Beantwortung mit *ja* oder *nein* möglich ist. Diesen folgen zumeist zur näheren Spezialisierung weitere offene Fragestellungen. Zusätzlich werden skalierende Fragen für den Interviewleitfaden verwendet, um die Einschätzung der Experten besser vergleichen zu können. Die fünfteilige Bewertungsskala wird beispielsweise für Aufwandsfragen verwendet und reicht von *1 – niedrig* bis *5 – sehr hoch*.

Die Interviews wurden zwischen Februar und Juli 2018 mit 14 Experten aus dem Fachbereich maschineller Tunnelbau in überwiegend persönlichen Gesprächen durchgeführt. Nur in Ausnahmefällen mussten die Befragungen telefonisch stattfinden, da eine Terminvereinbarung aus zeitlichen Gründen der Interviewpartner oder räumlicher Entfernung nicht möglich war. Auf Grund des Datenschutzes werden die Namen der Experten in weiterer Folge anonymisiert. Von den befragten 14 Interviewpartnern sind neun derzeit bei ausführenden Unternehmen im DACH-Raum und international tätig, drei auf der Seite des Auftraggebers angestellt und zwei selbstständig arbeitende Sachverständige und Gutachter. Die Durchführung der Experteninterviews dauerte je Befragung etwa eineinhalb bis zwei Stunden. Die Experten wurden im einleitenden Gespräch darauf hingewiesen, dass die von ihnen gegebenen Antworten vertraulich behandelt werden, weshalb diese Arbeit in weiterer Folge auf eine Transkription der Interviews verzichtet. Auf Grund der Brisanz der Themen zeitlicher und kostentechnischer Abweichungen erfolgt keine Veröffentlichung der genannten Ausführungszeiträume und Kosten sowie Projektnamen.

Die Analyse des digitalen Datenmanagements basiert auf einem ausgewählten konkreten maschinellen Tunnelbauprojekt in Österreich sowie diesbezüglichen Fragen in den Experteninterviews. Innerhalb eines 4-tägigen Aufenthalts vor Ort sind Gespräche mit unterschiedlichen Projektbeteiligten zum Thema Datenfluss auf der Tunnelbaustelle geführt worden. Auf Grund des Datenschutzes und der detaillierten Untersuchungen, verzichtet diese Arbeit auf eine nähere Projektbeschreibung. Für die vor Ort geführten Interviews ist ebenfalls ein Leitfaden mit den nachfolgenden Fragen erstellt worden, welcher zum Ziel hat die derzeitigen Übertragungswege sowie die Nutzung von digitalen Vortriebsdaten in der alltäglichen Baustellenabwicklung zu ermitteln:

1. Welche Daten werden von der am Beispielprojekt verwendeten TBM aufgezeichnet?
2. Welche Daten werden von der TBM gespeichert?
3. Welche Datenformate kommen zum Einsatz?
4. Wo werden die TBM-Daten gespeichert und wer hat darauf Zugriff?
5. Wie werden die Daten weitergegeben? (z. B. Glasfaser, W-Lan, ...)
6. Was wird tatsächlich von diesem aufgezeichneten Datenmaterial standardmäßig verwendet und wofür? (z. B. Abrechnung, Geologie, Dokumentation, ...)
7. Werden zusätzliche Daten verwendet (nicht von der TBM direkt)? Woher stammen diese Daten?
8. Wie hoch ist der Aufwand der Aufarbeitung für die weitere Nutzung?

9. Wem werden welche Daten weitergeleitet? (z. B. Projektleitung, Bauherr, Örtliche Bauaufsicht, ...)

10. Wer ist für die Daten verantwortlich und wem gehören sie? Gibt es dazu vertragliche Regelungen?

1.4 Begriffsbestimmungen

Zum besseren Verständnis dieser Arbeit erfolgt in diesem Abschnitt eine Beschreibung der wesentlichen Begriffe des maschinellen Tunnelbaus. Die Erläuterungen basieren auf den Werken von Girmscheid [11] und Leitner [15], den Richtlinien der Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) [21] und Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB) [23] sowie der *ÖNORM B 2203-2* [20].

Erektor: Ein (Tübbing-) Erektor ist eine hydraulisch angetriebene Maschine, welche innerhalb des Nachläufers der Tunnelbohrmaschine verbaut ist. Durch mehrere Vakuumsaugplatten ermöglicht er einen präzisen Einbau von Tübbingen und Stahlbögen.[4]

Gebirgsverhaltenstyp (GVT): In einem Gebirgsverhaltenstyp werden jene Bereiche eines Gebirges zusammengefasst, die ähnliche Verformungscharakteristika und Versagensmechanismen im Bezug auf den Ausbruch des Gesamtquerschnittes aufweisen. Dabei werden die zeitlichen und räumlichen Verformungen ohne Stütz- oder Zusatzmaßnahmen betrachtet.[5] [6]

Gripper: Gripper, auch Verspannplatten oder Verspannsystem genannt, sind hydraulisch bewegliche Platten, welche dem kreisförmigen Ausbruchsprofil angepasst sind. Durch radiales verspannen gegen das anstehende Gebirge können die Reaktionskräfte aus Vorschub, Bohrkopfantrieb und Eigengewicht abgeleitet und der benötigte Anpressdruck für den Bohrvorgang erzeugt werden. Sie kommen bei offenen Tunnelbohrmaschinen und Tunnelbohrmaschinen mit Doppelschild zum Einsatz.[7] [8]

Penetration: Die Penetration ist ein Maß für die Eindringtiefe eines Bohrwerkzeuges je Umdrehung des Bohrkopfes und wird in mm/U angegeben. Die Größe der Penetration gibt Auskunft über die Bohrbarkeit des Gesteins und ermöglicht Rückschlüsse auf die Nettobohrleistung.[5] [9]

Schildmaschine (SM): Eine Schildmaschine stellt eine mechanische Bodenabbauvorrichtung dar, die durch ein umlaufendes Schild geschützt wird. Diese Maschinen eignen sich vor allem für den Bau von längeren Tunnelstrecken im Lockergestein und können sowohl mit als auch ohne Ortsbruststützung ausgeführt werden. Je nach Bauart kann der Vortrieb als Teil- oder Vollausbruch stattfinden. Durch geeignete Stützmaßnahmen kann der Abbau sowohl unter- als auch oberhalb des Grundwasserpegels erfolgen.[5] [8]

Tunnelbohrmaschine (TBM): Unter dem Begriff der Tunnelbohrmaschine versteht man eine Maschine für den mechanischen semi-kontinuierlichen Ausbruch von Tunnelquerschnitten.

[4] Vgl. [11] Girmscheid, S. 481 ff.
[5] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 6 ff.
[6] Vgl. [21] *ÖGG (Hrsg.): „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb“*, S. 10
[7] Vgl. [15] Leitner, S. xiii
[8] Vgl. [11] Girmscheid, S. 387 ff.
[9] Vgl. [11] Girmscheid, S. 49

Dabei wird der Ausbruchsquerschnitt vollflächig aufgefahren und gleichzeitig Sicherungs- bzw. Ausbauarbeiten innerhalb der Nachläufereinrichtung, das bedeutet hinter dem Bohrkopf, durchgeführt. Zur Anwendung kommen diese im Festgestein und werden anhand derer Bau- und Verspannarten weiter unterteilt.[10] [11]

Offene Tunnelbohrmaschine (TBM-O): Eine offene Tunnelbohrmaschine zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich selbst im standfesten bis nachbrüchigen Gebirge mittels Grippern verspannen kann und somit den notwendigen Anpressdruck für den Bohrkopf sicherstellt. Die Maschine kommt somit ohne gebirgsstützende Schilde hinter dem Bohrkopf aus, wodurch der Einbau von Stützmitteln, wie beispielsweise Tunnelbögen und Spritzbeton, erleichtert wird. Falls es zum Schutz der Mannschaft erforderlich ist, können unterschiedliche Schutzdächer im Bohrkopfbereich eingebaut werden, welche das Vortriebsprinzip jedoch nicht verändern.[11] [12]

Tunnelbohrmaschine mit Aufweitungsbohrkopf (TBM-A): Eine Tunnelbohrmaschine mit Aufweitungsbohrkopf entspricht im Wesentlichen einer offenen Tunnelbohrmaschine, welche zum Aufweiten eines zuvor hergestellten Pilotstollens dient. Als Besonderheit verfügt diese Maschine über ein vorlaufendes Grippersystem, mit welchem sie sich an der Wandung des Pilotstollens verspannen kann.[13]

Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild (TBM-S): Diese Art der Tunnelbohrmaschine wird hauptsächlich im nachbrüchigen bis gebrächen Festgestein angewendet, weshalb dieser Maschinentyp hinter dem Bohrkopf über einen schützenden Schildmantel verfügt. Für die Gebirgsstützung ist eine Auskleidung mit Tübbingen notwendig, die im Schutz des Schildes mittels Erektor versetzt werden. Der erforderliche Anpressdruck für den Bohrkopf und den Vorschub der Maschine wird durch Abstützung an den bereits eingebauten Tübbingen generiert. Genau genommen handelt es sich daher um keinen rein kontinuierlichen, sondern einen zyklischen Vortrieb bei dem die Vortriebsleistung von der Bohrgeschwindigkeit und dem unterbrechenden Tübbingeinbau abhängt. Auf Grund der Abstützung der Maschine müssen die Tübbinge auch in jenen Bereichen eingebaut werden, in welchen sie nicht zur Ausbruchssicherung erforderlich sind.[11] [12]

Tunnelbohrmaschine mit Doppelschild (TBM-DS): Tunnelbohrmaschinen mit Doppelschild werden wie TBM-S in nachbrüchigem bis gebrächen Gestein angewendet. Durch das zweigeteilte überlappende Schild kann der Vortrieb unabhängig vom Einbau der Sicherungen erfolgen, wodurch die Vortriebsleistung gegenüber der TBM-S erheblich gesteigert wird. Der notwendige Vorschub und die Verspannung der Maschine erfolgt entweder über eine Gripperverspannung, am Tübbingausbau abgestützte Vortriebspressen oder einer Kombination der zuvor genannten.[12] [13]

Tübbing: Unter dem Begriff Tübbing wird ein Betonfertigteil in Form eines Kreissegments verstanden, dass dem Ausbruchsquerschnitt oder nur Teilen dessen angepasst ist. Durch das Zusammensetzen mehrerer Tübbinge ergibt sich ein tragfähiger Tübbingring, der die Stützung des Hohlraumes übernimmt. Es können allerdings auch nur Teile der Auskleidung aus Tübbingen bestehen (z.B. Sohltübbing). Im Falle der Verwendung einer Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild oder Doppelschild müssen die Tübbinge rechnerisch auf die

[10] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 8
[11] Vgl. [11] Girmscheid, S. 385 ff.
[12] Vgl. [15] Leitner, S. 7 ff.
[13] Vgl. [11] Girmscheid, S. 404 ff.

Einleitung der Vorschubkräfte ausgelegt werden. Sie können im Betonwerk oder in einer Feldfabrik gefertigt werden, weshalb eine hohe Maßgenauigkeit gegeben ist.[14] [15]

Überbohrmaß ($ü_B$): Das Überbohrmaß stellt eine Durchmesservergrößerung dar, welche über den nominalen Bohrdurchmesser hinaus geht und ohne Umbau des Bohrkopfes erzeugt wird. Die Ausführung dieses Maßes muss laut *ÖNORM B 2203-2*[10] vom Auftraggeber angeordnet werden.

Überprofil ($ü_P$): Unter dem Begriff Überprofil wird jene Vergrößerung des nominalen Bohrdurchmessers verstanden, der noch innerhalb der Grenzfläche A liegt. Dies bedeutet, dass der dadurch anfallende Mehrausbruch in den Grundpositionen berücksichtigt werden muss. Die Größe des einzuplanenden Überprofils ist vom Auftraggeber in der Ausschreibung anzugeben.[10]

Überschnitt ($ü_S$): Der Überschnitt stellt eine Bohrdurchmesservergrößerung da, welche die Werkzeugabnutzung, Kurvenfahrten und zusätzliche Toleranzen berücksichtigt. Die Größe ist vom Auftragnehmer anzugeben und fällt daher auch in dessen Risikosphäre.[10]

1.5 Abkürzungsverzeichnis

AG Auftraggeber

AN Auftragnehmer

ATV allgemeine technische Vertragsbedingung

CAI Cerchar Abrasivitäts Index

DAB Dispute Adjudication Board

DIN Deutsches Institut für Normung

ECC Engineering and Construction Contract

FIDIC Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils

GBR Geotechnical Baseline Report

GVT Gebirgsverhaltenstyp

ICE Institution of Civil Engineers

ITA International Tunnelling and Underground Space Association

LV Leistungsverzeichnis

NEC New Engineering Contract

ÖBA örtliche Bauaufsicht

ÖGG Österreichische Gesellschaft für Geomechanik

ÖVBB Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik

[14] Vgl. [11] Girmscheid, S. 511 ff.
[15] Vgl. [23] *ÖVBB (Hrsg.): „Richtlinie Tübbingsysteme aus Beton“*, S.4 ff.

SM Schildmaschine

SNV Schweizerische Normen-Vereinigung

TBM Tunnelbohrmaschine

TBM-A Tunnelbohrmaschine mit Aufweitungsbohrkopf

TBM-DS Tunnelbohrmaschine mit Doppelschild

TBM-O offene Tunnelbohrmaschine

TBM-S Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild

UCS Uniaxial Compressive Strenght

$\mathbf{\ddot{u}_B}$ Überbohrmaß

$\mathbf{\ddot{u}_P}$ Überprofil

$\mathbf{\ddot{u}_S}$ Überschnitt

Kapitel 2

Die österreichische Normenlage für den maschinellen Tunnelbau

Die *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb* [20] ist eine österreichweit gültige Werkvertragsnorm, die sowohl Verfahrens- als auch Vertragsbestimmungen für die Ausführung von Untertagebauarbeiten mit maschinellem (auch kontinuierlich genanntem) Vortrieb regelt. Sie gilt ausschließlich für Hohlräume, die so groß sind, dass sie während des Zeitraumes des Ausbruches und des Ausbaues begangen oder befahren werden können, und für Vortriebsarbeiten von Stollen mit Pressvortrieb (ohne Verdrängung), wenn Personen innerhalb des Stollens Arbeiten verrichten. Die aktuell gültige Fassung der *ÖNORM B 2203-2* vom 01.01.2005 befindet sich derzeit in Überarbeitung.

Die in der ÖNorm enthaltenen Verfahrens- und Vertragsbestimmungen gelten zusätzlich zu den allgemein im Bauwesen gültigen Bestimmungen der *ÖNORM A 2050:2006 11 01: Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm* [17] und der *ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm* [19]. Die zusätzlich erforderlichen Richtlinien und Normen, die für die Anwendung des Dokumentes benötigt werden, können im Kapitel „Normative Verweise“ der *ÖNORM B 2203-2*[16] nachgelesen werden, weshalb diese in weiterer Folge keine ergänzende Erwähnung finden.

2.1 Modellbeschreibung laut ÖNORM

Bei Nutzung der *ÖNORM B 2203-2* ist es wichtig, sich über das zu Grunde liegende Modell und dessen Randbedingungen bewusst zu sein. Ein wesentlicher Bestandteil ist die Einteilung des gesamten Vortriebes in einzelne Abschnitte auf Basis von zuvor festgelegten Parametern. Diese Einteilung ist in späterer Folge für die Abwicklung und Abrechnung des Bauvorhabens maßgebend und soll für eine faire und leistungsgerechte Vergütung sorgen. Die dafür wichtigen Bestandteile und Möglichkeiten der Norm werden in den folgenden Abschnitten dieser Arbeit näher erläutert.

2.1.1 Gebirgscharakterisierung

Grundsätzlich sieht *ÖNORM B 2203-2* vor, dass die Gebirgscharakterisierung analog zur *„Richtlinie für die geomechanische Planung von Untertagebauwerken mit zyklischem Vortrieb“*, welche durch die Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) veröffentlicht wird, erfolgen soll, da zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Norm keine Richtlinie für den maschinellen Tunnelvortrieb vorhanden war. Dies wurde mittlerweile durch die im Jahr 2013 veröffentlichte *„Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb“*[21] geändert.

[16] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 10 ff.

Diese Richtlinie regelt zusätzlich zur Gebirgscharakterisierung die Vorgangsweisen zur nachvollziehbaren Festlegung von bautechnischen Maßnahmen während der Planung und Ausführung im Tunnelbau. Sie enthält allerdings keine Aussagen über Risiko- oder Verantwortungsaufteilung und sich daraus ableitenden Kompetenz- und Aufgabenzuordnungen.

Die ÖGG-Richtlinie[17] sieht für die Planungsphase, welche die Bestimmung der Gebirgsart bis hin zur Ermittlung der Vortriebsklassen umfasst, die folgenden sieben Schritte vor, wobei in dieser Diplomarbeit in weiterer Folge nur auf die ersten drei näher eingegangen wird:

1. Bestimmung der Gebirgsart
2. Bestimmung des Gebirgsverhaltens und in weiterer Folge der Zuordnung zu GVTs
3. Evaluierung und Wahl der Vortriebsart
4. Wahl eines tunnelbautechnischen Konzeptes
5. Festlegung der bau- und maschinentechnischen Maßnahmen und Abschätzung bzw. Ermittlung des Systemverhaltens
6. Dokumentation der geotechnischen Planung
7. Ermittlung der Vortriebsklassen und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen (in Abschnitt 2.1.2 näher beschrieben)

Die, für die geotechnische Planung relevanten, Parameter sind projektspezifisch festzulegen und mit Hilfe von detaillierten geologischen und hydrogeologischen Untersuchungenzu ermitteln, welche zu Beginn der Planung im Projektgebiet durchgeführt werden. Dabei ist es hilfreich, die Untersuchungsmethoden im Vorfeld auf die überhaupt in Frage kommenden Tunnelvortriebsmaschinen abzustimmen.

Schritt 1: Bestimmung der Gebirgsarten

Für die Unterteilung des anstehenden Gebirges in Gebirgsarten empfiehlt die ÖGG-Richtlinie[18] zunächst eine grobe Einteilung nach Locker- oder Festgestein. In weiterer Folge erfolgt für die Gliederung eine Betrachtung des geotechnisch relevanten Gebirgsvolumens in der Größenordnung des Ausbruchsquerschnitts und die Zuteilung anhand gleichartiger Charakteristika zu den entsprechenden Gebirgsarten. Diese Eigenschaften wirken sich auf das jeweilige Verhalten aus, weshalb die Schlüsselparameter nicht standardisiert angegeben, sondern für jedes Projekt abhängig von der Art des TVM-Vortriebes definiert werden müssen.

Je nach Planungsphase ist auf den jeweiligen Erkundungsstand Bedacht zu nehmen. Daher kann zu Beginn der Planung die Gliederung nur sehr grob vorgenommen werden und ist mit Hilfe weiterer Erkenntnisse fortlaufend anzupassen und zu verfeinern. Die Anzahl der für ein Projekt erforderlichen Gebirgsarten ergibt sich daher anhand des Planungsfortschritts sowie der projektspezifischen und geologischen Verhältnisse.

Für die Methoden zur Ermittlung der Parameter wird in der ÖGG-Richtlinie[18] darauf hingewiesen, dass auf die national gebräuchlichen Normen und Standards zurückgegriffen werden soll. Abweichungen davon sind zu begründen. Wenn in frühen Projektphasen auf einfache Bewertungsverfahren zurückgegriffen wird, wie die Gesteins- und Gebirgskennwerte aus der Literatur

[17] Vgl. [21] *ÖGG (Hrsg.): „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb“*, S. 11 ff.

[18] Vgl. [21] *ÖGG (Hrsg.): „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb“*, S. 16 ff.

oder Erfahrungswerten, so sind die verwendeten Quellen in jedem Fall anzugeben und richtig anzuwenden.

Die für die Einteilung der Gebirgsarten relevanten Parameter sind durch Angabe der repräsentativen Gesteins- und Gebirgskennwerte und einer maßstäblichen Darstellung der Gebirgsart in einer Tabelle für die weiteren Projektphasen zu dokumentieren. Für die Gliederung der Gebirgsarten entscheidende Eigenschaften können beispielsweise, wie in der Richtlinie[19] angegeben, sein:

- für **Festgesteine**: mechanische Eigenschaften des Gesteins oder Gebirges, Trennflächencharakteristika und -eigenschaften, Gesteinsart und -zusammensetzung sowie deren Zustand, hydraulische Eigenschaften, Hohlräume, Abrasivität, Verklebungspotential
- für **Lockergesteine**: mechanische Eigenschaften, Korngemischzusammensetzung, Parameter der Gesteinsmatrix, Lagerungsdichte, Konsistenz, Grundwasser, hydraulische Eigenschaften, Abrasivität, Verklebungspotential, Quellfähigkeit, Verhärtungen

Schritt 2: Die Bestimmung des Gebirgsverhaltens und in weiterer Folge der Zuordnung zu Gebirgsverhaltenstypen

Als nächstes wird das Gebirgsverhalten definiert. Dafür spielen neben den zuvor ermittelten Gebirgsarten die örtlichen Einflussfaktoren eine wesentliche Rolle. Darunter werden unter anderem die Bergwasserverhältnisse, die räumliche Orientierung der Trennflächen und der örtliche Spannungszustand verstanden. Das Gebirgsverhalten gibt Aufschluss über die zu erwartende Reaktion des Gebirges infolge des Ausbruches, wobei keinerlei Maßnahmen berücksichtigt werden, die das Bauwerk und die Bauweise betreffen, wie beispielsweise Ausbruchsart, Ausbau oder maschinentechnische Besonderheiten. Für die Ermittlung des Gebirgsverhaltens wird das Gebirge im Bereich des Ausbruches in einzelne Abschnitte unterteilt, für die die Gebirgsart und die Einflussfaktoren gleichartig sind.

Schlussendlich werden diese den übergeordneten Kategorien von GVTs zugeordnet, welche in der Richtlinie[18] aufgelistet und in Tab. 2.1 ersichtlich sind. Die sich daraus ergebenden GVTs sollen, bezüglich ihrer Verteilung und der wahrscheinlichen Deformations- und Versagensmechanismen, graphisch entlang des geplanten Bauwerkes dargestellt und im Rahmen des geotechnischen Berichtes dokumentiert werden.

In Abhängigkeit der projektspezifischen Gegebenheiten kann es notwendig sein, die 11 Kategorien zusätzlich in Untergruppen zu unterteilen. Dies ist vor allem bei sehr großen Bandbreiten innerhalb eines GVTs von Vorteil. So kann beispielsweise die Kategorie 2 bei gefügebedingten Ausbrüchen mit unterschiedlichen Trennflächenkombinationen in GVT 2/1 und GVT 2/2 oder noch mehr Untergruppen gegliedert werden. Es können allerdings auch mehrere GVTs innerhalb eines Querschnittes angetroffen werden. In diesem Fall müssen alle Kategorien angegeben werden, beginnend mit dem maßgebenden Gebirgsverhalten. So bedeutet die Angabe GVT 2 + GVT 10, dass als maßgebendes Gebirgsverhalten Ausbrüche im Firstbereich und zusätzlich Quell- oder Schwellerscheinungen in der Sohle anzutreffen sind. Wenn das Gebirgsverhalten der Kategorie 11 zuzuordnen ist, so sind deren Charakteristika projektspezifisch zu beschreiben.

[19] Vgl. [21] *ÖGG (Hrsg.): „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb“*, S. 16

Tab. 2.1: Übergeordnete Kategorien von Gebirgsverhaltenstypen (Quelle: ÖGG Richtlinie [21, S. 19])

Nr.	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	Großvolumige gefüge- und schwerkraftbedingte Ausbrüche, vereinzelt lokales Überschreiten der Scherfestigkeit an Trennflächen
3	Hohlraumnahe Überbeanspruchung	Spannungsbedingte Entfestigung bzw. Plastifizierung des Gebirges in Hohlraumnähe, ev. in Kombination mit gefügebedingten Ausbrüchen
4	Tiefreichende Überbeanspruchung	Spannungsbedingte tiefreichende Entfestigung bzw. Plastifizierung im Gebirge mit großen Deformationen
5	Bergschlag	Schlagartige Ablösung von Gesteinsplatten verursacht durch Sprödbruch
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 Gebirge bzw. Schwellendes Gebirge	Zeitabhängige Volumenszunahme der Gebirges vorwiegend im Sohlbereich durch physikalische Reaktion von Gebirge und Wasser in Kombination mit Entspannung bzw. durch chemisch-kristallographische Vorgänge
11	Gebirge mit kleinräumig wechselnden Verformungseigenschaften	Kombination mehrerer GVT bei kleinräumiger, starker Änderung von Spannungen und Deformationen über längere Strecken, bedingt durch heterogenen Gebirgsaufbau (z.B. Block-Matrix Struktur, heterogene Störungszonen, tektonische Melange)

Schritt 3: Die Evaluierung und Wahl der Vortriebsart
Im nächsten Schritt muss laut ÖGG-Richtlinie[20], zunächst mit den Erkenntnissen aus der Bestimmung der Gebirgsarten und des Gebirgsverhaltens entschieden werden, ob ein kontinuierlicher Vortrieb wirtschaftlich und technisch sinnvoll ist oder auf einen zyklischen Vortrieb zurückgegriffen werden muss. Dabei sind auch die Projektparameter und -randbedingungen zu beachten – wie zum Beispiel Tunnellänge, Ausbruchquerschnitt, Trassierung, Lage, Verwertbarkeit des Ausbruchsmaterials und Kosten.

In weiterer Folge müssen anschließend die spezifischen Anforderungen an das Vortriebssystem definiert werden, um entscheiden zu können, welche Vortriebsarten für eine genauere geotechnische Betrachtung in Frage kommen. Zusätzlich zu den GVTs wird für den kontinuierlichen Vortrieb noch das Ortsbrustverhalten analysiert, um jene Bereich, die eine gleichartige Gebirgsart und Einflussfaktoren aufweisen, in Anlehnung an die GVTs nach Tab. 2.1 den Ortsbrustverhaltenstypen zugeordnet. Dabei ist vor allem der dreidimensionale Spannungszustand, ohne Berücksichtigung einer Stützung und eventueller vorauseilender Sicherungsmaßnahmen, wichtig. Das Gebirgsverhalten und das Ortsbrustverhalten können sich durchaus voneinander unterscheiden. Wie bei den GVTs sollen die Ortsbrustverhaltenstypen in Bezug auf ihre wahrscheinlichen Deformation- und Versagensmechanismen graphisch dargestellt und im Rahmen des geotechnischen Berichtes dokumentiert werden.

2.1.2 Ermittlung der Vortriebsklassen

Unter der Verwendung der erlangten Erkenntnisse aus der Gebirgscharakterisierung, wird der Vortrieb laut *ÖNORM B 2203-2*[21] in Vortriebsabschnitte und weiter in Vortriebsklassen unterteilt. Dabei ist die grundsätzliche Trennung anhand der Vortriebsmaschine in Tunnelbohrmaschinen für Festgestein und Schildmaschinen für vorwiegend Lockergestein zu beachten, wobei bei den Tunnelbohrmaschinen noch zusätzlich nach Maschinen mit oder ohne Schutz eines Schildes unterschieden wird.

Die erste Unterteilung, auch erste Ordnungsgruppe genannt, erfolgt auf Grund des Löseverhaltens und anhand von baubetrieblichen Belangen. Diese ist also in weiterer Folge vom jeweiligen Gebirgsverhalten abhängig. Dabei spielen unter anderem die Gesteinsart, der Zerlegungsgrad und die mineralischen Bestandteile des Gesteins sowie die Penetration und der Verschleiß eine wesentliche Rolle. Die zweite Ordnungsgruppe wird schließlich unter Zuhilfenahme der Stützmittelzahl und in Abhängigkeit von den leistungsbestimmenden Merkmalen unterteilt. Sollten weitere leistungsbestimmende Einflüsse bestehen, die nicht für die Einteilung in die beiden Ordnungsgruppen verwendet werden, so sind diese entweder den Zusatz- oder Sondermaßnahmen zuzuordnen.

2.1.2.1 Erste Ordnungsgruppe

Die grundsätzliche Herangehensweise bei der Unterteilung der ersten Ordnungsgruppe ist sowohl für Tunnelvortriebsmaschinen mit und ohne schützendem Schild äquivalent. Wie detailliert diese Gliederung innerhalb der Gruppe vorgenommen wird, hängt von der geforderten Genauigkeit für eine klare Leistungsbeschreibung, Kalkulierbarkeit und Abrechnung ab. In erster Linie erfolgt die Einteilung in unterschiedliche Abschnitte anhand von klar unterscheidbarem Löse- oder Gebirgsverhalten zur Unterteilung des gesamten Vortriebes. Innerhalb dieser Teilabschnitte

[20] Vgl. [21] *ÖGG (Hrsg.): „Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb“*, S. 20 ff.
[21] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 13 ff.

können schließlich die eventuell auftretenden Auswirkungen von Abweichungen zum geplanten Gebirgsverhalten eingegrenzt werden.

Bei Projekten im Festgestein, bei denen das Löseverhalten im Zusammenhang mit einem großen Tunneldurchmesser (>8 m) die leistungs- und kostenbestimmenden Merkmale darstellen und wenn die Prognose des Löseverhaltens des anzutreffenden Gebirges schwierig ist, empfiehlt die *ÖNORM B 2203-2*, die Gliederung der ersten Ordnungszahl nach der Penetration [mm/U] oder den Festigkeitswerten [MPa, MN/m²], da diese Parameter für die Leistungs- und Kostenermittlung maßgebend sind. Alle für die Einteilung in Vortriebsabschnitte verwendeten Eigenschaften sind inklusive der möglichen Bandbreiten zu vermerken.

Bei der Unterteilung ist es sinnvoll, eine maximale Detaillierung, im Sinne einer Mindestlänge, die einem Vielfachen der in diesem Bereich erzielbaren Tages-Vortriebsleistung entspricht, einzuhalten. Dadurch wird sichergestellt, dass die unter statistischen Annahmen getroffenen Angaben über die Verteilung der Parameter angetroffen werden. Bei der Einteilung der Vortriebsabschnitte sind kurze Bereiche, die diese vorgegebene Mindestlänge nicht erreichen, jenem Bereich zuzuordnen, mit dem eine höhere geologische Übereinstimmung besteht, und laut *ÖNORM B 2203-2*[22] nicht gesondert auszuweisen.

2.1.2.2 Zweite Ordnungsgruppe

Die Einteilung innerhalb der zweiten Ordnungsgruppe erfolgt für die verschiedenen Tunnelvortriebsmaschinentypen gesondert. Daher ist in weiterer Folge eine getrennte Betrachtung für TBM-O/TBM-A, TBM-S/TBM-DS sowie SM notwendig. Durch die Darstellung der beiden Ordnungsgruppen in einer Matrix ergibt sich für jede Art und für das jeweilige Projekt eine eigene Vortriebsklassenmatrix, wie sie beispielsweise in Tab. 2.2 dargestellt ist.[22]

- **Zweite Ordnungsgruppe für TBM-O/TBM-A**
  Bei dieser Art der Vortriebsmaschine erfolgt die Ermittlung der zweiten Ordnungsgruppe unter Zuhilfenahme der Stützmittelzahl. Dabei sind die geplanten Stützmaßnahmen für jede Vortriebsklasse einzeln anzugeben und darzustellen. Für die Berechnung der Stützmittelzahl müssen Art, Umfang und Ort des Einbaus der Regelstützmittel pro Tunnelmeter bekannt sein. Diese werden gemäß Tabelle 2 der *ÖNORM B 2203-2*[22] (siehe Tab. 2.3) bewertet und auf die Bewertungsfläche in m² bezogen, welche auf Basis des nominalen Bohrdurchmessers vertraglich vereinbart und durch ein Überbohrmaß nicht verändert wird. Diese Bewertungsfaktoren sind für jene Stützmittel gültig, welche in den Ausschreibungsunterlagen angegeben sind. Die Grenzen des Gültigkeitsbereiches einer Vortriebsklasse müssen ebenfalls in der Vortriebsklassenmatrix ersichtlich sein. Sollten sich bei unterschiedlichen Regelstützmitteln in Arbeitsbereichen die gleichen Gültigkeitsbereiche für die Stützmittelzahlen ergeben, dann ist eine weitere Gliederungsebene, eventuell nach der bestimmenden Art der Regelstützmittel, zielführend.

- **Zweite Ordnungsgruppe für TBM-S/TBM-DS**

  Bei der Verwendung einer Tunnelbohrmaschine mit einem schützenden Schild, sieht die Norm[22] vor, dass die zweite Ordnungsgruppe anhand von leistungsbestimmenden Merkmalen des Vortriebssystems gegliedert wird. Dabei kann beispielsweise die Verspannbarkeit, die Art der Abstützung, die Art des Ausbaus oder die Ortsbruststützung gewählt werden. Dadurch ist es möglich, zusätzlich leistungsmindernde als auch -bestimmende Einflüsse,

[22] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 14

Tab. 2.2: Beispiel einer Vortriebsklassenmatrix für TBM-O und TBM-A (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [20, S. 14])

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

MUSTER

die nicht durch das Löseverhalten beschrieben werden, in die Vortriebsklassenmatrix miteinzubeziehen. Sollte dies nicht notwendig sein, so kann die Gliederung nach der zweiten Ordnungsgruppe gänzlich entfallen und die Einteilung der Vortriebsklassen ausschließlich nach der ersten Ordnungszahl vorgenommen werden. Ein Beispiel für eine solche Vortriebsklassenmatrix ist im Anhang der *ÖNORM B 2203-2*[23] nachzulesen.

- **Zweite Ordnungsgruppe für SM**

  Bei Schildmaschinen, welche vornehmlich im Lockergestein zur Anwendung kommen, wird die Unterteilung innerhalb der zweiten Ordnungsgruppe ebenfalls anhand von leistungsbestimmenden Merkmalen vorgenommen. Dabei wird in vielen Fällen die Gliederung nach den geplanten Vortriebsverfahren bevorzugt. Auf die weitere Gliederung innerhalb der zweiten Ordnungsgruppe kann verzichtet werden, wenn keine weiteren leistungsbestimmenden Merkmale erforderlich sind. Die Einteilung der Vortriebsklassen erfolgt in diesen Fällen ebenfalls ausschließlich nach der ersten Ordnungszahl, somit rein anhand der vorhandenen Vortriebsabschnitte.[22]

[23] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 38

Tab. 2.3: Bewertungsfaktoren für Regelstützmittel für TBM-O, TBM-A (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [20, S. 15])

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

2.1.3 Vergütung

Die Vergütung der Leistungen ist laut *ÖNORM B 2203-2*[24] und *ÖNORM B 2110*[25] grundsätzlich anhand eines Leistungsverzeichnisses vorzunehmen, in welchem die einzelnen Vortriebsklassen einfließen. Dieses hat der Auftragnehmer (AN) mit Preisen zu versehen und dem Angebot beizulegen. Die damit vereinbarten Einheitspreise werden durch den, von den Vertragspartnern, abgeschlossenen Vertrag als verbindlich vereinbart. Dabei soll das Leistungsverzeichnis (LV) laut *ÖNORM B 2203-2*[24] unter anderem einzelne Positionen für die nachfolgenden Punkte enthalten:

- Baustellengemeinkosten
  - Einmalige Kosten der Vortriebssysteme
  - Zeitgebundene Kosten und Gerätekosten der Baustelle
- Leistungsbezogene Kosten

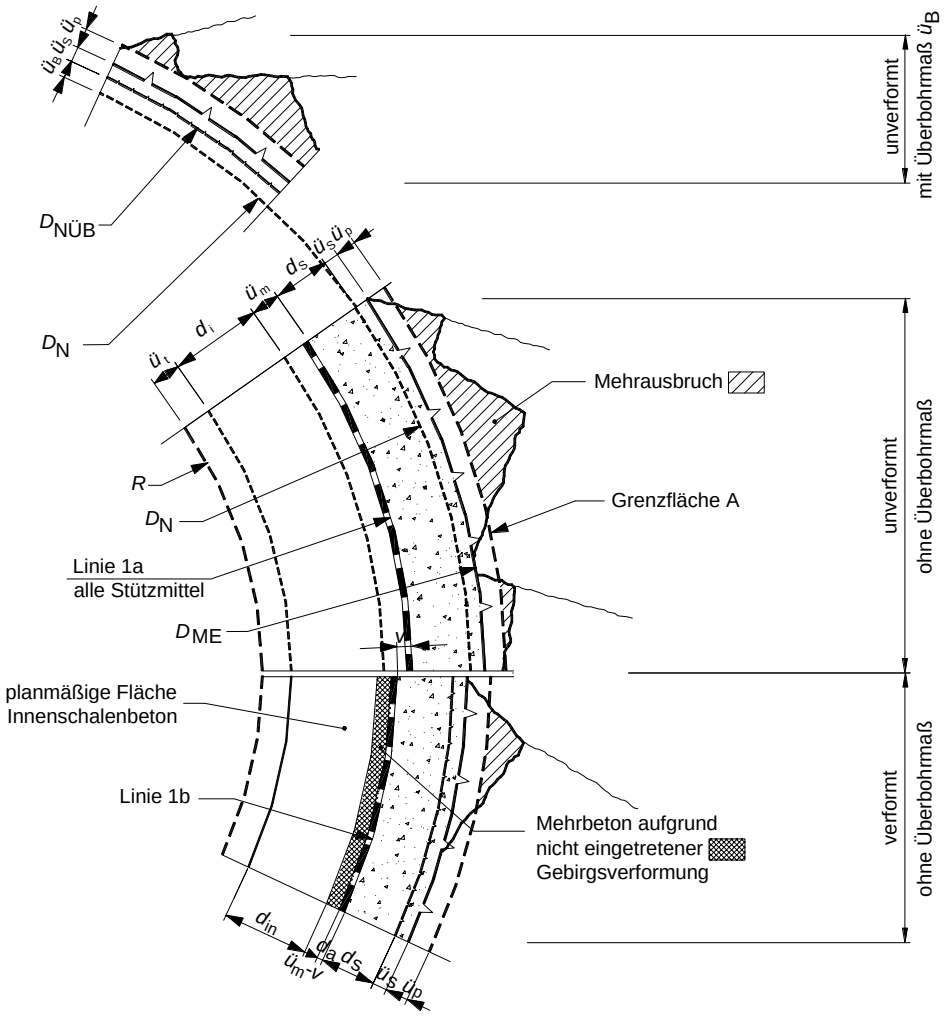
[24] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 13 ff.
[25] Vgl. [19] *ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*

- Erschwernisse
- Regieleistungen
- Stützmaßnahmen
- Ortsbruststützung
- Zusatzmaßnahmen
- Sondermaßnahmen
- Abdichtungen
- Innenschalenarbeiten

Grundsätzlich basiert die Abrechnung der Ausbruchspositionen in den meisten Fällen auf einem Metermodell (Modell (a) laut *ÖNORM B 22032*). Was bei den einzelnen Positionen jeweils für die Anwendung des Vergütungsmodells zu beachten ist, wird in Abschnitt 2.2.1 dieser Arbeit näher erläutert. Die Ausmaßfeststellung für die Abrechnung hat nach Planmaß, auf Grundlage des Ausführungsplans, zu erfolgen. Falls dies nicht möglich ist, kann der Umfang der Leistung auf der Basis von Naturmaßaufnahmen erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die Einheiten des Leistungsverzeichnisses einzuhalten und laut der geltenden *ÖNORM A 6403:2010 01 15: Runden von Zahlen und Messergebnissen* [18] auf zwei Dezimalstellen zu runden sind.

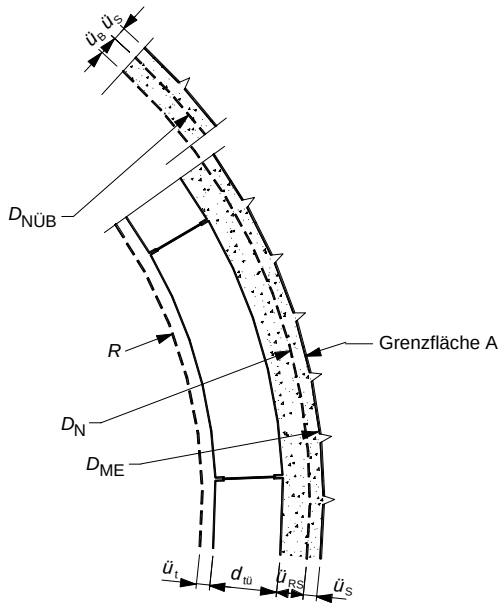
Im ersten Schritt werden die Vortriebsarbeiten anhand der tatsächlich angetroffenen Verhältnisse und leistungsbestimmenden Merkmalen in die Vortriebsklassenmatrix, welche im Vertrag vereinbart wurde, eingeordnet und sind anhand der damit verbundenen Einheitspreise zu vergüten. Dabei ist es laut *ÖNORM B 2203-2*[26] wesentlich, den plangemäßen Ausbruch zu berücksichtigen. Dies erfolgt anhand der Regelquerschnitte, genauer gesagt mittels des Abrechnungsquerschnittes auf Grundlage des nominalen Bohrdurchmessers mit oder ohne Überbohrmaß (siehe Abb. 2.1 und 2.2), und unter Berücksichtigung der tatsächlichen Längenmaße und Ausbaufestlegungen. Dabei sind die vertraglichen Regelungen über Mehrausbruch und Erschwernisse zu beachten.

[26] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 28 ff.



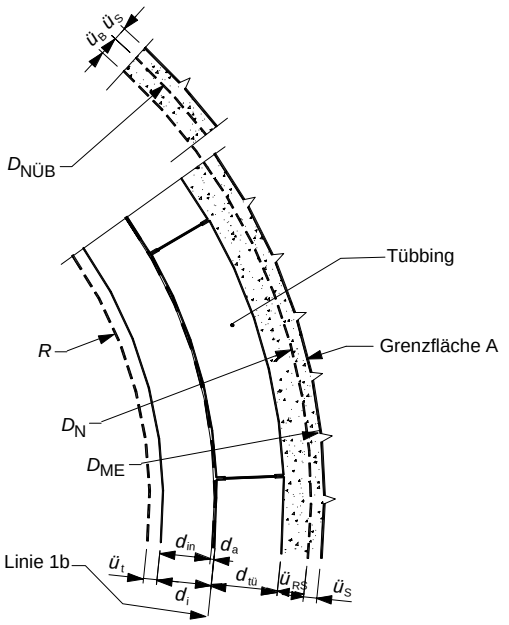
R ...	Radius des lichten Querschnitts	$ü_p$ ...	im Zuge der Ausschreibung vom AG angegeben und vom AN gemäß seiner Einschätzung zu berücksichtigendes Überprofil bis zur Grenzfläche A
$ü_t$ ...	in der Ausschreibung vorgegebenes Maß zur Kompensation von TVM–Vortriebsabweichungen und Schalungstoleranzen; vom AG vorgegeben	$ü_B$ ...	Überbohrmaß
d_i ...	plangemäße Dicke der Innenschale einschließlich Abdichtungsuntergrund und Abdichtung ($d_i = d_{in} + d_a$)	$ü_m$ ...	Übermaß für die Aufnahme der erwarteten Gebirgs- und Ringverformungen; im Zuge der Ausschreibung vom AG festzulegen
d_{in} ...	plangemäße Dicke der Innenschale	D_N ...	Nominaler Bohrdurchmesser vom AG vorgegeben; $D_N = 2\ (R + ü_t + d_i + ü_m + d_s)$
d_a ...	plangemäße Dicke des Abdichtungsuntergrundes und der Abdichtung	$D_{NÜB}$ ...	Nominaler Bohrdurchmesser mit Überbohrmaß; $D_{NÜB} = D_N + 2\ ü_B$
v ...	eingetretene Gebirgsverformung	D_E ...	effektiver Bohrdurchmesser (veränderlich)
d_s ...	festgelegte Dicke des Spritzbetons als Stützmaßnahme	D_{ME}...	max. effektiver Bohrdurchmesser mit nicht abgenützten Bohrwerkzeugen
$ü_S$ ...	Überschnitt aus der Sphäre des AN für Werkzeugabnützung, Kurvenfahrt u.a.; vom AN anzugeben	A ...	Grenzfläche, bestimmt durch $D_{ME} + ü_p$

Abb. 2.1: Darstellung des Querschnittes bei TVM-Vortrieb mit konventionellem Ausbau (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [20, S. 17])



- R ... Radius des lichten Querschnitts
- $\ddot{u}_t$ ... in der Ausschreibung vorgegebenes Maß zur Kompensation von TVM–Vortriebsabweichungen; vom AG vorgegeben
- $d_{tü}$ ... Dicke des Tübbings
- $\ddot{u}_{RS}$ ... Ringspalt
- $\ddot{u}_B$ ... Überbohrmaß
- $\ddot{u}_S$ ... Überschnitt aus der Sphäre des AN für Werkzeugabnützung, Kurvenfahrt u.a., vom AN anzugeben
- D_N ... Nominaler Bohrdurchmesser vom AG vorgegeben;
- $D_{NÜB}$ ... Nominaler Bohrdurchmesser mit Überbohrmaß; $D_{NÜB} = D_N + 2\ \ddot{u}_B$
- D_E ... effektiver Bohrdurchmesser
- D_{ME} ... max. effektiver Bohrdurchmesser mit nicht abgenützten Bohrwerkzeugen
- A … Grenzfläche, entspricht D_{ME}

(a) Querschnitt mit Tübbingausbau ohne Innenschale



- R ... Radius des lichten Querschnitts
- $\ddot{u}_t$ ... in der Ausschreibung vorgegebenes Maß zur Kompensation von TVM–Vortriebsabweichungen; vom AG vorgegeben
- d_i ... plangemäße Dicke der Innenschale einschließlich Abdichtungsuntergrund und Abdichtung ($d_i = d_{in} + d_a$)
- d_{in} ... plangemäße Dicke der Innenschale
- d_a ... plangemäße Dicke des Abdichtungsuntergrundes und der Abdichtung
- $d_{tü}$ ... Dicke des Tübbings
- $\ddot{u}_{RS}$ ... Ringspalt
- $\ddot{u}_B$ ... Überbohrmaß
- $\ddot{u}_S$ ... Überschnitt aus der Sphäre des AN für Werkzeugabnützung, Kurvenfahrt u.a., vom AN anzugeben
- D_N ... Nominaler Bohrdurchmesser vom AG vorgegeben;
- $D_{NÜB}$ ... Nominaler Bohrdurchmesser mit Überbohrmaß; $D_{NÜB} = D_N + 2\ \ddot{u}_B$
- D_E ... effektiver Bohrdurchmesser
- D_{ME} ... max. effektiver Bohrdurchmesser mit nicht abgenützten Bohrwerkzeugen
- A … Grenzfläche, entspricht D_{ME}

(b) Querschnitt mit Tübbingausbau und Innenschale

Abb. 2.2: Darstellung des Querschnittes bei TVM-Vortrieb mit Tübbingausbau (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [20, S. 18]

2.2 Voraussetzungen für das Vergütungsmodell laut ÖNORM

Damit ein Vergütungsmodell angewendet werden kann, müssen wie bei jedem Modell dessen Voraussetzungen und Grenzen eingehalten werden. Die facheinschlägigen österreichischen Normen sehen dabei Voraussetzungen sowohl für den Bauherrn bezüglich der Erstellung von Ausschreibungsunterlagen als auch für den Bieter betreffend der Angebotserstellung vor. Dadurch soll im Allgemeinen ein fairer Wettbewerb gefördert werden.

2.2.1 Voraussetzungen für die Ausschreibung und Angebotserstellung

ÖNORM B 2203-2[27] legt als allgemein geltende Voraussetzung für die Ausschreibung von Leistungen deren lückenlose Erfassung mittels Beschreibung und Ausmaß fest, um diese im Anschluss aufgliedern zu können. Bei der Bildung der notwendigen Positionen soll darauf geachtet werden, dass ausschließlich Leistungen gleicher Art und Preisbildung innerhalb einer Position zusammengefasst werden. Des Weiteren sieht die Norm bei umfangreichen Leistungsverzeichnissen eine Gliederung in größere Abschnitte mit einer dazugehörigen allgemeinen Beschreibung vor. Grundsätzlich ist bei Vorhandensein von standardisierten Leitungsbeschreibungen darauf Bedacht zu nehmen, dass eigene Ausarbeitungen, darunter fallen beispielsweise Zusatzpositionen, nach Möglichkeit auf ein Mindestmaß zu reduzieren sind.

ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm [19] legt in Abschnitt 4.2 „Hinweise für die Ausschreibung und die Erstellung von Angeboten“ fest welche Angaben vom Bauherrn innerhalb der Ausschreibung angegeben werden müssen. Darunter fallen alle Umstände und Voraussetzungen, welche für die Durchführung der Arbeiten und somit die Erbringung der Leistung maßgebend sind. Eine detaillierte Aufzählung kann in der *ÖNORM B 2110*[28] nachgeschlagen werden, die folgende Auflistung greift nur ein paar dieser Angaben beispielhaft heraus:

- Baugrundverhältnisse
- Terminfestlegungen
- behördliche Auflagen und Bescheide
- etwaige Beistellungen durch den Auftraggeber (AG)
- Übertragung von Risiken
- Zahlungspläne
- Teilübernahmen

Zusätzlich zu den in *ÖNORM B 2110* angegebenen Hinweisen sieht *ÖNORM B 2203-2*[27] ergänzende Angaben für Ausschreibungen vor. Darunter fallen unter anderem allgemeine Informationen zum Baufeld und dessen Umgebung wie beispielsweise die genaue Bekanntgabe von Schutzzonen, etwaig erforderliche besondere Maßnahmen im Sinne des Natur- und Umweltschutzes, behördliche Auflagen sowie Rechte beziehungsweise Pflichten gegenüber Dritten. Des weiteren sind Prognosen, die aus den Vorerkundungen des Baugrundes abgeleitet wurden, den Bietern mit deren voraussichtlichen Verteilungen, Bandbreiten und einer örtlichen Zuordnung

[27] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 10

[28] Vgl. [19] *ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*, S. 10 ff.

für die Angebotserstellung bekannt zu geben. Wichtige Parameter sind dabei die anzutreffenden Gesteins- und Gebirgskennwerte, Systemverhaltenstypen, Vortriebsabschnitte, Vortriebsklassen, Wasserzutritte und deren Auswirkungen auf die Ausbruch- und Ausbauarbeiten. In weiterer Folge sind neben der Projektbeschreibung vom AG noch projektspezifische Angaben wie tunnelbautechnisch relevante Abmessungen (nominaler Bohrdurchmesser, Übermaß, Überbohrmaß, Toleranzen und vorgesehener Überschnitt) sowie maschinentechnische Mindestanforderungen und einzuhaltende Anforderungen bezüglich des Einbauortes von Stützmitteln, Tübbingen und dem Sohlausbau zu machen.

Schlussendlich sind in den allgemeinen Erläuterungen der Ausschreibungsunterlagen die Zuschlagskriterien genau festzulegen. Gerade im kontinuierlichen Vortrieb sollte der AG bei der Auswahl auf die Interaktion zwischen Maschine und Baugrund achten. Durch eine geeignete Wahl der Zuschlagskriterien können diese Auswirkungen auf Qualität, Termine und Kosten haben. Für einen fairen Wettbewerb ist ein Bewertungsmaßstab für die Übererfüllung der geforderten Mindestanforderungen anzugeben.[29]

2.2.1.1 Baustellengemeinkosten

Unter Baustellengemeinkosten versteht *ÖNORM B 2203-2*[29] die einmaligen Kosten des Vortriebssystems sowie die zeitgebundenen Kosten und Gerätekosten der Baustelle. Bezüglich der einmaligen Kosten sieht die Norm jeweils eigene Positionen für das Beistellen und das Umbauen der Tunnelvortriebsmaschine vor. Diese werden meistens mittels Pauschalabschreibung ausgeschrieben und beinhaltet alle nicht von der Bauzeit oder Erschwernissen abhängigen Gerätekosten. Für den AG ist es hilfreich, bereits bei der Ausschreibung einen Zahlungsplan für die Vergütung der Pauschalen zu erstellen.

Für die zeitgebundenen Kosten der Baustelle, die allgemeinen und vortriebssystembedingten Gerätekosten fordert *ÖNORM B 2203-2* jeweils eigene Positionen, welche nach dem Bauablauf in folgende Abschnitte unterteilt werden:

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

Dabei empfiehlt sich, für die Positionen 1, 5 und (falls projektbedingt möglich) bei Punkt 4 Festzeiten zu vereinbaren, welche über Pauschalpreise verrechnet werden. Für die anderen Positionen und (falls es projektbedingt erforderlich ist) auch Position 4 sieht die Norm die Vereinbarung von variablen Zeiten vor. Hierfür werden vom Bieter Angaben zur Vortriebsgeschwindigkeit je Vortriebsklasse gefordert. Anschließend können die Verrechnungseinheiten unter der zusätzlichen Berücksichtigung der (vom AG) angegebene Verteilung der Vortriebsklassen, Vortriebsunterbrechungen, Zusatzzeiten für Zusatzmaßnahmen und Erschwernisse, angeordnete Umbaumaßnahmen und Festzeiten berechnet werden.

Für Vortriebs-Stilliegezeiten, Sondermaßnahmen und arbeitsfreie Tage (gesetzliche Feiertage, Barbaratag, Abgangszeiten etc.) sind jeweils gesonderte Positionen vom Auftraggeber festzulegen.

[29] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 12 f.

Für die Ermittlung der arbeitsfreien Tage ist eine Bieterabfrage und ein (vom AG vorgegebener) geplanter Baubeginn erforderlich.

Mit Hilfe einer detaillierten Beschreibung des geplanten Bauablaufs und des zu Grunde liegenden Bauzeitmodells kann die voraussichtliche Baudauer berechnet werden. Dabei sind gleichzeitig ausgeführte Arbeiten (sowohl Unter- und Obertage) mit deren eventuellen Überschneidungen und Abhängigkeiten abzubilden. Abschließend soll der kritische Weg des Bauablaufs festgelegt werden.

2.2.1.2 Ausbruch

Für den Ausbruch sieht *ÖNORM B 2203-2*[30] unter Pkt. 4.3.3.1 folgende zwei Möglichkeiten der Ausschreibung vor:

1. Für jede Vortriebsklasse ist eine eigene Position unterteilt in Lohn und Sonstiges je Meter vorzusehen.

2. Die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft je Zeiteinheit inklusiver aller sonstigen zeitabhängigen Kosten, welche nicht bereits in den Baustellengemeinkosten enthalten sind, werden einer eigenen Position je Vortriebsabschnitt zugeordnet. Die abzurechnende Menge errechnet sich analog zu den zeitgebundenen Kosten aus der (vom AG ausgeschriebenen) Vortriebsklassenverteilung und der dazugehörigen angebotenen Vortriebsgeschwindigkeit. Die sonstigen Kosten werden über eine eigene Position je Vortriebsklasse in Metern abgerechnet.

Dabei ist zu beachten, dass keine gesonderten Positionen für einen Ausbruch im Bereich des Überschnittes ($ü_S$) oder Überprofils ($ü_P$) vorgesehen sind. Hierbei anfallende Kosten sind in die jeweiligen Positionen des Ausbruchs einzurechnen. Im Falle eines notwendigen Überbohrmaßes ($ü_B$) hat der AG Angaben je Vortriebsabschnitt und Regelungen bezüglich deren Auswirkungen auf den Ausbruchspreis und die zeitgebundenen Kosten in den Ausschreibungsunterlagen zu treffen.

2.2.1.3 Mehrausbruch

Als Mehrausbruch laut *ÖNORM B 2203-2*[30] wird nur jener Ausbruch angesehen, der bergseitig der Grenzfläche A (siehe Abb. 2.1) anfällt, wobei gesonderte Positionen ausschließlich bei Verwendung einer TBM-O oder TBM-A in der Ausschreibung berücksichtigt werden müssen. Hierbei hat der AG für das Schuttern und Abtransportieren des Mehrausbruches sowie für das Zerkleinern, Aufnehmen und Fördern von Blöcken innerhalb des Sohlbereiches jeweils eigene Positionen in den Ausschreibungsunterlagen vorzusehen. Zu beachten ist, dass diese unabhängig von den Vortriebsklassen sein sollen. Zusätzlich sind projektspezifische Regelungen über die Auswirkungen auf die zeitgebundenen Kosten fest zu legen.

2.2.1.4 Stützmaßnahmen

In der Ausschreibung hat der AG Angaben über den Einbauort der erforderlichen Stützmittel zu machen und dabei die Arbeitsbereiche laut den Systemskizzen in Anhang A der *ÖNORM B 2203-2* einzuhalten. Unabhängig von der gewählten Vortriebsmaschine sind die Anforderungen an Sohltübbinge detailliert zu beschreiben. Falls deren Einbauort nicht vom AG vorgegeben wurde, hat der Bieter diesen in seinem Angebot bekannt zu geben. Ortsbruststützungen sind ihrer

[30] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 16

Art nach auszuschreiben, wobei für einen Betriebsweisen- oder Verfahrenswechsel getrennte Positionen angegeben werden sollen.[31]

Durch die maschinentechnischen Unterschiede der einzelnen TBMs müssen auch die Angaben über die vorgesehenen Stützmittel getrennt betrachtet werden. Bei Ausschreibungen mit einer TBM-O oder TBM-A sind für die geplanten Regelstützmittel jeweils eigene Positionen vorzusehen. Diese werden lediglich getrennt nach den verschiedenen Einbauorten, aber nicht nach den Vortriebsklassen unterteilt. Für den Fall von Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A ist eine eigene Leistungsposition für die benötigte Auffüllung mit Spritzbeton auszuschreiben.

Bei der Verwendung einer TBM-S oder TBM-DS sind Tübbinge als Stützmittel unvermeidlich. Aus diesem Grund hat der AG die Dicke und den Bewehrungsgehalt der Tübbingringe entweder anhand einer Vorplanung mit Vorstatik (inklusive der dabei ermittelten maßgebenden Anforderungen und Einwirkungen) anzugeben oder funktional auszuschreiben. Jedoch sollten alternative Vorschläge von Seiten des Auftragnehmers nicht ausgeschlossen werden. Gerade durch das Zusammenwirken zwischen der gewählten Vortriebsmaschine und dem Ausbau können unterschiedliche Lösungen auf Basis der bisherigen Erfahrungen der einzelnen Unternehmer eingebracht werden. Dieser hat das Zusammenwirken genau zu beschreiben. Des Weiteren ist vom AG bekannt zu geben, ob besondere Anforderungen einzuhalten sind, wie etwa erhöhte Verlegegenauigkeit, Oberflächenbeschaffenheit oder Dichtigkeit.[32]

2.2.1.5 Wassererschwernisse

Durch den Zutritt von Bergwasser wird in den meisten Fällen der Vortrieb erschwert, da die Vortriebsgeschwindigkeit sinkt. Um dies in der Ausschreibung zu berücksichtigen, sind projektspezifische Regelungen über zusätzliche Vortriebszeiten auf Basis von Abminderungsfaktoren zu treffen. Für die Vergütung sind dabei Positionen für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft und die zeitgebundenen Kosten der Baustelle erforderlich. Für Sonstiges, wie beispielsweise erhöhte Verschleiß- oder Reparaturkosten, können vom AG zusätzliche Positionen vorgesehen werden.

Für die Ausschreibung kann laut *ÖNORM B 2203-2*[33] die in Tab. 2.4 ersichtliche Tabelle zur Hilfe genommen werden. Dabei hat der Auftraggeber grundsätzlich in steigenden und fallenden Vortrieb zu unterscheiden, da sich der Zutritt von Bergwasser unterschiedlich stark auswirkt. Für jeden Vortriebsabschnitt ist die maximal einzukalkulierende Wasserspende bekannt zu geben. Bei einer weiteren Unterteilung sind die jeweiligen Untergrenzen bis hin zu jener Grenze festzulegen, bei welcher die Erschwernisse mit der jeweiligen Grundposition abgegolten werden. Auf Basis der angenommenen Längen jener Vortriebsabschnitte mit Wassererschwernis und durch eine (vom AG zugrunde gelegte) Vortriebsgeschwindigkeit in diesen kann die voraussichtliche Anzahl an Kalendertagen mit Erschwernis ermittelt werden.

Der Bieter hat auf Grundlage der (vom Auftraggeber angeführten) Bergwasserspenden eine Leistungsminderung einzusetzen. Durch die Multiplikation der ausgeschriebenen Kalendertage und der eingesetzten Abminderungsfaktoren können die zusätzlichen Kalendertage beziehungsweise Verrechnungseinheiten ermittelt werden. Diese sind in Summe bei der Bauzeitberechnung für den Vortrieb zu berücksichtigen. Für die Bestimmung der angetroffenen Bergwasserspende sind Angaben über Art, Ort und Häufigkeit von Messungen in den Ausschreibungsunterlagen festzulegen.

[31] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 21

[32] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 21

[33] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 19

Tab. 2.4: Tabelle zur Ermittlung der Abminderungsfaktoren bei Wassererschwernissen und zusätzlicher Vortriebszeiten (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [20, S. 20])

	VORTRIEBSABSCHNITTE															
Wasserspende	1					2					*n*					**zus. *KT***
	KT (AG)	A_f min. % (AG)	A_f max. % (AG)	A_f % (AN)	zus. *KT*	*KT* (AG)	A_f min. % (AG)	A_f max. % (AG)	A_f % (AN)	zus. *KT*	*KT* (AG)	A_f min. % (AG)	A_f max. % (AG)	A_f % (AN)	zus. *KT*	**Σ**
> 2 l/s ≤ 5 l/s																
> 5 l/s ≤ 10 l/s																
> 10 l/s ≤ 20 l/s																
> 20 l/s ≤ 40 l/s																
> 40 l/s ≤ 80 l/s																
> 80 l/s ≤ Grenzwassermenge l/s																
Σ zus. *KT*																**ΣΣ**

Ermittlung der zusätzlichen Kalendertage $zus.\,KT = KT\ x\ \frac{A_f\ (\%)}{100 - A_f\ (\%)}$

ANMERKUNG:
Vom AG sind projektspezifisch, in Abhängigkeit von der Bergwasserspende Kalendertage und min./max.-Abminderungsfaktoren vorzugeben. Die vom AN anzugebenden Abminderungsfaktoren müssen für ungünstige Kombinationen größer sein als für günstige. Eine Abminderung von 20 % bedeutet, dass die Vortriebsgeschwindigkeit mit Wassererschwernis nur 80 % der Vortriebsgeschwindigkeit ohne Wassererschwernisse beträgt.

2.2.1.6 Vereinfachte Abrechnungsregeln

Wenn der Kenntnisgrad des Gebirges eine eindeutige Beurteilung der Verhältnisse für die Leistungserbringung zulässt und die Vortriebsmaßnahmen inklusive Ausbau durch übergeordnete Sicherheitsvorgaben bestimmt werden, dann sieht *ÖNORM B 2203-2* die Möglichkeit der Vereinbarung einer vereinfachten Abrechnung vor. Dabei werden im Allgemeinen die Zeiten für den Vortrieb und Ausbau vom AG festgelegt. Die Abrechnung selbst erfolgt auf Grundlage eines oder mehrerer Basisvortriebe nach Metern. Dabei hat der Bauherr eigene Positionen für den Fall von Änderungen auf der Grundlage von geologischen oder hydrologischen Abweichungen vorzugeben.[34]

2.2.2 Voraussetzungen für die Vergütung

ÖNORM B 2203-2[35] sieht für eine faire Vergütung vor, dass der Umfang der Leistungen grundsätzlich nach Planmaß ermittelt werden soll. Sollte dies nicht möglich sein, können auch Naturaufmaße

[34] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 24

[35] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 28 ff.

für die Vergütung herangezogen werden. Alle verwendeten Längen-, Flächen- und Raummaße sind entsprechend *ÖNORM A 6403* auf zwei Dezimalstellen zu runden. Die Ermittlung der Bogenlängen hat laut *ÖNORM B 2203-2* in der Hohlraumachse zu erfolgen.

Die Arbeiten des Vortriebes sind laut *ÖNORM B 2203-2* zunächst anhand der tatsächlich angetroffenen Verhältnisse und leistungsbestimmenden Merkmalen in die Vortriebsklassenmatrix einzuordnen, welche im Vertrag vereinbart wurde. Dadurch werden die in weiterer Folge für die Vergütung wichtigen Faktoren festgelegt, wie beispielsweise Vortriebgeschwindigkeit und Positionen der Abrechnung. In den nachfolgenden Abschnitten werden einige Besonderheiten der Vergütung laut *ÖNORM B 2203-2* genauer betrachtet.

2.2.2.1 Baustellengemeinkosten

Die Abrechnung der zeitgebundenen Baustellengemeinkosten und Gerätekosten erfolgt laut *ÖNORM B 2203-2*[36] nach der Zeit umgerechnet in Verrechnungseinheiten. Diese werden auf Basis des vereinbarten Bauablaufes und der vertraglichen Vortriebsdauer errechnet. Für die Ermittlung des tatsächlich zur Vergütung herangezogenen Aufwands werden die angetroffenen Vortriebsklassen und anerkannte Sonderzeiten betrachtet. Unter die anerkannten Sonderzeiten können Stillliegezeiten, Vortriebunterbrechungen und Zusatzzeiten für Erschwernisse sowie Zusatz- und Sondermaßnahmen fallen.

Besonderes Augenmerk legt die Norm auf Vortriebsunterbrechungen und Vortriebsarbeiten, die nicht nach den vereinbarten Vortriebsklassen abgerechnet werden können. In diesen Fällen sollten die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten und Gerätekosten über die entsprechenden LV-Positonen mit den tatsächlichen Einsatzzeiten vergütet werden. Wenn die Lohnkosten der benötigten Vortriebsmannschaft nicht aus anderen Positionen erlöst werden können, so werden diese mit der erforderlichen Einsatzdauer entweder (wenn in der Ausschreibung vorhanden) über die Positionen der Lohnkosten je Vortriebsabschnitt oder die Ansätze der Urkalkulation vergütet. Bei den sonstigen Kosten, die von der verwendeten Menge abhängen, sollen zunächst die bestehenden Positionen des Leistungsverzeichnisses verwendet werden. Falls nötig können nachfolgend geänderte oder zusätzliche Leistungspositionen hinzukommen.

2.2.2.2 Ausbruch

Durch die Zuordnung der Vortriebsarbeiten zur entsprechenden Vortriebsklasse sind der Regelquerschnitt und die Ausbaufestlegung bekannt. Auf dieser Basis kann der plangemäße Abrechnungsquerschnitt mittels des nominalen Bohrdurchmessers und unter Berücksichtigung eines etwaigen Überbohrmaßes ($ü_B$) ermittelt werden. Das gesamte Ausmaß des Ausbruches wird schließlich durch die Multiplikation des Abrechnungsquerschnitts mit der tatsächlich ausgeführten Länge berechnet. Sollte das Ausbruchsprofil über die vorgeschriebene Größe hinaus ausgeweitet worden sein und fällt der Grund hierfür in die Sphäre des Unternehmers, so erhält dieser nur die vorher vereinbarte Menge vergütet. Darunter fallen auch sämtliche Kosten, die durch zusätzlich erforderliche Maßnahmen für eine technisch und vertraglich einwandfreie Ausführung entstehen.[36]

2.2.2.3 Mehrausbruch

ÖNORM B 2203-2[36] legt fest, dass für Ausbruchsmaterial, welches bei Verwendung einer TBM-S, TBM-DS oder SM mit Tübbingen bergseitig der Grenzfläche A anfällt, und Mehrausbruch auf Grund von unsachgemäßer Arbeit dem AN keine Vergütung zusteht und das Ausmaß deshalb auch

[36] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 29 f.

nicht explizit festgestellt wird. Falls trotz sachgemäßer Arbeiten unvermeidbare Nachbrüche bei der Nutzung einer TBM-O oder TBM-A aufgetreten sind, kann vor Ort und vor dem Aufbringen des Spritzbetons von AG und AN einvernehmlich schriftlich festgehalten werden, dass dieser Bereich für die Vergütung herangezogen wird und dessen Ausmaß festgestellt werden soll. Wenn Nachprofilierungsarbeiten notwendig waren, welche bei TBM-O und TBM-A auf Grund von größeren Verformungen als im Übermaß berücksichtigt vorkommen können, sollte deren Ausmaß auf jeden Fall gesondert festgestellt werden.

2.2.2.4 Stützmaßnahmen

Bei Stützmitteln ist zu beachten, dass die Ausmaßermittlung für Anker an Hand der tatsächlich verbauten Stückanzahl zu erfolgen hat, getrennt nach Art, Tragkraft, Länge und Einbauort. Sowohl für die Feststellung der Spritzbetonmenge und der darin befindlichen Bewehrungsmatten, unabhängig von deren Lage innerhalb des Betons, als auch für die Länge der Stahlbögen wird Linie 1a (siehe Abb. 2.1 auf Seite 26) herangezogen. Für die verrechenbare Menge des Spritzbetons wird die planmäßige Länge der Linie 1a mit der angegebenen Dicke multipliziert. Nur im Fall einer vorherigen einvernehmlichen Vereinbarung wird die Kubatur für die Verfüllung von Nachbrüchen, bergseitig der Grenzfläche A, gesondert festgestellt. Für Liner plates[37] und Dielen sieht *ÖNORM B 2203-2*[38] eine Verrechnung anhand des Ausmaßes der eingebauten Fläche vor, wobei nach unterschiedlichen Arten getrennt werden muss. Tübbinge sind grundsätzlich nach Tunnelmeter abzurechnen, wobei die planmäßigen Abmessungen und die tatsächliche Länge berücksichtigt werden. Falls notwendig kann eine zusätzliche Einteilung nach unterschiedlichen Typen getroffen werden. Das notwendige Ringspaltmaterial wird dann auf Grund der tatsächlich benötigten Verfüllmenge, jedoch abzüglich des vereinbarten Überschnitts verrechnet.

2.2.2.5 Wassererschwernisse

Im Allgemeinen sind beim Antreffen von Bergwasser während der Vortriebsarbeiten zunächst Messungen der Bergwasserspende an den vertraglich vereinbarten Stellen vorzunehmen. Diese Messstellen sollten nach Möglichkeit nahe der Ortsbrust liegen. Anhand der gemeinsamen Feststellung der tatsächlichen Wassermenge kann die Zuordnung zu den Wassererschwernissen erfolgen. Diese gelten jeweils für die nachfolgende Strecke bis zum nächsten Messpunkt. Sollte der untere Grenzwert der Erschwernisse nicht erreicht werden, so sind alle Leistungsminderungen und zusätzlichen Leistungen, die auf den Wasserzutritt zurückgeführt werden können, mit den vereinbarten Ausbruchspositionen und Vortriebsgeschwindigkeiten abgegolten. Erst wenn dieser Grenzwert überschritten wird, erfolgt die Verrechnung über die Verrechnungseinheiten, die sich aus den Vortriebsgeschwindigkeiten im Regelvortrieb und den (vom Unternehmer angebotenen) Abminderungsfaktoren ergeben.

Das Ausmaß der Wasserhaltungsmaßnahmen kann entweder in Zeiteinheiten, geförderter Wassermenge oder Energieverbrauch ermittelt werden. Laut *ÖNORM B 2203-2*[38] ist außerdem nach Aufbau, Umbau, Abbau und Beistellen der Einrichtung zu trennen. Die Länge der Entwässerungsleitungen wird direkt über das Planmaß festgestellt. Vorhandene Formstücke und Schächte werden dabei nicht abgezogen.

[37] Stützmittel, welches üblicherweise aus einem Stahlrahmen mit aufgezogenem Baustahlgitter oder Blechen besteht und ähnlich wie Tübbinge gegen das Gebirge verspreizt werden

[38] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 30

2.3 Vertragsbestimmungen laut ÖNORM

In Kapitel 5 der *ÖNORM B 2203-2*[39] sind Vertragsbestimmungen angeführt, welche dem Modell der Norm zu Grunde liegen. Hierbei werden unter anderem allgemeine Bestimmungen und Regelungen über Material, Ausführung, Nebenleistungen, Ausmaß, Abrechnung und Gewährleistung definiert. Bezüglich der Ausmaßfeststellung und Abrechnung wird auf Abschnitt 2.2.2 dieser Arbeit verwiesen.

Bei den allgemeinen Vertragsbestimmungen ist hervorzuheben, dass auch die Bestimmungen der *ÖNORM B 2110*, in der zum Vertragsabschluss zuletzt gültigen Fassung, Vertragsbestandteil sind. Jedoch sieht die *ÖNORM B 2203-2*[39] eine Anpassung der Bestimmungen über die Änderung von Preisen zufolge Mengenabweichung vor. So soll eine Preisanpassung mittels eines neuen Einheitspreises (Mischpreis) über Verlangen eines Vertragspartner möglich sein, wenn die ausgeschriebenen Mengen einer Position entweder um 100% überschritten oder 50% unterschritten werden. Dem neu ermittelten Einheitspreis können dabei die tatsächlich ausgeführten Mengen und etwaige Mehr- oder Minderkosten zugrunde gelegt werden, die Berechnung muss sich aber auf die Preisbasis des Vertrages beziehen. Voraussetzung für die Neukalkulation ist, dass diese Änderung der Kosten auf eine reine Mengenänderung zurückgeführt werden kann. Die selbe Regelung gilt, falls der Gesamtpreis einer Gruppe von Positionen gleicher Art und Preisbildung um 20% über- oder unterschritten wird.

2.4 Sphärenzuordnung laut ÖNORM

Grundsätzlich gilt durch die Vereinbarung der Verwendung der in Abschnitt 5 vorgesehenen Vertragsbestimmungen der *ÖNORM B 2203-2* auch die *ÖNORM B 2110* als Vertragsbestandteil. Daraus können die folgenden Risikozuteilungen abgeleitet werden. Ein eigenes Kapitel bezüglich der Sphärenzuordnung ist in *ÖNORM B 2203-2* allerdings nicht enthalten.[30]

2.4.1 Auftraggeber

In erster Linie trägt der AG laut den entsprechenden Normen und Richtlinien das sogenannte Baugrundrisiko. Dies bedeutet, dass er für die Erkundung der Gegebenheiten verantwortlich ist, sowohl in geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Sicht. Sollten die von ihm vorgegebenen Baugrundverhältnisse nicht den angetroffenen Gegebenheiten entsprechen und sich daraus zusätzliche oder geänderte Leistungen oder Erschwernisse ergeben, so betrifft dies die Risikosphäre des Bauherrn/Auftraggebers. Eine Übertragung des Baugrundrisikos auf den AN ist grundsätzlich möglich, wenn dies im Vertrag ausdrücklich vereinbart wird und das Risiko für den AN kalkulierbar ist.[40]

Da die *ÖNORM B 2203-2*[41] in Abschnitt 4.2.2.6 vorsieht, dass in den Ausschreibungsunterlagen des Auftraggebers die technischen Mindestanforderungen an das Vortriebssystem – und somit in weiterer Folge die maschinentechnischen Anforderungen an die Tunnelvortriebsmaschine – angegeben werden sollen, muss dieser die Verantwortung für die Angaben tragen. Sollten die von ihm angegebenen grundlegenden Anforderungen nicht mit den vorherrschenden Gebirgsverhältnissen

[39] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 25 ff.

[40] Vgl. [19] *ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*, S. 27

[41] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 11 f.

zusammenpassen, so fällt dies in die Sphäre des AG. Dabei ist es nicht ausschlaggebend, ob die angetroffenen Gebirgsverhältnisse der Prognose entsprechen oder nicht.

Der AG trägt außerdem das Risiko, wenn die von ihm ausgeschriebenen Maßnahmen für die Ausführung der Vortriebs- und Ausbauarbeiten in den vorgesehenen Gebirgsverhältnissen nicht ausreichen. Benötigte Maßnahmen, die vom AG ausgeschrieben aber nicht prognostiziert wurden, sind zu berücksichtigen, wenn sie für die Beherrschung des angetroffenen Gebirgsverhaltens notwendig sind.[42]

Wenn der AG in den Ausschreibungsunterlagen oder während des laufenden Projekts Vorschläge beziehungsweise Anordnungen gegenüber dem AN macht, so hat er selbst dafür die Verantwortung zu tragen. Der AN darf auf die Vorschläge des AG in Bezug auf deren Durchführbarkeit vertrauen, hat jedoch seine Prüf- und Warnpflicht zu beachten.[43]

2.4.2 Auftragnehmer

Zur Risikosphäre des AN gehört grundsätzlich laut den einschlägigen Normen[43] das Kalkulationsrisiko. Dies bedeutet, dass er für alle von ihm getroffenen Annahmen auf Basis der bereitgestellten Ausschreibungsunterlagen, welche er für die Preisermittlung benötigt, selbst verantwortlich ist. Die vom Auftragnehmer selbst gewählten Dispositionen sowie Lieferanten und Subunternehmer fallen in seinen eigenen Risikobereich. Bei Missachtung oder Abweichung von den (in den Ausschreibungsunterlagen) getroffenen Vorgaben des Auftraggebers, fallen die Auswirkungen ebenfalls in das Kalkulationsrisiko des AN. Hierunter werden außerdem die möglicherweise zulässigen Detaillierungen des Bauunternehmers innerhalb der Vorgaben und Vorschläge verstanden.

Zu den, vom AN, getroffenen Annahmen gehört unter anderem auch die detaillierte Ausgestaltung der Tunnelvortriebsmaschine. Im Falle, dass diese mit den vorgegebenen Projektrahmenbedingungen, trotz Erfüllung der vom Auftraggeber angegebenen Mindestanforderungen, nicht verträglich sind, ist ausschließlich der AN verantwortlich. Des Weiteren ist er für die Funktionalität, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Maschine verantwortlich, also auch für die Wartungen, Instandsetzungen und richtige Bedienung.[44]

Schlussendlich trifft den AN natürlich das volle Risiko, wenn die Ausführung fachlich und technisch nicht richtig ist oder die gebotene Sorgfalt nicht eingehalten wurde.[43]

[42] Vgl. [22] *ÖVBB (Hrsg.): „Richtlinie Schildvortrieb“*, S.47

[43] Vgl. [19] *ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*, S. 27

[44] Vgl. [20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*, S. 12

Kapitel 3

Normative Regelungen in Deutschland und der Schweiz

Neben Österreich verfügen die beiden anderen Länder des DACH-Raums ebenfalls über spezifische Normenregelungen im Bereich des Tunnelbaus. Aus diesem Grund werden neben dem österreichischen Normenmodell in dieser Arbeit auch die anderen deutschsprachigen Modelle aus Deutschland und der Schweiz in den nachfolgenden Abschnitten näher beschrieben und deren Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede herausgearbeitet.

3.1 Vertrags- und Vergütungsmodell im Tunnelbau in Deutschland

Die in Deutschland bundesweit gültigen Normen werden vom *Deutsches Institut für Normung (DIN)* erstellt. Die für den Tunnelbau maßgebende Norm stellt die *DIN 18312:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten* [3] dar. Diese Norm enthält allgemeine Hinweise für das Erstellen einer Leistungsbeschreibung für Tunnelbauprojekte und ist für den konventionellen und maschinellen Tunnelvortrieb anwendbar. Im Geltungsbereich eingeschlossen sind alle Arbeiten im Zusammenhang mit dem Ausbruch und Abbau von Boden und Fels in geschlossener Bauweise sowie Deckelbauweise. Des Weiteren findet sie Anwendung bei der Herstellung von Stollen, Tunneln, Kavernen, Schächten etc., solange diese nicht unmittelbar für die Gewinnung von Bodenschätzen erbaut werden. Brunnenbau- und Rohrvortriebsarbeiten sind von dieser Norm dezidiert ausgeschlossen. Die in *DIN 18312* enthaltenen technischen Vertragsbedingungen umfassen das Lösen, Laden und Fördern von Boden- und Felsmaterial zur Schaffung eines Hohlraumes, sowie die anschließenden Sicherungsmaßnahmen. Zusätzlich sind Angaben zur Fassung, Aufbereitung und Ableitung von angetroffenem Wasser enthalten.

Allgemeine technische Vertragsbedingungen (ATV) der *DIN 18312* gelten, bei Einbeziehung in den Bauvertrag, zusätzlich zu den allgemein im deutschen Bauwesen gültigen Bestimmungen, welche in *DIN 18299:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art* [2] und *DIN 1961:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen* [5] angeführt sind. Im Fall von Widersprüchen zwischen *DIN 18312* und *DIN 18299* gelten vorrangig die Bestimmungen der einschlägigen Norm für Untertagebauarbeiten. Die weiteren erforderlichen Normen können im Abschnitt „Normative Verweisungen“ der *DIN 18312* nachgelesen werden.

3.1.1 Modellbeschreibung laut DIN

Bei Anwendung des Modells der *DIN 18312* ist darauf zu achten, dass die unter Abschnitt 0 „Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung“ angeführten Voraussetzungen zu erfüllen sind. Diese umfassen allgemeine Angaben zur Baustelle, Ausführung, Nebenleistungen, besondere

Leistungen, Abweichungen von den allgemeinen technischen Vertragsbedingungen (ATV) und Abrechnungseinheiten. Die Norm legt darin fest, dass für die Ausschreibung insbesondere die Form und Größe der Hohlraumquerschnitte sowie die dabei zur Anwendung kommende Vortriebsart, technische Lösemethode und Stützung bekannt sein muss. Boden und Fels sind vorab zu benennen und bei Einsatz einer TBM oder SM in Homogenbereiche zu trennen. Bezüglich der weiteren in der Leistungsbeschreibung zu treffenden Angaben wird auf *DIN 18312*[45] verwiesen.

3.1.1.1 Einteilung in Homogenbereiche

Für die Benennung und Beschreibung der anzutreffenden Boden- und Felsarten wird in der *DIN 18312*[46] auf die in Deutschland gültigen facheinschlägigen Normen verwiesen. Anhand der ermittelten Eigenschaften kann der Zustand von Boden und Fels vor dem Lösen ermittelt und in weiterer Folge den Homogenbereichen zugeteilt werden. Die sich innerhalb eines Homogenbereiches befindlichen Boden- und Felsschichten weisen vergleichbare Eigenschaften für Arbeiten Untertage auf. Als repräsentative Parameter (inkl. deren Bandbreiten) für die Einteilung sind, getrennt nach Boden und Fels, laut *DIN 18312*[47] unter anderem die nachfolgenden anzusehen:

- *Kennwerte für Boden:*
  - *Korngrößenverteilung*
  - *Dichte*
  - *Wassergehalt*
  - *Plastizitäts- und Konsistenzzahl*
  - *Lagerungsdichte*
  - *Abrasivität*
- *Zusätzliche Kennwerte bei Vortrieb mit SM:*
  - *organischer Anteil*
  - *mineralogische Zusammensetzung*
  - *Kohäsion*
  - *Sensitivität*
- *Kennwerte für Fels:*
  - *Benennung und ortsübliche Bezeichnung*
  - *Dichte*
  - *Verwitterung und Veränderlichkeit*
  - *Druckfestigkeiten*
  - *Trennflächenrichtung und -abstand*
  - *Öffnungsweite und Kluftfüllung von Trennflächen*
  - *Abrasivität*

[45] Vgl. [3] *DIN 18312:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten*, S. 4 ff.
[46] Vgl. [3] *DIN 18312:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten*, S. 8 ff.
[47] Vgl. [3] *DIN 18312:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten*, S. 10 ff.

Bei Vorhandensein von künstlichen Böden (z.B. Aufschüttungen) oder sonstigen Stoffen (z.B. Recyclingstoffe, industrielle Nebenprodukte) sind diese, wenn möglich, wie Boden und Fels zu beschreiben und einzuteilen. Andernfalls müssen sie nach ihren Eigenschaften für die Untertagebauarbeiten gesondert beschrieben werden.

3.1.1.2 Ermittlung der Vortriebsklassen

Auf Basis der voraussichtlich anzutreffenden Homogenbereiche kann in weiterer Folge die Zuteilung zu den Vortriebsklassen erfolgen. Bei genauerer Betrachtung der DIN ist zu erkennen, dass der Bauherr durch diese Klasseneinteilung, im maschinellen Tunnelbau, das auszuführende Bauverfahren vorgibt. Der Vortrieb hat laut *DIN 18312*[48] die Ausbruchs- und Sicherungsarbeiten zu umfassen. Innerhalb der festgelegten Vortriebsklassen kann der Auftragnehmer selbst über Bauablauf und Geräteeinsatz verfügen. Für den Bereich des maschinellen Tunnelbaus stehen die Vortriebsklassen zur Verfügung, getrennt nach der Ausführung mittels TBM oder SM. Die DIN definiert den Vortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine dadurch, dass der Ausbruch mit einem Bohrkopf bei zeitgleicher Förderung des Ausbruchsmaterials erfolgt. Die zugehörigen Vortriebsklassen mit TBM sind in Tab. 3.1 ersichtlich. Unter einem Vortrieb mit Schildmaschine im Vollschnittabbau, sind alle Vortriebsarten mit Ausbruch mittels vollflächigem Schneidrad bei gleichzeitiger Materialförderung zu verstehen, wobei die Sicherung innerhalb des Maschinenbereiches erfolgt. Die Vortriebsklassen stellen dabei die unterschiedlichen Stützungen dar und sind in Tab. 3.2 nachzulesen.

Tab. 3.1: Vortriebsklassen bei TBM-Vortrieb (Quelle: *DIN 18312* [3, S. 14])

Vortriebklasse	Erläuterung
TBM 1	Vortrieb ohne Sicherung
TBM 2	Vortrieb mit Sicherung, deren Einbau das Lösen nicht behindert
TBM 3	Vortrieb mit Sicherung, deren Einbau das Lösen behindert
TBM 4	Vortrieb mit Sicherung, für deren Einbau das Lösen unterbrochen werden muss

Tab. 3.2: Vortriebsklassen bei SM-Vortrieb (Quelle: *DIN 18312* [3, S. 14])

Vortriebklasse	Erläuterung
VS 1	Vortrieb ohne Ortsbruststützung
VS 2	Vortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust
VS 3	Vortrieb mit erddruckgestützter Ortsbrust

[48] Vgl. [3] *DIN 18312:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten*, S. 12 ff.

3.1.2 Voraussetzungen für die Vergütung laut DIN und Abweichungen zur ÖNORM

Die *DIN 18312*[49] sieht in Abschnitt 5 grundsätzlich eine Vergütung nach *DIN 18299*[50] mit Ergänzungen vor. Dies bedeutet, dass die Leistungsermittlung soweit möglich auf Basis von Zeichnungen (Plänen) zu erfolgen hat, soweit die ausgeführte Leistung diesen entspricht. Andernfalls ist der Umfang der Leistung über Aufmaße festzustellen. Ergänzend wird in der *DIN 18312* die Möglichkeit der Mengenermittlung mittels Näherungsverfahren zugelassen.

Die Mengenermittlung der Ausbruchsmassen erfolgt anhand der theoretischen Ausbruchsquerschnitte und Achslängen. Das bedeutet, dass für die Vergütung nur jenes Ausbruchsmaterial berücksichtigt wird, welches dem festgelegten Ausbruchssollprofil entspricht. Dieses wird durch die L_{AS}-Linie, welche in Abb. 3.1 ersichtlich ist, festgelegt. Mehrausbruch, der innerhalb des Außentoleranzmaßes (zwischen L_{AS}-Linie und L_A-Linie) liegt, und jeglicher vermeidbarer Mehrausbruch wird nicht vergütet. Nicht vermeidbarer Mehrausbruch, beispielsweise aufgrund der angetroffenen geologischen Verhältnisse, wird auf Basis von Aufmaßen ermittelt und ist dem AG unverzüglich mitzuteilen. Die dadurch erforderlichen Leistungen werden als „Besondere Leistungen“ bezeichnet. Die Norm versteht darunter jene Leistungen, die nicht als Nebenleistungen deklariert sind und nur dann zur vertraglichen Leistung gehören, wenn sie in der Leistungsbeschreibung dezidiert erwähnt wurden.

Wesentliche Abweichungen zwischen den Bestimmungen der *ÖNORM B 2203-2* und der *DIN 18312* sind im Bereich der Sicherungen zu erkennen. Dabei sieht *DIN 18312*[49] vor, dass die Wahl der Sicherungen, innerhalb der Vorgaben der Vortriebsklasse über Art und Umfang, dem ausführenden Unternehmen überlassen ist. Des weiteren werden Sicherungen aus Beton nach Flächenmaß durch die Abwicklung der Betoninnenflächen vergütet, im Gegensatz zur österreichischen Methode mittels Kubikmeter, welche aus Linie 1a und Dicke errechnet werden. Bei der Verwendung von Baustahlmatten, Verzugs- und Getriebedielen dient die bedeckte Fläche, ohne Überlappungen und Aufbiegungen, als Abrechnungsmaß.

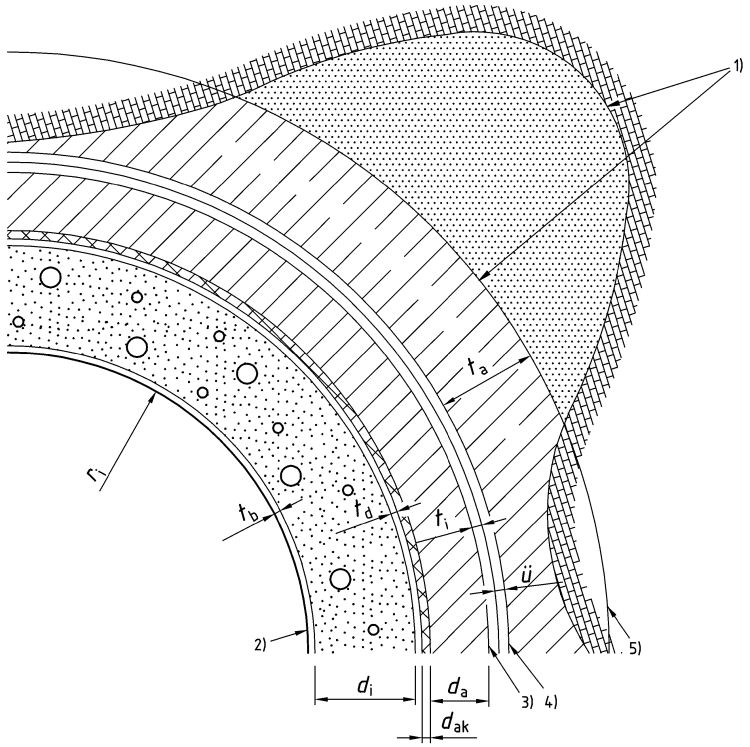
Im Bezug auf die Erschwernisse durch Wasserzutritt gibt *DIN 18312*[49] vor, dass Positionen für die Leistungen zur Fassung und Ableitung von Wasser in die Leistungsbeschreibung aufgenommen werden sollen. Dabei hat der AN das aufgetretene Wasser unter Vermeidung von Schäden an Bauwerk, Boden und Fels bis zur vom AG zugewiesenen Einleitstelle zu leiten. Bei Überschreiten der vertraglich vereinbarten Grenzwassermenge ist der AG sofort zu informieren und erforderliche Leistungen, welche als besondere Leistungen gelten, gemeinsam festzulegen. Eine Tabelle über Abminderungsfaktoren, wie sie in der *ÖNORM B 2203-2* enthalten ist, gibt es in der DIN nicht.

3.1.3 Sphärenzuordnung laut DIN

Eine klare Auflistung der Risikozuteilung ist, genau wie in den österreichischen Normen, in keiner der DIN-Normen enthalten. Auf Basis der angeführten Pflichten kann jedoch eine Zuteilung von Risiken zu den Sphären des AG oder AN wie folgt abgeleitet werden.

[49] Vgl. [3] *DIN 18312:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten*, S. 16 ff.

[50] Vgl. [2] *DIN 18299:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art*, S. 15



Legende

r_i Planmäßiger Radius der inneren Tragwerksbegrenzung
d_i Planmäßige Dicke der Innenschale
d_{ak} Dicke der Ankerköpfe und der Abdichtung
d_a Planmäßige Dicke der Außenschale
t_b Bautoleranz der Innenschale
t_d Deformationstoleranz der Außenschale
t_i Innentoleranz
t_a Außentoleranz
$\ddot{u}$ Überhöhung zum Ausgleich nicht vermeidbarer Verformungen in Problemzonen

$L_{AS} = L_{TW} + t_b + d_i + t_d + d_{ak} + d_a + t_i + \ddot{u}$
$L_I = L_{AS} - t_i - \ddot{u}$
$L_A = L_{AS} + t_a$

1) Grenzlinien des geologisch bedingten, unvorhersehbaren, unvermeidbaren Mehrausbruchs
2) L_{TW}-Linie (innere Tragwerkbegrenzungslinie)
3) L_I-Linie
4) L_{AS}-Linie (Ausbruchsollprofil)
5) L_A-Linie (äußere Ausbruchtoleranz)

Abb. 3.1: Darstellung des Hohlraumquerschnittes (Quelle: *DIN 18312* [3, S. 15])

3.1.3.1 Auftraggeber

Der AG hat für die Ausschreibung der geforderten Leistung laut *DIN 1960:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen* [4][51] eine eindeutige und möglichst präzise Leistungsbeschreibung zu erstellen. Der AG hat alle für die Ausführung erforderlichen Unterlagen sorgfältig zu erstellen und dem AN zu übergeben. Der AG ist für deren Richtigkeit und die Mängelfreiheit aller von ihm gelieferten Stoffe und Unterlagen verantwortlich. Sollten diese fehlerhaft sein, fällt dies in die Risikosphäre

[51] Vgl. [4] *DIN 1960:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen*, S. 23 ff.

des AG. Dabei ist allerdings zu beachten, dass der AN seiner Prüf- und Warnpflicht trotzdem nachzukommen hat. Da der Baugrund in der DIN zumeist als ein vom AG bereitgestellter Stoff verstanden wird, trifft den AG grundsätzlich das Baugrundrisiko. Durch eine grobe Änderung des angetroffenen Gebirges gegenüber der ausgeschriebenen Verhältnisse, hat der AN demnach einen Anspruch auf entsprechende Vergütung.

Aus den Regelungen der *DIN 1961*[52] kann abgeleitet werden, dass eine mögliche Mengenänderung in den Risikobereich des AG fällt. Jedoch führt diese erst bei einer Erhöhung oder Minderung von 10 % zu einer Neuberechnung des Einheitspreises. Bis zu dieser Grenze hat also der AN das Risiko einer geringfügigen Abweichung der ausgeschriebenen Mengen zu den tatsächlichen Abrechnungsmengen zu tragen.

Des weiteren ist aus *DIN 1961*[53] abzulesen, dass Ausführungsbehinderungen durch außergewöhnliche Witterungsverhältnisse, verspätete Vorunternehmerleistungen, fehlende Genehmigungen oder das Verlangen geänderter beziehungsweise zusätzlicher Leistungen in den Risikobereich des AG fällt. Dabei sind jene Wetterereignisse, die für gewöhnlich innerhalb des Ausführungszeitraumes auftreten können, vom AN bereits bei der Angebotsabgabe zu berücksichtigen.

3.1.3.2 Auftragnehmer

Durch den einvernehmlich vereinbarten Vertrag zwischen AG und AN schuldet dieser das in der Leistungsbeschreibung definierte Werk. Der AN trägt demnach das volle Kalkulationsrisiko für die von ihm im Angebot bekanntgegebenen Preise, außer wenn es zu einer Mengenänderung um mindestens ±10 % kommt. In diesem Fall hat er laut *DIN 1961*[52] das Recht auf eine Anpassung der Einheitspreise.

Der AN ist gegenüber dem AG mit der Wahl des geeigneten Bauablaufes für die Einhaltung der vereinbarten Ausführungsfristen verantwortlich. In der *DIN 1961*[53] ist dazu festgehalten, dass der AN nur dann einen Anspruch auf eine Verlängerung der vereinbarten Zeiträume hat, wenn eine Behinderung aus dem Risikobereich des AN, höhere Gewalt, Streik, außergewöhnliche Witterungsverhältnisse oder andere unabwendbare Umstände vorliegen.

3.2 Vertrags- und Vergütungsmodell im Tunnelbau in der Schweiz

In der Schweiz gibt die *Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV)* die nationalen Normen heraus. Im Bereich des Bauwesens arbeitet der *Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA)* mittels Arbeitsgruppen und Kommissionen die Normen aus und werden vor der Veröffentlichung durch eine Zentralkommission genehmigt. Die maßgebenden Schweizer Normen im Bereich des Tunnelbaus stellen die *SIA 198: Untertagbau – Ausführung* [32] und *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung* [28] dar. Bis zur Überarbeitung und anschließenden Veröffentlichung im Jahr 2004 wurden die Inhalte dieser beiden Normen in einer Norm behandelt. Auf Basis der vom europäischen Komitee für Normung erlassenen Regelungen wurden die technischen und vertraglichen Bedingungen in zwei getrennte Normen aufgeteilt. Die *SIA 198* enthält seitdem die wesentlichen technischen Bestimmungen über die Ausführung von Tunnelbauprojekten und ist aktuell in der Fassung vom 1. Oktober 2004 gültig. Sie enthält Anforderungen an Baustoffe und die wesentlichen Vorschriften für konventionelle und maschinelle Bauweisen von Untertagbauten. Dabei werden die Vortriebsverfahren grundsätzlich in die beiden Hauptgruppen „Vortriebe im Fels“ und „Vortriebe

[52] Vgl. [5] *DIN 1961:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen*, S. 7 f.

[53] Vgl. [5] *DIN 1961:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen*, S. 13 f.

im Lockergestein“ unterschieden. Diese Norm ist prinzipiell nicht für Tagbautunnel, Pressrohrverfahren, von der Oberfläche abgeteufte Schächte bis 20 m sowie Rohr- und Rammvortriebe anzuwenden.

Die Vertragsbedingungen, welche durch die Aufnahme in den Vertrag zwischen AG und AN für beide Parteien bindend werden, sind in der *SIA 118/198* zu finden, die derzeit gültige Fassung stammt von 1. November 2007. Sie regelt Rechte und Pflichten von AG und AN sowie organisatorische Bestimmungen für die Ausschreibung und Bauausführung von Tunnelbauprojekten. Mit vertraglicher Vereinbarung dieser Norm ist es zweckmäßig, die übergeordnete *SIA 118: Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten* [27], deren Regelungen großteils für alle Bereiche des Bauwesens angewendet werden können, ebenfalls in den Vertrag mit einzubinden. Es ist jedoch im Bauvertrag festzuhalten, welche Norm bei Überschneidungen vorrangig zu befolgen ist.

Für die Projektierung von Verkehrstunneln können in der Schweiz die *SIA 197: Projektierung Tunnel – Grundlagen* [29], die *SIA 197/1: Projektierung Tunnel – Bahntunnel* [30] und die *SIA 197/2: Projektierung Tunnel – Strassentunnel* [31] als Grundlage herangezogen werden. Diese enthalten Angaben über die Projektierung des Tragwerks, bauliche Anlagen, Umwelt- und Sicherheitsbestimmungen.

3.2.1 Modellbeschreibung laut SIA

Die *SIA 118/198*[54] weist darauf hin, dass für die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen die Verwendung des Normpositionen-Kataloges der Schweizer Bauwirtschaft, welcher vorgeformte Leistungsbeschreibungen enthält, empfehlenswert ist. Dieser wurde bereits auf die Normen der einzelnen Fachverbände abgestimmt und gibt die Einheiten für Aufmaß und Vergütung vor. Unter Punkt „1.3 Aufgaben der Vertragspartner“ legt die Norm fest, dass vor der Bauausführung alle Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten der Projektbeteiligten festgelegt werden sollen. In den anschließenden Unterpunkten sind die Aufgaben, welche als Voraussetzung für das Modell der Norm anzusehen sind, beispielhaft angeführt. Dem zu Folge hat der AG unter anderem die erforderlichen Bewilligungen und die rechtzeitige Erkundung der geologischen, geotechnischen und hydrogeologischen örtlichen Verhältnisse zu veranlassen.

3.2.1.1 Einteilung in Homogenbereiche

Durch die Ausführungsnorm *SIA 198* wird festgelegt, dass das anzutreffende Gebirge für die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen anhand der *Empfehlung SIA 199: Erfassen des Gebirges im Untertagbau* [7] in Homogenbereiche und Gefährdungsbilder zu unterteilen ist. Darin sind Grundsätze zur Beschreibung von geologischen, geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnissen auf Basis einer einheitlichen Terminologie enthalten. Durch die präzise Beschreibung und Darstellung der Eigenschaften soll ein geologisches Modell erstellt werden, auf dessen Basis die anschließende Beurteilung des Gebirges erfolgen kann. Die daraus resultierenden Homogenbereiche und Gefährdungsbilder, welche das Verhalten des anstehenden Gebirges während der Vortriebsarbeiten beschreiben, ermöglichen eine nachvollziehbare Planung der Stützmaßnahmen. Schlussendlich werden aufbauend auf die Prognose der Homogenbereichs- und Gefährdungsbildverteilung die Mengen für das Leistungsverzeichnis, eine Bauzeitprognose und die Sicherungsklassen für die Ausschreibung erstellt.

[54] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 11 ff.

3.2.1.2 Ermittlung der Ausbruchspositionen

Grundsätzlich wird der Aufwand für den Ausbruch des Tunnelquerschnittes im Festgestein über die Sicherungs- und Bohrklassen bzw. im Lockergestein über den Schildtyp und die Abbauklassen, welche auf Basis der Homogenbereich ermittelt werden, bestimmt. Die *SIA 118/198* enthält jeweils eigene Abschnitte für die daraus bestimmbaren Ausbruchspositionen für TBM- und SM-Vortriebe, weshalb diese Trennung analog zur SIA in den folgenden Abschnitten dieser Arbeit vorgenommen wird.

TBM-Vortrieb im Festgestein

Für die Ermittlung der zu kalkulierenden Ausbruchspositionen sind bei der Wahl eines Vortriebes mittels TBM laut *SIA 118/198*[55] die Sicherungs- und Bohrklassen entscheidend. Mit Hilfe der unterschiedlichen Sicherungsklassen wird der Grad der Vortriebsbehinderung durch den Einbau des Sicherungsmittel wiedergegeben. Für die Einteilung ist es notwendig, die Art, Menge und den Einbauort der auszuführenden Ausbruchssicherung zu kennen, weshalb diese in den Ausschreibungsunterlagen vom AG definiert werden müssen. Wenn im Werkvertrag nichts anderes vereinbart wird, gelten die Sicherungsklassen laut *SIA 118/198*, welche in Tab. 3.4 ersichtlich sind, als vertraglich vereinbart. Bei Bedarf kann jede Sicherungsklasse mittels Unterklassen noch genauer beschrieben werden. Für die spätere Zuordnung der Vortriebsarbeiten zur entsprechenden Sicherungsklasse ist es ausreichend, wenn eines der ausgeführten Sicherungsmittel mit jenen der Klassendefinition übereinstimmt. Wegen der gegenseitigen Beeinflussung von Vortriebsarbeiten und Sicherungsmaßnahmen spielt der Einbauort für die Ermittlung der Vortriebsleistung eine wesentliche Rolle. Aus diesem Grund legt die Norm die Arbeitsbereiche (siehe Tab. 3.3) fest.

Tab. 3.3: Arbeitsbereiche bei TBM-Vortrieb (Quelle: *SIA 118/198* [28, S. 23])

Arbeitsbereich	Erläuterung
L1	Maschinenbereich
L2	Nachläuferbereich
L3	rückwärtiger Bereich bis 200 m hinter Nachläufer

Den zweiten wesentlichen Faktor für die Ermittlung der Ausbruchspositionen stellt die Abbaubarkeit des Gebirges dar. Diese wird mittels Bohrklassen, welche jeweils vergleichbare geologische Formationen oder Gebirgstypen zusammenfasst, dargestellt und gibt dadurch den Aufwand wieder, der betrieben werden muss, um den angetroffenen Fels abzubauen. Für die Ausschreibungsunterlagen werden alle voraussichtlichen Bohrklassen auf Basis der maßgebenden Gesteinskennwerte für Penetration und Werkzeugverschleiß sowie deren Streubereiche ermittelt. In der *SIA 118/198* werden keine Beispiele für standardmäßig verwendbare Bohrklassen angeführt, weshalb diese projektspezifisch erarbeitet werden müssen. Der AG hat vertraglich festzuhalten, auf welche Art und wie oft die erforderlichen Parameter während der Vortriebsarbeiten vor Ort bestimmt werden sollen. Falls er keine anderen Vorgaben trifft, wird in der *SIA 118/198*[56] die Bestimmung der Penetration mittels Testvorschub festgelegt. Bei einer Klassifizierung durch eine geologische Beschreibung hat die Beurteilung anhand der Verhältnisse entlang der Scheitellinie (= First) des Tunnels zu erfolgen.

Durch die Kombination der Sicherungs- und Bohrklassen können schließlich die Ausbruchspositionen definiert werden. Dies erfolgt ähnlich wie in *ÖNORM B 2203-2* mit zwei Ziffern, wobei die

[55] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 22 f. & 38 ff.

[56] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 40

Tab. 3.4: Sicherungsklassen für TBM-Vortrieb (Quelle: *SIA 118/198* [28, S. 39])

	Maschinenbereich L1	Nachläuferbereich L2	Rückwärtiger Bereich L3
SK1	– eventuell Kopfschutz nach EKAS-Richtlinie 6514	– Netz mit Ankern oder Bolzen befestigt oder gleichwertige Massnahmen – Sohltübbinge, falls im Projekt für alle Sicherungsklassen vorgesehen	Die Ausbruchsicherung in L3 ist für die Sicherungsklasseneinteilung unerheblich. Falls eine solche vorgesehen wird, sind Stillstandspositionen vorzusehen.
SK2	– Netz auf ≤ $^1/_3$ des Kreisumfangs mit ≤ 0,4 Anker und/oder Bolzen pro m² befestigt	– > 0,4 Anker pro m² mit Teilbögen auf > $^1/_4$ des Kreisumfangs – Netz und Spritzbeton oder Spritzbeton mit Faserbewehrung auf ≤ $^1/_2$ des Kreisumfangs	
SK3	– Netz auf > $^1/_3$ des Kreisumfangs mit > 0,4 Anker pro m² und einzelnen Verzugsblechen – Teilbögen auf ≤ $^3/_4$ des Kreisumfangs [1)]	– Netz mit > 0,4 Anker pro m² und Spritzbeton oder Spritzbeton mit Faserbewehrung auf dem gesamten Kreisumfang exkl. Sohle – Teilbögen auf ≤ $^3/_4$ des Kreisumfangs [2)]	
SK4	– geschlossener Stahleinbau mit Netz oder einzelnen Verzugsblechen [1)] – Gitterträger auf ≥ $^3/_4$ des Kreisumfangs mit Netz und Ankern [1)] – Spritzbeton als Versiegelung auf > $^1/_4$ des Kreisumfangs – druckverteilende Elemente im Bereich der Verspannplatten	– Sohlensicherung mit Spritz- oder Ortbeton, falls keine Sohltübbinge vorgesehen sind – geschlossener Stahleinbau, evtl. auf Sohltübbing abgestützt [2)] – Gitterträger auf ≥ $^3/_4$ des Kreisumfangs mit Netz und Ankern [2)]	
SK5	– geschlossener Stahleinbau mit Verzug – vollflächige Stahlelemente	– nicht massgebend	
SK T	– geschlossener Tübbingausbau	– nicht massgebend	

[1)] bei Tunneln Ø > 6 m
[2)] bei Tunneln Ø ≤ 6 m

erste Ordnungszahl der Sicherungsklasse und die zweite Ordnungszahl der Bohrklasse entspricht. Die *SIA 118/198* enthält als Beispiel einer möglichen Gliederung der Ausbruchspositionen eine Tabelle, welche in Tab. 3.5 dieser Arbeit angeführt ist.

SM-Vortrieb im Lockergestein

Durch die Verwendung einer Schildmaschine mit vollflächigem Abbau ist in den meisten Fällen keine Variation der Sicherungsmittel innerhalb eines Tunnels gegeben, weshalb keine Definition von Sicherungsklassen notwendig ist. Der Aufwand der Vortriebsarbeiten hängt laut *SIA 118/198*[57] ausschließlich vom Schildtyp und der Abbauklasse ab. Sie unterscheidet die Ausführungstypen der Vortriebsmaschine in vier Hauptgruppen (siehe Tab. 3.6).

[57] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 47 f.

Tab. 3.5: Ausbruchspositionen für TBM-Vortrieb (Quelle: *SIA 118/198* [28, S. 38])

Sicherungsklasse	Bohrklasse		
	X	Y	Z
SK 1	1 X	1 Y	1 Z
SK 2	2 X	2 Y	2 Z
SK 3	3 X	3 Y	3 Z
SK 4	4 X	4 Y	4 Z
SK 5	5 X	5 Y	5 Z
SK T	T X	T Y	T Z

Die geologischen, geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnisse, welche für die Einteilung der Abbauklassen benötigt werden, hat der AG in den Ausschreibungsunterlagen bekannt zu geben. Zusätzlich müssen weitere Angaben bezüglich der Baugrundverhältnisse – wie beispielsweise Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte, Lage des Grundwasserspielgels, Plastizität etc. – vom Bauherrn festgehalten werden, damit der Unternehmer die Ausführungsarten vergleichen und beurteilen kann.

Tab. 3.6: Ausbruchspositionen für SM-Vortrieb (Quelle: *SIA 118/198* [28, S. 47])

Schildtyp	Abbauklasse		
Schild mit mechanscher Bruststützung	X	Y	Z
Schild mit Druckluftstützung	X	Y	Z
Schild mit Flüssigkeitsstützung	X	Y	Z
Schild mit Erddruckstützung	X	Y	Z

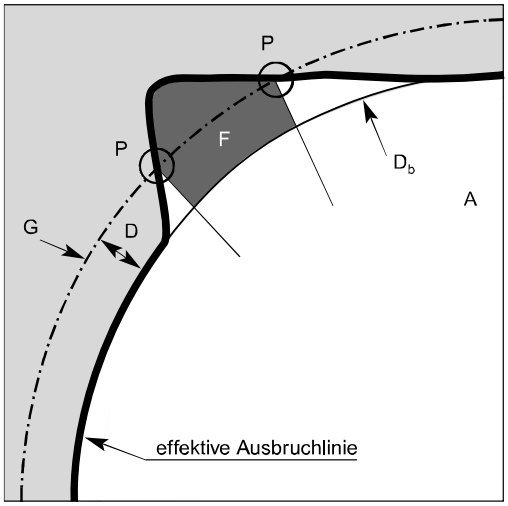
3.2.2 Voraussetzungen für die Vergütung laut SIA und Abweichungen zur ÖNORM

SIA 118/198[58] legt in den Vergütungsregeln klar fest, dass für die Ermittlung der Vortriebsleistung alle Einflüsse des Vortriebsverfahrens, systematischer Bauhilfsmaßnahmen und Ausbruchssicherungen vom AN zu berücksichtigen sind. Weiters hat er in den Einheitspreisen der Ausbruchspositionen den Verschleiß der Werkzeuge und den Abtransport des anfallenden Ausbruchsmaterials bis zu einem Zwischenlager in der Nähe des Portals miteinzuberechnen.

Die *SIA 118/198* sieht vor, dass die Vergütung der Ausbruchspositionen je Laufmeter Tunnel an Hand einer theoretischen Mengenermittlung erfolgt. Sie bietet allerdings die Möglichkeit im Werkvertrag eine andere Regelung zu vereinbaren. Die Größe des arbeitstechnisch notwendigen Überprofiles hat laut *SIA 118/198*, anders als in den österreichischen und deutschen Normen, der Unternehmer in den Angebotsunterlagen bekannt zu geben. Der dadurch erzeugte Ausbruch ist in den Einheitspreisen des Angebotes zu berücksichtigen. Die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen werden jedoch auf Grund der tatsächlich angetroffenen Gebirgsverhältnisse einvernehmlich von AG und AN festgelegt und nach effektivem Ausmaß abgerechnet. In *ÖNORM B 2203-2* erfolgt

[58] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 27 ff.

die Festlegung der Sicherungen durch den AG beziehungsweise dessen Geologen mittels einer Ausbaufestlegung.



A: theoretische Ausbruchfläche

D: Abstand zwischen der effektiven Ausbruchlinie und der Grenzlinie G

D_b: Bohrdurchmesser mit abgenutztem Werkzeug

G: Grenzlinie, abhängig von D

F: Fläche, für die das geologisch bedingte Überprofil vergütet wird

P: Schnittpunkt der Grenzlinie G mit der effektiven Ausbruchlinie

Abb. 3.2: Darstellung des Hohlraumquerschnittes bei TBM-Vortrieb (Quelle: *SIA 118/198* [28, S. 29])

Lokale Mehrausbrüche, welche nicht aufgrund unsachgemäßer Ausführung oder geologisch-geotechnischen Erfordernissen entstanden sind, werden zusätzlich vergütet. In Abb. 3.2 ist die Begrenzung dieses Mehrausbruches (= geologisch bedingtes Überprofil) für die Berechnung dargestellt. Das Maß D ist vom gewählten Vortriebsverfahren und der Größe des Querschnittes abhängig und kann über die Formeln unter Punkt 8.5.2.4 der *SIA 118/198*[59] berechnet werden. Es steht den Vertragspartnern jedoch frei, andere Werte für D vorab vertraglich zu vereinbaren.

Die Vergütung der Stützmittel erfolgt in der *SIA 118/198*[60] zum Teil ähnlich wie in der *ÖNORM B 2203-2*. Demzufolge werden beispielsweise Anker, abhängig von deren Typ und Dimensionen, nach deren Anzahl abgerechnet. Anders verhält es sich bei der Verwendung von Bewehrungsmatten. Diese sind zwar für die Abrechnung, wie in der ÖNORM, nach Einbauart und Typ zu unterscheiden, werden allerdings auf Basis der verlegten Fläche in m^2 oder nach Gewicht vergütet. Eine weitere Unterscheidung zwischen österreichischen und Schweizer Normen findet sich in der Ausmaßbestimmung der Spritzbetonpositionen. Hier unterscheidet die *SIA 118/198* mehrere Abrechnungsarten. Für den allgemeinen Fall soll die abzurechnende Menge aufgrund des verarbeiteten Volumens der Ausgangsmischung berechnet werden. Dabei zählt als

[59] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 29

[60] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 50 ff.

Maßeinheit bei Verwendung von Trockenspritzbeton 1 m^3 Trockengemisch (Zuschlagstoff und Zement) oder bei Nasssspritzbeton 1 m^3 fertig verdichteter Beton, der in einer Schalung hergestellt wurde. Bei TBM-Vortrieben empfiehlt die Schweizer Norm hingegen die Vergütung nach der theoretischen Fläche und vorgeschriebener Dicke der Spritzbetonschale. Für den Einbau von Tübbingen während des Tunnelvortriebes sind die nachfolgenden Leistungen laut Schweizer Norm gesondert und auf Basis der angeführten Einheiten zu vergüten:

- Lieferung der Tübbinge nach Laufmeter Tunnel (inkl. Herstellung, Transport und Lagerung auf der Baustelle)
- Lieferung und Einbau der Bewehrung nach Gewicht
- Transport zum Einbauort und Einbau nach Laufmeter Tunnel (inkl. Verbindungen und Fugendichtungen)
- Ringspaltverfüllung getrennt je Baustoff nach Laufmeter Tunnel

Für die Erschwernisse durch angetroffenes Bergwasser sieht die *SIA 118/198*[61] Reduktionsfaktoren vor (wie auch die *ÖNORM B 2203-2*). Durch den Wasserandrang kommt es zu einer verringerten Arbeitsleistung, weshalb die um den Reduktionsfaktor verminderten Gruppenstunden[62] zusätzlich vergütet werden. Die Ermittlung dieser Faktoren sollte anhand der hydrogeologischen Verhältnisse projektbezogen erfolgen. Die in der Schweizer Norm angeführten Werte, siehe Tab. 3.7, gelten ausschließlich dann als vertraglich vereinbart, wenn in den Ausschreibungsunterlagen keine anderen Angaben gemacht wurden. Die Reduktionsfaktoren hängen dabei wesentlich von der Größe des Ausbruchsquerschnittes, der Vortriebsneigung und der Menge des Bergwassers ab. Für die Bestimmung der tatsächlichen Wassermenge wird diese innerhalb der maßgebenden Strecke (100 m hinter der Ortsbrust) über eine Dauer von mindestens acht Stunden gemessen. Die Erschwernisse werden ab dem Überschreiten der kleinsten, in der Tab. 3.7 angeführten, Wassermenge verrechnet. Deren Beginn ist unverzüglich dem AG mitzuteilen und von beiden Vertragsparteien schriftlich zu dokumentieren.

Auf Grund der abweichenden Regelung zur österreichischen Norm sei hier noch erwähnt, dass *SIA 118/198*[63] eine klare Auflistung der Aufgaben der Vertragspartner enthält. Darunter steht unter anderem, dass der ausführende Unternehmer ein Konzept für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz auf der Baustelle zu erstellen hat. In Österreich wird dieses in den meisten Fällen durch den Baustellenkoordinator, welcher der Sphäre des Bauherrn zuzuordnen ist, erarbeitet.

3.2.3 Sphärenzuordnung laut SIA

SIA 118/198[64] enthält im Gegensatz zur österreichischen und deutschen Norm ein eigenes Kapitel zur Zuordnung der Risiken zu den Sphären des AG und AN. Durch die vertragliche Vereinbarung der Norm gelten ohne andere Vereinbarungen auch diese Zuteilungen als bindend. *SIA 118/198* trifft die nachfolgende Sphärenzuordnung und unterscheidet dabei zwischen allgemeinen und von der Vortriebsart abhängigen Risiken.

[61] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 58 f.

[62] Der Begriff Gruppenstunde steht für eine Zeiteinheit zur Abrechnung der Lohnkosten von Vortriebmannschaften. Demnach entspricht beispielsweise ein Arbeitstag, bei einem Vortrieb in zwei Schichten und einer Arbeitszeit von 8,5 Stunden je Mannschaft, 17 Gruppenstunden.

[63] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 26

[64] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 31 f.

Tab. 3.7: Reduktionsfaktoren der Gruppenstunden durch Wassererschwernisse (Quelle: *SIA 118/198* [28, S. 59])

Tunnel mit theoretischer Ausbruchfläche A ≤ 25 m² bzw. Ø ≤ 5 m		Tunnel mit theoretischer Ausbruchfläche A > 25 m² bzw. Ø > 5 m		Schächte		Reduktionsfaktor der Gruppenstunden
steigend [l/s]	fallend [l/s]	steigend [l/s]	fallend [l/s]	steigend [l/s]	fallend [l/s]	
10–20	5–10	10–20	5–10	2–5	1–2	0,2
>20–30	>10–20	>20–40	>10–20	>5–10	>2–5	0,4
>30–40		>40–60	>20–30			0,6

3.2.3.1 Auftraggeber

Von den allgemeinen Risiken eines Tunnelbauprojektes hat der AG laut *SIA 118/198*[64] das Baugrundrisiko zu tragen. Darunter fällt in erster Linie die Abweichung der Eigenschaften des angetroffenen Gebirges im Bezug auf die Ausschreibungsunterlagen, soweit diese außerhalb der Grenzen des vereinbarten Werkvertrages liegen. Zusätzlich fallen alle größeren geologisch begründeten Niederbrüche und außerordentlichen Wassereinbrüche unter das Baugrundrisiko. Der AG ist außerdem für alle Auswirkungen seines Projektes, welche sich trotz sachgemäßer Ausführung des AN nicht verhindern lassen, auf andere im Einflussbereich befindliche Bauwerke verantwortlich. In weiterer Folge hat er ebenfalls das Risiko für eventuell anzutreffende Gasvorkommen, Altlasten und archäologische Relikte zu tragen.

Durch die Wahl eines TBM-Vortriebs hat der Bauherr zusätzliche Risiken, welche auf den Baugrund zurückgeführt werden können, zu tragen. Dazu zählen unter anderem eventuell vorhandene größere Verformungen des Hohlraumquerschnittes als ursprünglich im Vertrag berücksichtigt und deren weitere Folgen wie beispielsweise das Festklemmen oder ein Umbau der Vortriebsmaschine und das nachträgliche Ausweiten von bereits gebohrten Querschnitten. Bei Gebirgseigenschaften, welche die vertraglich vereinbarten Grenzen überschreiten, kann es außerdem zu einer erschwerten Abbaubarkeit, schlechterer Verspannbarkeit der Gripper und einer geringen Sohltragfähigkeit kommen. Auf der anderen Seite kann der TBM-Vortrieb durch das Antreffen von Lockergestein oder zu Lockermaterial zerbrochenem Fels und dadurch bedingte Instabilität der Ortsbrust erschwert werden. All diese baugrundbedingten Risiken sind der Sphäre des AG zugeordnet.

Sehr ähnlich verhält es sich beim Einsatz einer Schildmaschine. Hierbei fällt der erschwerte Vortrieb durch das Antreffen von Fremdkörpern innerhalb des Hohlraumquerschnittes (Mauerwerk, Rohre, Anker, Holz-, Stahl- oder Betonpfähle) bis inklusive deren Bergung in den Risikobereich des AG. Im Fall von angetroffenen in Betrieb befindlichen Leitungen innerhalb des Vortriebseinflussbereiches kann es zu zusätzlichen Störungen der Ausbrucharbeiten kommen. Ebenfalls ein Teil des Baugrundrisikos ist ein zu gering tragfähiger Sohlbereich. Dieser kann dazu führen, dass die SM ihre Sohllage nicht halten kann, wodurch außerordentliche Maßnahmen nötig sein können, wie beispielsweise Injektionen oder temporäre Vereisungen.

3.2.3.2 Auftragnehmer

Grundsätzlich hat der AN unabhängig vom auszuführenden Vortriebsverfahren laut *SIA 118/198*[65] die Risiken für die vertraglich festgelegten Leistungen zu tragen. Dies bedeutet, dass alle in

[65] Vgl. [28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*, S. 31

der Leistungsbeschreibung und den vereinbarten Normen enthaltenen Bestimmungen in der Kalkulation zu beachten sind. Bei Abweichung der Gebirgseigenschaften von den Ausschreibungsunterlagen hat der Auftragnehmer das Risiko nur soweit zu tragen, solange die vertraglichen Grenzen nicht überschritten werden. Darüber sind die damit verbundenen Risiken vom AG zu tragen.

Durch den Einsatz einer TBM fällt zusätzlich das Risiko für unterschiedliche Felseigenschaften innerhalb eines Ausbruchsquerschnittes in die Sphäre des AN. Dabei kann es aufgrund inhomogener Gebirgsbereiche zu einer verminderten Abbaubarkeit kommen. Zusätzlich liegt im Risikobereich des AN auch das störungsfreie Betreiben der Lade- und Fördersysteme. Durch eine hohe Klebrigkeit des Abbruchmaterials oder große Blöcke können diese sowohl bei TBM- als auch SM-Betrieb beschädigt werden. Alle notwendigen Arbeiten zur Instandsetzung des gestörten Transportsystemes hat der AN zu tragen.

Im Verantwortungsbereich des AN, und damit ebenfalls in seiner Risikosphäre, liegt bei Vortriebsarbeiten mittels Schildmaschine die Überwachung und Aufrechterhaltung des erforderlichen Stützdruckes. Der AN hat den einwandfreien Betrieb der Anlage, welche den Stützdruck erzeugt, zu gewährleisten und bei Ausfall bzw. Wartung die notwendigen Ersatzgeräte bereitzustellen sowie die dadurch entstehenden Mehraufwendungen zu tragen.

Kapitel 4

Vertrags- und Vergütungsmodelle im internationalen Kontext

Neben den normenbasierten Vertrags- und Vergütungsmodellen im DACH-Raum existieren internationale standardisierte Vertragsmodelle die im Bereich des maschinellen Tunnelbaus angewendet werden. In diesem Kapitel wird eine Auswahl dieser internationalen Vertragsmodelle näher erläutert. Es ist allerdings anzumerken, dass nicht alle diese Modelle über eigene tunnelbauspezifische Vertragsbestandteile verfügen, sondern mit allgemein gültigen Regelungen für den Bereich des Bauwesens arbeiten. Als Beispiele dienen für die vorliegende Diplomarbeit die Vertragsmodelle der *Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils (FIDIC)*, *New Engineering Contract (NEC)*, Pauschalpreis- und Allianzvertragsmodelle. Die Umsetzung der einzelnen Vertragstypen bei Projekten des maschinellen Tunnelbaus werden anhand der geführten Experteninterviews beschrieben.

4.1 FIDIC - Fédération Internationale des Ingénieurs Conseils

Die *FIDIC*[66] ist ein internationaler Zusammenschluss beratender Ingenieure. Zu diesem Dachverband gehören derzeit 104 nationale Verbände aus ebenso vielen Staaten. Dies ist darauf begründet, dass pro Land maximal ein Verband der *FIDIC* beitreten kann. Die *FIDIC* wurde als eine private Organisation 1931 gegründet und hat ihren derzeitigen Sitz in der Schweizer Stadt Genf. Sie hat sich zum Ziel gesetzt, international anerkannte Standardbauverträge, welche die Interessen der beratenden Ingenieure widerspiegeln, zu erarbeiten und zu verwalten.

Der erste durch die *FIDIC* im Jahr 1957 veröffentlichte Standard-Bauvertrag trug den Titel „Conditions of Contract (International) for Works of Civil Engineering Construction“. Auf Grund seines langen Titels wurde im alltäglichen Sprachgebrauch bald nur noch die Abkürzung „Red Book“, welche auf die Farbe des Einbandes zurückzuführen ist, gesprochen. Als Vorbild für die Erarbeitung dienten Vertragsbedingungen des englischen Bauvertragswesens, wodurch die Einflüsse des englischen bzw. britisch-angloamerikanischen Rechtssystems bis heute in den FIDIC-Vertragswerken zu finden sind.

4.1.1 Struktur der FIDIC-Vertragswerke

Seit dem ersten veröffentlichten Standardvertrag wurden zahlreiche Überarbeitungen und zusätzliche Vertragsmodelle durch die *FIDIC* veröffentlicht. Die letzte große komplette Neufassung aller bis dahin bestehenden FIDIC-Bauverträge fand im Jahr 1999 statt, deren Ziel es war, die Risiken zwischen den Vertragspartnern fair aufzuteilen und eine erfolgreiche konfliktarme Projektrealisierung in den Vordergrund zu stellen. In den 2000er Jahren wurden weitere neue Vertragstypen von der *FIDIC* erarbeitet, wodurch die heute bekannten FIDIC-Regelwerke vervollständigt wurden

[66] Vgl. [8] FIDIC

(siehe Tab. 4.1). Jedes dieser Vertragswerke deckt einen anderen Aufgabenbereich des Bauwesens ab.[67]

Tab. 4.1: Bisher veröffentlichte FIDIC-Regelwerke (Quelle: *Verband Beratender Ingenieure VBI* [34, S. 17], *FIDIC Website* [8])

Kurzbezeichnung	Anwendungsbereich
Red Book	Verträge für reine Bauleistungen, wobei die Planung vom AG erstellt wird
Yellow Book	Verträge mit funktionaler Ausschreibung und Pauschalpreisen bei denen die Ausführungsplanung durch den AN erstellt wird
Silver Book	Verträge für schlüsselfertige pauschalierte Bauvorhaben bei denen die gesamte Planung durch den AN erfolgt
Green Book	Verträge für reine Bauleistungen deren Auftragswert unter USD 500.000 liegt oder die Bauzeit weniger als 6 Monate beträgt
Blue Book	Verträge für Bagger- und Erdbauarbeiten
White Book	Verträge zwischen dem Ingenieur und seinem Auftraggeber
Gold Book	Verträge mit funktionaler Ausschreibung und Pauschalpreisen bei denen die Planung und der Betrieb des Bauvorhabens, zumindest für eine vorgegebene Dauer, durch den AN erfolgt

Alle von der *FIDIC* herausgegebenen Vertragsmuster sind in englischer Sprache verfasst, um die internationale Anwendbarkeit der Dokumente zu gewährleisten. Sie haben alle gemeinsam, dass sie erst durch die vertragliche Vereinbarung der Vertragspartner Gültigkeit erlangen und somit sehr große Ähnlichkeit mit allgemeinen Geschäftsbedingungen haben. Die großen FIDIC-Regelwerke enthalten zur leichteren Anwendbarkeit den selben Aufbau und die folgenden Inhalte[68]:

- Allgemeine Bedingungen („General Conditions“, 20 Klauseln)
- Regeln für das Dispute-Management
- Anleitung für die Erstellung besonderer Bedingungen
- Vorlagen für Vertragsunterlagen (z.B. Angebotsschreiben, Vertragsvereinbarung etc.)
- Garantie- und Bürgschaftsmuster

Für die richtige Wahl des anzuwendenden FIDIC-Vertragsmusters ist zunächst die Frage zu klären, von wem die Planungsleistungen ausgeführt werden sollen. Erfolgt die Planung durch den AG, dann liegt in den meisten Fällen ein klassischer Bauvertrag mit Einheitspreisen nach dem *Red Book* oder bei kleinen Projekten (Auftragswert unter USD 500.000) nach dem *Green Book* vor. Wird die Ausführungsplanung hingegen vom AN erarbeitet, muss weiter spezifiziert werden, ob die Bezahlung anhand von Einheits- oder Pauschalpreisen erfolgen soll und wie die Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern definiert wird. Dabei ist zu bedenken, dass bei der Übernahme der Planungsleistungen durch den AN automatisch ein höheres Risiko für ihn

[67] Vgl. [8] FIDIC
[68] Vgl. [34] Verband Beratender Ingenieure VBI (Hrsg.), S. 8

entsteht. Abhängig von diesen genannten Faktoren können als Vertragsgrundlage das *Yellow Book*, *Silver Book* oder *Gold Book* dienen.

4.1.2 Besonderheiten von FIDIC-Verträgen

Die FIDIC-Vertragsmodelle haben ihren Ursprung im englischen bzw. britisch-angloamerikanischen Rechtssystem, weshalb man sich vor deren Anwendung mit den damit verbundenen Besonderheiten auseinandersetzen sollte. Für ein vertiefendes Verständnis werden in dieser Arbeit nachfolgend einige dieser Besonderheiten und differierenden Sichtweisen, welche sich anhand des Buches des Verbands Beratender Ingenieure VBI (Hrsg.) [34] ergeben, näher erläutert.

4.1.2.1 Kompetenzen des beratenden Ingenieurs

Für das Verständnis der FIDIC-Regelwerke und der damit verbundenen Vereinbarungen ist es für beide Vertragsparteien entscheidend, sich über die besondere Stellung des beratenden Ingenieurs („Engineer“) im Klaren zu sein. Dieser wird in den meisten Fällen grundsätzlich der Sphäre des AG zugeordnet, hat allerdings einige neutrale Aufgaben zu erfüllen. Der Ingenieur ist, nach dem Verständnis der *FIDIC*, unter anderem für die Prüfung und Überwachung des Bauablaufs, Anordnung von Änderungen, Bewertung von Zahlungsansprüchen, Feststellung und Beseitigung von Mängeln im Sinne der Qualitätskontrolle sowie Streitschlichtung in erster Instanz zuständig. Die von ihm getroffenen Entscheidungen sind für AG und AN prinzipiell bindend, können allerdings von beiden Vertragsparteien überprüft und durch das im FIDIC-Vertrag enthaltene Streitschlichtungsverfahren („Dispute Management“), welches selbst eine Besonderheit der Regelwerke darstellt, beeinsprucht werden.[69]

4.1.2.2 Streitschlichtung laut FIDIC-Vertragsmodellen

Die FIDIC-Bedingungen legen für die Beilegung von Streitigkeiten ein 3-stufiges Verfahren fest, mit dem eine zügige und zeitnahe Problemlösung ohne Behinderung des Bauablaufes ermöglicht werden soll. Die erste Stufe stellt die oben erwähnte Entscheidung des beratenden Ingenieurs dar. Jede von ihm getroffene und zunächst bindende Feststellung, Anordnung oder Bescheinigung kann von den Vertragsparteien geprüft und bei Vorliegen eines Dissens der nächsten Instanz unterbreitet werden. Die zweite Stufe des Streitschlichtungsverfahrens besteht aus dem „Dispute Adjudication Board (DAB)“, welches einem Gremium aus sach- und fachkundigen Mitgliedern entspricht. In der Regel werden von den Vertragspartnern gemeinsam als Mitglieder zwei Ingenieure mit langjähriger Berufserfahrung und ein Jurist ausgewählt. Ab dem Zeitpunkt des gestellten Antrags an das DAB, hat dieses 84 Tage Zeit für eine Entscheidung. Durch die zeitliche Begrenzung soll das Verfahren beschleunigt werden, um eine Beilegung nach Möglichkeit noch innerhalb der Bauzeit zu ermöglichen. Die Entscheidung gilt für beide Parteien als bindend und kann bei Unzufriedenheit über das Ergebnis nur innerhalb von 28 Tagen durch den AG oder AN beeinsprucht werden. In dritter Instanz sieht das Streitschlichtungsverfahren der *FIDIC*, vor sich an ein Schiedsgericht auf Basis der Schiedsgerichtsordnung der Internationalen Handelskammer[70] zu wenden. Bevor dieses allerdings als letzte Instanz ein Urteil fällt, ist eine Zeitraum von 56 Tagen vorgesehen, in dem die Vertragspartner die Möglichkeit haben, sich außergerichtlich zu einigen. Grundsätzlich ist abschließend hervorzuheben, dass diese Art der Streitschlichtung sehr

[69] Vgl. [34] Verband Beratender Ingenieure VBI (Hrsg.), S. 19 f.

[70] Die Internationale Handelskammer (österreichische Vertretung in Wien) ist eine nichtstaatliche Organisation mit dem Ziel der Unterstützung des weltweiten Handels und Förderung der Globalisierung.

genaue zeitliche und förmliche Vorgaben aufweist, welche für eine schnelle und zielgerichtete Entscheidung eingehalten werden müssen.[71]

4.1.2.3 Nachtragswesen im Sinn der FIDIC-Vertragsmuster

Die Vertragswerke der *FIDIC* legen fest, dass der Unternehmer unter gewissen Voraussetzungen einen Anspruch auf Bauzeitverlängerung und/oder Zusatzvergütung hat und gibt die zu befolgende Vorgehensweise vor. Gerechtfertigte Forderungen von Seiten des AN können beispielsweise auf verspätet verfügbaren Plänen oder Anweisungen, unvorhersehbaren physikalischen Bedingungen (Witterung, Baugrund etc.) und aufgefundenen Fossilien begründet sein. Damit der AN die geforderten Ansprüche geltend machen kann, muss dieser den beratenden Ingenieur innerhalb von 28 Tagen, nachdem der AN Kenntnis über den Grund erlangt hat oder erlangen hätte müssen, benachrichtigen. Nach Ablauf dieser Frist tritt ein Anspruchsverlust ein und der AG muss im Bezug auf das betreffende Ereignis oder den betreffenden Umstand keine Haftung übernehmen. In weiterer Folge unterscheiden die FIDIC-Verträge bei der vorgegebenen Vorgehensweise, ob es sich um eine Forderung für eine Bauzeitverlängerung oder Mehrvergütung handelt. Im Fall einer geforderten Mehrvergütung muss der AN nach der ersten Anzeige innerhalb von weiteren 14 Tagen dem beratenden Ingenieur die anspruchsbegründenden Umstände darlegen. Dies bedeutet, dass der AN innerhalb von 42 Tagen nach Kenntnis der Grundlage eine umfassende vorläufige Nachkalkulation erstellen muss. Anschließend an den Abschluss der Nachtragsleistung hat der Unternehmer 28 Tage Zeit, um die endgültige Anspruchsbegründung inklusive Kalkulation beim beratenden Ingenieur einzureichen. Bei der Forderung einer Bauzeitverlängerung, welche auf einer Behinderung des Bauablaufs begründet ist, muss der AN bis spätestens 42 Tage nach Wegfall der Behinderung einen aktualisierten Bauzeitplan erstellen und ebenfalls beim beratenden Ingenieur einreichen. Bei Nichteinhaltung einer der angeführten Fristen kommt es im Regelfall zum Verlust der Ansprüche.[71]

4.1.2.4 Abnahmeverfahren laut FIDIC-Bedingungen

Der Ablauf nach Ende der Arbeiten des Unternehmers sieht nach den Bedingungen der *FIDIC* wesentlich anders aus als in den deutschen und österreichischen Rechtssystemen. Die FIDIC-Vertragsmuster[72] sehen als ersten Schritt vor, dass der AN beim beratenden Ingenieur um die Ausstellung des „Taking-Over-Certificate“ ansuchen muss. Wird das Zertifikat nicht innerhalb von 28 Tagen ausgestellt oder der Antrag zurückgewiesen, gilt die Übernahme nach Ablauf der Frist als erfolgt. Durch das „Taking-Over-Certificate“ wird das Bauvorhaben jedoch nicht übernommen, sondern die sogenannte „Defects Notification Period“ (Mängelanzeigephase) gestartet. Wie lange genau dieser Zeitraum ist, muss von den Vertragspartnern bei Abschluss des Vertrages festgehalten werden. Innerhalb dieser Phase hat der AG die Möglichkeit, das Bauwerk auf vertragliche Übereinstimmung und Mängelfreiheit zu prüfen. Vom AG angemerkte Mängel müssen von AN beseitigt werden. Dabei spielt es keine Rolle, aus wessen Sphäre dieser Mangel stammt, allerdings hat der AN bei Mängeln aus dem Verantwortungsbereich des AG einen Anspruch auf zusätzliche Vergütung.

Wenn bis zum Ende der Mängelanzeigephase keine Mängel auftreten oder alle Mängel vom AN behoben wurden, hat der beratende Ingenieur das „Performance Certificate“ innerhalb von 28 Tagen zur erteilen. Falls der AN die Mängel nicht in der vertraglich vereinbarten Zeit beheben kann, ist der AG berechtigt, eine Verlängerung der „Defects Notification Period“ zu beantragen. Die Entscheidung über diesen Antrag trifft schließlich abermals der beratende

[71] Vgl. [34] Verband Beratender Ingenieure VBI (Hrsg.), S. 142 ff.
[72] Vgl. [34] Verband Beratender Ingenieure VBI (Hrsg.), S. 87 ff.

Ingenieur. Bei Nichteinhaltung der Mängelbeseitigungspflicht des AN kann der AG, nach Ablauf einer angemessenen Nachfrist, die Beseitigung durch einen Drittunternehmer auf Kosten des AN veranlassen. Durch die Erteilung der Übernahmebescheinigung wird der Vertrag laut den FIDIC-Regelwerken als beendet erklärt.[72]

4.1.3 Vertragsspezifische Anwendung der FIDIC-Vertragswerke im Tunnelbau

Die FIDIC-Vertragsmuster enthalten, wie in Tab. 4.1 ersichtlich, keinen Standardvertrag für den Bereich des maschinellen Tunnelbaus, wodurch es im Regelfall zu einer Anpassung der Bestimmungen aus dem *Red Book* oder *Yellow Book* kommt (siehe auch Abschnitt 4.3.2). Grundsätzlich ist eine Abwandlung der Standardbestimmungen nicht ratsam, da der Grundgedanke der Vertragswerke dabei oft verloren geht, es werden im internationalen Tunnelbau jedoch häufig zusammengebaute FIDIC-Verträge verwendet. Ein eigenes Buch für den Tunnelbau, für konventionellen und maschinellen Vortrieb, wäre daher laut Expertenmeinungen sehr hilfreich.

Aus dem Artikel von Helm und Bonke [13] im *Tunneling Journal* geht hervor, dass auch die *FIDIC* diese Meinung teilt und deshalb derzeit gemeinsam mit der International Tunnelling and Underground Space Association (ITA) an einem eignen Vertragswerk für Tunnelbauprojekte unter dem Titel „Emerald Book“ arbeitet. Dieses neue Standardvertragswerk soll als eigenständiges Buch herausgegeben werden, in welchem allgemeine Vertragsbedingungen sowie Hinweise zu besonderen Bestimmungen und für die Vorbereitung von Ausschreibungsunterlagen enthalten sind. Durch die Möglichkeit der Anpassung einzelner Vertragsbestandteile an die unterschiedlichen projektspezifischen Aufgabenverteilungen zwischen AG und AN (z. B. *design and build* oder reine Ausführungsleistungen) soll das neue Vertragswerk für einen Großteil der auszuführenden Tunnelbauprojekte anwendbar sein. Übernommen werden auch Bestandteile aus den anderen FIDIC-Regelwerken, welche sich bereits in der Vergangenheit bewährt haben, wie beispielsweise der beratende Ingenieur und das dreistufige Streitschlichtungsverfahren. Eines der Kernthemen des neuen Vertragsmusters ist die Risikoverteilung bei Tunnelbauprojekten, die dem Grundgedanken folgt, dass derjenige das Risiko tragen soll, der besser damit umgehen kann. Daraus ergibt sich, dass der Sphäre des AG das Risiko für unerwartete Baugrundverhältnisse und Grundwasser zugeordnet wird. Der AN ist hingegen für die Ausführung verantwortlich. Als letzter Punkt soll noch der Geotechnical Baseline Report (GBR) erwähnt werden, welcher die zu erwartenden Baugrundbedingungen definiert und als Grundlage für die vertraglichen Vereinbarungen des neue FIDIC-Vertragsmodells dienen soll.[73]

Welches FIDIC-Vertragswerk zur Anwendung kommt, ist im Wesentlichen davon abhängig, wer die Planungsleistung durchführen soll. In den meisten Fällen liegt die Planung auf der Seite des AG und dessen Vertretern, weshalb das *Red Book* im maschinellen Tunnelbau häufiger Verwendung findet. Dieses besteht aus einer klaren Aufstellung der Mengen und Leistungen, welche in der Angebotsphase vom Bieter zu bepreisen sind. Bei Abschluss des Vertrags werden die angeführten Leistungen vertraglich vereinbart, weshalb fehlende Positionen im späteren Bauablauf häufig zu Nachträgen oder Mengenänderungsanzeigen führen können. Wenn der Vertrag auf Basis des *Red Book* erstellt wird, gibt im Regelfall der AG vor, ob mit einer TBM oder SM gearbeitet werden soll. Dabei wird die Maschine und deren Ausstattung in den Ausschreibungsunterlagen sehr genau beschrieben. Der AN hat jedoch trotz der genauen Vorgaben die Hinweispflicht zu beachten, falls die gewählte Ausführungsvariante seiner Meinung nach nicht möglich ist.

Auf Grund der oftmals selbst erstellten Varianten auf Basis der FIDIC-Vertragsmuster gibt es kaum Vertragsbestandteile, die immer in gleicher Weise angewendet werden, weshalb eine sehr detaillierte Vertragsdurchsicht während der Angebotsbearbeitung notwendig ist, um den vorliegenden Vertrag zu verstehen. Bei einer Vielzahl an internationalen Projekten wird versucht,

[73] Vgl. [13] Helm und Bonke, S. 87 ff.

das geologische Risiko auf den AN zu übertragen. Dies kann auch bei Anwendung der FIDIC-Vertragsmodellen vorkommen. Für den AN ist es wichtig, die Risiken zu kennen, um diese für die Kalkulation bewerten zu können. In manchen FIDIC-Verträgen gibt es daher eine Liste mit den zu beachtenden Risiken, mit deren Hilfe alle Bieter die selben Ausgangsdaten erhalten und durch das Einsetzen der Preise die Vergleichbarkeit der Angebote gewährleistet wird. Ob die vorgegebene Risikoverteilung oder andere Vertragsbestandteile verhandelbar sind, hängt meistens nicht mit der Verwendung von FIDIC-Bedingungen zusammen, sondern viel mehr damit, ob es sich um einen öffentlichen oder privaten AG handelt. Wegen der übergeordneten Budgetvorgaben, welcher die Organe der öffentlichen Hand zum Großteil unterliegen, ist eine Vertragsverhandlung meist ausgeschlossen.

Aus den Expertenbefragungen geht hervor, dass die international im maschinellen Tunnelbau angewendeten FIDIC-Varianten fast immer die Möglichkeit von Nachträgen vorsehen. Ob dabei jedoch das Nachtragswesen im Sinne der FIDIC-Standardverträge (siehe Abschnitt 4.1.2.3) verwendet wird oder eine andere Form des Dispute Managements, hängt jeweils vom Vertragsverfasser ab. Damit verbunden ist außerdem die Vorgehensweise bei Abweichungen und Störungen, welche in den meisten reinen FIDIC-Verträgen vorab klar definiert wird und in vom AG adaptierten Verträgen oft nicht oder unzureichend geregelt ist. Allgemein kann jedoch davon ausgegangen werden, dass im ersten Schritt immer zu klären ist, aus welcher Risikosphäre die Grundlage des Nachtrags stammt. Erst danach kann eine Kalkulation der Mehrkosten oder Bauzeitverlängerung erfolgen, welche prinzipiell im Sinne des grundlegenden Vertrags erstellt werden sollte. Zeitliche Fristen für eine Einreichung von Nachträgen und wer als Entscheidungsträger fungiert können individuell vereinbart werden.

4.2 NEC – New Engineering Contract

Der erste *New Engineering Contract (NEC)* wurde im Jahr 1993 von der *Institution of Civil Engineers (ICE)*[74] in England veröffentlicht. Durch diesen Mustervertrag sollte ein neuer innovativer Ansatz für die Gestaltung von Bauverträgen verwirklicht werden, der für alle Arten von Bauprojekten anwendbar und für alle Beteiligten nachvollziehbar ist. Zur Verdeutlichung der Verbindung des Regelwerks mit den Ingenieursleistungen und der Ausführung von Projekten, wurde der Standardvertrag in seiner zweiten Auflage im Jahr 1995 zunächst unter dem Namen *Engineering and Construction Contract (ECC)* veröffentlicht. Um den Zusammenhang mit dem NEC-Vertrag zu verdeutlichen, wurde der Name später in *NEC2-ECC* geändert. In den darauf folgenden Jahren wurden die NEC-Verträge immer wieder überarbeitet und neue Vertragsmodelle hinzugefügt.

Die derzeit aktuelle 4. Auflage der NEC-Standardvertragsmuster wurde im Jahr 2017 veröffentlicht[75], weshalb es bis jetzt nur eine geringe Anzahl an Referenzprojekten im Tunnelbau gibt. Aus diesem Grund greift diese Arbeit auf die zuvor gültige Fassung der NEC-Vertragsfamilie aus dem Jahr 2005 zurück, welcher bereits bei einer Vielzahl an internationalen Projekten Anwendung fand.

4.2.1 Struktur der NEC-Vertragsfamilie

Die Vertragsbestandteile der NEC-Vertragsfamilie stellen, genau wie die FIDIC-Vertragsmodelle, kein allgemeines Recht dar, sondern haben die gleiche Rechtswirkung wie „Allgemeine Geschäftsbedingungen“. Aus diesem Grund erlangen die Klauseln des Vertrages erst durch die vertragliche Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern Gültigkeit.

[74] Vgl. [33] The Institution of Civil Engineers 2018
[75] Vgl. [16] NEC Contracts 2018

Die NEC-Verträge bestehen aus einer Vielzahl an vorformulierten und standardisierten Vertragstexten, welche im Sinne einer höheren Flexibilität, anders als beispielsweise die Klauseln der FIDIC-Verträge, modular aufgebaut sind. Mit Hilfe dieses Aufbaus kann der Vertrag individuell an die Projektbedingungen angepasst werden. Die neun Kernklauseln sind hier gelistet[76]:

1. Allgemeine Klauseln (Begriffsbestimmung, anwendbares Recht, Schriftform, Widersprüche in den Vertragsunterlagen etc.)
2. wesentliche Pflichten des Unternehmers
3. Zeiten (Bauzeitplan, Übernahme etc.)
4. Tests und Mängel (Materialprüfungen, Mängelbehebung, Gewährleistung etc.)
5. Vergütung (Abschlagsrechnungsintervalle, Zahlungspläne, Zahlungsprozesse etc.)
6. Gründe für eine Anpassung der Bauzeit und/oder Vergütung
7. Besitzdefinition (Pflanzen, Materialien, Bodenfunde etc.)
8. Risiko und Versicherung
9. Streitbeilegung und Vertragsbeendigung

Im Anschluss an die Ausformulierung der Kernklauseln sieht der NEC-Vertrag[76] die zwingende Wahl einer der sechs zur Verfügung stehenden „main options“ (Vergütungsoptionen) vor. Durch die Wahl der Vergütungsform wird auch die Risikoverteilung zwischen dem AN und AG festgelegt. Der Vertragsverfasser, in den meisten Fällen der AG oder sein Projektmanager, hat darauf zu achten, dass nur eine Vergütungsoption gewählt wird, da es sonst zu Konflikten innerhalb des Vertrags kommen kann. Die verfügbaren Vergütungsmodelle sind in Tab. 4.2 aufgelistet.

Tab. 4.2: Vergütungsoptionen bei NEC-Verträgen (Quelle: Vgl. Rowlinson [25, S. 17])

Bezeichnung	Vergütungsoption
Option A	Pauschalvertrag mit Zahlungsplan
Option B	Einheitspreisvertrag
Option C	Zielvertrag mit Zahlungsplan
Option D	Zielvertrag mit Einheitspreisen
Option E	Selbstkostenerstattungsvertrag
Option F	Management-Vertrag

Den letzten Hauptbestandteil des NEC-Vertrags bildet die Festlegung des Streitschlichtungsverfahrens. Hierbei handelt es sich ebenfalls um einen Wahlzwang, da der Vertragsverfasser sich für eine der beiden Schlichtungsoptionen entscheiden muss. Dabei ist zu erwähnen, dass die verfügbaren Optionen im wesentlichen nur unterscheiden ob der Vertrag unter den britischen „Housing Grants, Construction and Regeneration Act 1996“ fällt oder nicht. Für internationale Projekt wird daher hauptsächlich die Option W1 gewählt, welche für Verträge gedacht ist, die

[76] Vgl. [25] Rowlinson, S. 13 f.

nicht unter das erwähnte britische Gesetz fallen, weshalb diese Option[77] in Abschnitt 4.2.2.1 näher erläutert wird.

Neben den Kernklauseln und der notwendigen Wahl von Vergütungs- und Streitschlichtungsoption können noch unzählige weitere Vertragsbestimmungen frei gewählt werden. Die NEC-Verträge[78] enthalten optionale Bestandteile, welche an alle oder bestimmte Vergütungsmodelle angeknüpft werden können. Beispielsweise sind Regelungen über die Preisanpassung auf Grund von Inflation nur in Verbindung mit den Vergütungsoptionen A bis D zielführend, wohingegen Vereinbarungen über Bonuszahlungen in allen Optionen eingesetzt werden können. Durch die optionalen Vertragsbestandteile kann der Vertrag schlussendlich genau an die Erfordernisse und Wünsche der Vertragspartner angepasst werden.

4.2.2 Merkmale von NEC-Verträgen

Die NEC-Vertragsfamilie wurde mit dem Ziel einer gemeinschaftlichen Projektabwicklung entworfen, wodurch sich einige differierende Sichtweisen und Grundsätze zu konventionellen Einheitspreisvertragsmodellen ergeben. Seit der ersten Veröffentlichung soll der NEC durch seine einfache und klare Formulierung das Projektmanagement unterstützen und die Bedeutung von Zeit und Kosten für ein erfolgreiches Projekt in den Fokus stellen. In den anschließenden Abschnitten werden die Grundsätze und wesentlichen Aspekte zum besseren Verständnis des NEC-Vertragsmodells, auf Grundlage der von Rowlinson [25] verfassten Erläuterungen, näher betrachtet[79]:

Klarheit und Einfachheit

Einer der wesentlichen Grundsätze bei der Entwicklung der NEC-Vertragsmodelle ist der Wunsch nach Klarheit und Einfachheit. Diese ist vor allem an der bewusst gewählten, einfachen englischen Sprache und der Verwendung von kurzen Sätzen erkennbar. Der NEC verzichtet auf juristische Formulierungen und Verweise innerhalb des Dokuments, um die Lesbarkeit für die Anwender, welche überwiegend keine Juristen (AG, Unternehmer, Ingenieure, etc.) sind oder deren Muttersprache nicht Englisch ist, zu erleichtern. Zusätzlich werden die Aufgabenbereiche der Vertragsparteien präzise dargelegt und klare Zeitvorgaben sowie Ablaufdiagramme für die notwendigen Prozesse definiert.

Flexibilität

Die Verfasser der NEC-Verträge hatten sich zum Ziel gesetzt, eine Vertragsfamilie zu schaffen, die für alle Bereiche der Baubranche anwendbar ist. Durch die hohe Flexibilität des modularen Aufbaus sind Verträge für unterschiedliche Vergütungsmodelle und variable Verteilung der Planungsleistung zwischen dem AG und AN möglich. Mit Hilfe des Grundgerüstes und den zusätzlichen Optionen sind die NEC-Vertragsmodelle außerdem an die länderspezifischen Rechtssysteme anpassbar, wodurch sie auf der ganzen Welt angewendet werden können.

Anreiz für gutes Management

Ein weiterer Grundgedanke bei der Entwicklung der NEC-Verträge war die Förderung von effizientem Management, bei dem das Projekt immer im Vordergrund stehen sollte. Durch die Bereitstellung von Anreizen für die Vertragsparteien und die klare Trennung von Funktionen und Verantwortungsbereichen soll jeder Beteiligte seine Fähigkeiten im Sinne des Projektes einsetzen, wodurch die Risiken für alle verringert werden. In weiterer Folge sollen Unstimmigkeiten durch rasche und klar definierte Lösungsansätze bis hin zu Streitbeilegungsverfahren gelöst werden, um lange Gerichtsverfahren und negative Auswirkungen auf die Projektziele zu vermeiden.

[77] Vgl. [25] Rowlinson, S. 219 ff.
[78] Vgl. [25] Rowlinson, S. 14 f.
[79] Vgl. [25] Rowlinson, S. 8 ff.

Die Einführung von sogenannten „Early Warning Meetings“ fördert die Kommunikation zwischen den Vertragsparteien weiter. Die Themen in diesen Besprechungen betreffen jene Leistungen, welche voraussichtlich zu Verzögerungen, Mehrkosten oder Leistungsänderungen führen könnten, sobald dies zu erkennen ist. Durch dieses vorausschauende Projektmanagement können die Risiken minimiert und differenzierende Betrachtungsweisen frühzeitig diskutiert werden, was sich sowohl auf den Preis als auch auf die Bauzeit positiv auswirken kann.[80]

Risikoverteilung nach NEC

Im Grunde hängt die Risikoverteilung bei NEC-Verträgen hauptsächlich von der gewählten Vergütungsoption ab. Dabei kann man bei näherer Betrachtung erkennen, dass die Option A (Pauschalpreisvertrag mit Zahlungsplan) das höchste Risiko für den AN mit sich bringt. Die Risikoübernahme des AN nimmt bei den Vergütungsoptionen von A bis F immer weiter ab, wohingegen die Risikosphäre des AG wächst. Die Vergütungsmodelle C und D (Zielverträge) des NEC verfügen über die ausgeglichenste Risikoverteilung zwischen den Vertragspartnern.[81] Alle Modelle der NEC-Vertragsfamilie folgen jedoch den selben grundlegenden Gedanken. Demzufolge sollte jene Partei das Risiko tragen, die es am besten kontrollieren und bewältigen kann, wodurch das Risikomanagement gefördert werden soll. Trotzdem sollten alle Vertragspartner gemeinsam dazu beitragen, die Risiken zu vermeiden oder deren Auswirkungen zu minimieren.[82]

4.2.2.1 Streitschlichtungsverfahren nach NEC – Option W1

Auf Grund der Betrachtung der internationalen Vertragsmodelle wird hier nur die Option W1 der Streitschlichtung näher erläutert. Die alternative Option W2 wird ausschließlich innerhalb Großbritanniens angewendet und spielt daher für internationale maschinelle Tunnelbauprojekte nur eine untergeordnete Rolle. Die gewählte Methode muss jedoch immer mit dem geltenden Recht kompatibel sein.[83]

Das Streitschlichtungsverfahren des NEC[84] sieht vor, dass zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses von den Vertragspartnern ein unabhängiger „Adjudicator“ (Schiedsgutachter) zu bestimmen ist. Dabei kann nicht nur eine einzelne Person bestimmt werden, sondern ein vorausgewähltes Gremium aus Personen verschiedener Fachbereiche, wenn es von beiden Partnern erwünscht wird oder es auf Grund der Komplexität des Projektes ratsam ist. Der Schiedsgutachter soll von beiden Vertragspartnern gemeinsam berufen und für seine ausgeführten Leistungen entlohnt werden, es ist jedoch ausreichend, wenn ihn eine Partei zu einem Konflikt hinzuzieht.

Der NEC-Vertrag[83] sieht vor, dass der Schiedsgutachter oder das Gremium erst dann von einer der Vertragsparteien einbezogen werden darf, wenn es zuvor zu keiner zufriedenstellenden Einigung gekommen ist. Dabei kann der Schiedsgutachter über technische und vertragliche Fragestellungen entscheiden. Nach der offiziellen Anmeldung des Streitfalls beim Gutachter haben die betroffenen Parteien vier Wochen Zeit, um ihre Sicht darzulegen und Unterlagen einzureichen. Anschließend muss der Schiedsgutachter innerhalb weiterer vier Wochen in dieser Angelegenheit eine Entscheidung treffen und diese den Parteien schriftlich mitteilen. Das Ergebnis ist dann für beide Vertragspartner bindend, wenn nicht innerhalb von vier Wochen nach der Bekanntgabe Einspruch erhoben wurde. Für den Fall, dass die Entscheidung des Schiedsgutachters von einer Partei beeinsprucht wird, sieht der NEC eine weitere Instanz vor, dessen Ausgestaltung jedoch den Vertragspartnern überlassen wird. Grundsätzlich gibt es die Möglichkeit ein Schiedsgerichtsverfahren oder ein staatliches Gerichtsverfahren einzuleiten, wobei zu erwähnen ist, dass ein

[80] Vgl. [25] Rowlinson, S. 40 f.
[81] Vgl. [25] Rowlinson, S. 17
[82] Vgl. [25] Rowlinson, S. 5 f.
[83] Vgl. [25] Rowlinson, S. 219 ff.
[84] Vgl. [25] Rowlinson, S. 31 f.

Schiedsgerichtsverfahren im Regelfall schneller zu einer Entscheidung führt. Die detaillierte Ausgestaltung der letzten Instanz ist vertraglich zu vereinbaren und daher für alle Beteiligten bindend.

4.2.3 Vertragsspezifische Anwendung des NEC-Vertragsmodells im Tunnelbau

Durch die modulare Struktur der NEC-Vertragsfamilie sind prinzipiell bei Projekten des maschinellen Tunnelbaus alle Varianten der NEC-Vertragsmodelle möglich. Aus den durchgeführten Experteninterviews geht hervor, dass vor allem der Zielpreisvertrag mit Einheitspreisen häufig angewendet wird. Grund dafür ist die Gewährleistung einer transparenten Abrechnung und damit verbunden der erhöhte Anreiz einer ingenieurmäßige lösungsorientierten Umsetzung für den AN. Das Prinzip beruht grundsätzlich darauf, dass nur jene Kosten abgerechnet werden dürfen, die im Vertrag vereinbart wurden, die sogenannten „Disallowed Costs“ können nicht verrechnet werden. Der Vorteil für den AN besteht jedoch darin, dass alle vertraglich gedeckten Leistungen vom AG auf jeden Fall vergütet werden. Bei Vertragsabschluss wird auf Basis der Ausschreibung ein „Target Price“ (Zielpreis) für das gesamte Projekt vereinbart, welcher im Regelfall der Auftragssumme entspricht. Zusätzlich wird ein Aufteilungsschlüssel zwischen AG und AN für eine Über- oder Unterschreitung der Zielsumme festgelegt. Im Wesentlichen ist im NEC-Vertragsmodell vorgesehen, dass bei einer Überschreitung der vereinbarten Summe die zusätzlichen Kosten vom AG und AN gemeinsam getragen werden. Wenn der AN es schafft, unter der vertraglichen Zielsumme zu bleiben, erhält der AN trotzdem einen Anteil aus der Differenz zum „Target Price“. Durch dieses System soll der Unternehmer dazu ermutigt werden, sein ingenieurtechnisches Wissen im Sinne des Projektes einzusetzen. Zu beachten ist, dass bei einer Änderung der Vertragsbedingungen der vereinbarte „Target Price“ ebenfalls auf die neuen Grundlagen angepasst werden sollte.

Einen weiteren wesentlichen Bestandteil der NEC-Verträge im maschinellen Tunnelbau stellt der „Geotechnical Baseline Report (GBR)“ dar. In diesem Bericht wird das Basismodell der voraussichtlich anzutreffenden Gebirgseigenschaften inklusive zu berücksichtigender Bandbreiten dargestellt. Die grundlegende Idee besteht darin, dass der GBR die Kalkulationsbasis bildet und dem Unternehmer bei Abweichung eine zusätzliche Vergütung zusteht. Demzufolge sollte der Bericht so detailliert wie möglich die Baugrundeigenschaften widerspiegeln. Je exakter die Beschreibung formuliert wird, umso genauer und fairer können die Bieter kalkulieren. Leider wird dies in vielen Projekten nicht berücksichtigt, weshalb häufig GBRs mit weitläufigen Bandbreiten verwendet werden. Dadurch kann der AG einen größeren Bereich an möglichen Gebirgseigenschaften abdecken, was die Anzahl der Nachträge verringern soll, aber gleichzeitig die Risiken erhöht, welche der AN in die Preise einkalkulieren muss.

Bezüglich des Vergabeverfahrens im britisch-angloamerikanischen Raum, in dem die NEC-Verträge weit verbreitet sind, ist hervorzuheben, dass in den Ausschreibungsunterlagen eine klare Aufstellung der Vergabekriterien enthalten ist. Durch die Bekanntgabe der objektiven Auswahlkriterien wird ein fairer Vergabewettbewerb gefördert, der das Ziel hat, den Bestbieter und nicht zwangsläufig den Billigstbieter zu ermitteln. Die Kriterien werden dabei in „Hard Facts“ (z. B. niedrigster Preis, kürzeste Bauzeit, neue Vortriebsmaschine etc.), und „Soft Facts“ (z. B. Unternehmen mit der geringste Unfallrate, zusätzliche Ausbildungen des Personals, Referenzprojekte etc.) unterteilt, wobei letztere bei extremen Unterschieden zwischen den Hauptkriterien der Bieter oft auch außer Acht gelassen werden.

Die Verträge der NEC-Vertragsfamilie, welche im maschinellen Tunnelbau angewendet werden, sind laut den Expertengesprächen nicht sehr anfällig auf Störungen und Abweichungen. In den meisten Vereinbarungen sind klare Regelungen und Fristen für den AN enthalten, wie beispielsweise Warn- oder Hinweisfristen. Nur wenn diese eingehalten werden, hat der AN eine

Möglichkeit auf einen Nachtrag. Grundsätzlich sind in allen NEC-Verträgen Nachträge erlaubt. Welche Zeiträume und Verfahrensschritte dabei einzuhalten sind, ist dem Vertragsverfasser überlassen, wobei die Fristen im NEC sehr strikt einzuhalten sind. In den meisten Fällen muss der AN als erstes den AG über eine Störung oder Abweichung informieren und die Veränderung zum Vertrag dokumentieren. Bei der anschließenden Formulierung des Nachtrags hat der AN darauf zu achten, dass dieser die vertraglichen Grundlagen widerspiegelt und die Umstände für Mehrkosten oder Bauzeitverlängerungen nachvollziehbar darstellen soll. Schließlich hat der AG über die gestellte Forderung zu entscheiden und bei Anerkennung zu vergüten. Durch die vertraglich vereinbarten Fristen ist eine rasche Abwicklung von Nachträgen, zumindest laut Vertragswerk, bei NEC-Verträgen sichergestellt, was Vorteile für das Projekt mit sich bringt.

4.3 Pauschalpreismodell – Lump sum

Pauschalpreismodelle können als Detail- oder Global-Pauschalverträge (nähere Erläuterungen dazu folgen im anschließenden Abschnitt) auftreten, die alle gemeinsam haben, dass zwischen den Vertragspartnern eine vordefinierte Summe für eine zu erbringende Gesamt- oder Teilleistung vertraglich vereinbart wird. Solche Modelle sind beispielsweise auf Basis der *ÖNORM A 2050*[85] und der *DIN 1960*[86] möglich. Die Normen weisen allerdings darauf hin, dass diese Modelle nur dann sinnvoll angewendet werden können, wenn die Art, Umfang, Ausmaß und Bedingungen der Leistungserbringung ausreichend genau beschreibbar sind. Eine offizielle Vorlage oder Standardvertragswerke wie beispielsweise die FIDIC- oder NEC-Verträge gibt es für Pauschalpreismodelle nicht. Die Eigenschaften dieser Verträge können beispielsweise bei Godwin [12] oder Elwert und Flassak [6] nachgelesen werden.

4.3.1 Merkmale von Pauschalpreisverträgen

Das wichtigste Merkmal eines Pauschalvertrags ist der von Anfang an festgelegte Preis für die vereinbarte Leistung, was bedeutet, dass die Abrechnung größtenteils unabhängig von der tatsächlich ausgeführten Menge erfolgt. Durch diese Vorgehensweise erhält der AG eine hohe Kostensicherheit. Auf Basis der Genauigkeit der Ausschreibungsunterlagen wird in Detail- oder Global-Pauschalverträge unterschieden. Beim Detail-Pauschalvertrag erfolgt die Ausschreibung sehr ähnlich einem Einheitspreisvertrag mit einzelnen Positionen, wodurch eine detaillierte Beschreibung der Leistungen ermöglicht wird. In der Regel muss dafür die Planung zum größten Teil vom AG erfolgen. Auf dieser Grundlage kann der AN schließlich seinen Pauschalpreis berechnen. Im Fall von einem Global-Pauschalvertrag erfolgt die Ausschreibung in der Regel durch eine funktionale Beschreibung der Leistung, wodurch ein Teil oder die gesamte Planungsleistung an den AN übertragen wird.[87]

Die Risikoverteilung hängt einerseits von den beiden beschriebenen Möglichkeiten von Pauschalpreisverträgen und andererseits von den individuell definierten Vereinbarungen ab. Grundsätzlich besitzen diese Vertragsmodelle eine hohe Flexibilität, wodurch die Vertragsparteien die Risiken selbst aufteilen können. Allgemein kann jedoch festgehalten werden, dass der AN bei einem geringeren Detaillierungsgrad in den Ausschreibungsunterlagen mehr Risiken zu tragen hat. Für die Preisgestaltung ist es daher wichtig, die möglichen Risiken und deren Sphärenzuteilung klar zu vereinbaren, wodurch der AN in der Lage sein soll, diese für die Kalkulation zu bewerten. Bei

[85] Vgl. [17] *ÖNORM A 2050:2006 11 01: Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm*, S. 13

[86] Vgl. [4] *DIN 1960:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen*, S. 20

[87] Vgl. [6] Elwert und Flassak, S. 13 f.

der Aufteilung der Risikobereiche sollte der AG demzufolge bedenken, dass der Pauschalpreis im Normalfall mit den übernommenen Risiken des AN wächst.[88]

4.3.2 Vertragsspezifische Anwendung von *Lump Sum*-Modellen im Tunnelbau

Die Anwendung von Pauschalpreisverträgen ist zu einem hohen Maß von den kulturellen Einflüssen und Erfahrungen der Vertragsparteien sowie dem zu Grunde liegenden Vertragsmodell abhängig. In den Experteninterviews wurden *Lump Sum*-Verträge auf Basis der FIDIC-Vertragsmodelle, der NEC-Vertragsfamilie und selbst verfasste Bedingungen beschrieben. Auf Grund der Vielzahl an Möglichkeiten von Pauschalverträgen sollen hier ein paar Besonderheiten aufgezeigt werden, welche bei Projekten mit maschinellen Tunnelvortrieben angewandt wurden.

Eine häufig angewandte Variante von Pauschalpreisverträgen basiert auf dem *Yellow Book* der *FIDIC*. Hierbei wird neben der Ausführung auch ein Teil der Planung vom AN auf der Grundlage einer konkreten Beschreibung des Bauherrn übernommen und die Leistung über eine Pauschalsumme mit Zahlungsplan vergütet. Durch die Wahl dieses Vertragsmodells erfolgt eine automatische Übertragung einiger Risiken aus der Sphäre des AG auf den AN. In manchen Verträgen wird die Pauschalsumme jedoch noch um eine provisorische Summe für einzelne Teilbereiche ergänzt. Dieses Vorgehen ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der AG sich selbst nicht über die gewünschte Ausführungsvariante sicher ist. Solche Teilbereiche können beispielsweise der Brandschutz oder das auszuführende Signalsystem betreffen. Welche Ausführung schließlich gewählt wird, entscheiden AG und AN gemeinsam, nachdem der AN die Angebote von Subfirmen vorliegen hat. Bei der Vergütung wird die provisorische Summe schlussendlich durch den Preis des Subunternehmers plus einem zuvor vereinbarten Aufschlag für den AN ersetzt. Die Vorgehensweise bei Nachträgen ist in diesen Vertragsmodellen bei vielen Projekten ebenfalls an das FIDIC-System angelehnt, weshalb die Anmeldung von Mehrkosten innerhalb einer sehr kurzen Frist eingereicht werden muss, obwohl die Auswirkungen zu diesem Einreichzeitpunkt meist nicht genau bekannt sind. Durch den Pauschalpreisvertrag sind Nachträge allerdings eigentlich nur für klar erkennbare zusätzliche Leistungen und nicht für Mehrmengen oder Verzögerungen möglich.

Eine andere Möglichkeit, welche bei maschinellen Tunnelbauprojekten angewendet wird, besteht darin, den Pauschalvertrag auf den standardisierten Bedingungen der NEC-Vertragsfamilie aufzubauen. Bei dieser Variante handelt es sich nicht um einen Global-Pauschalvertrag, sondern um Teilpauschalen für die einzelnen Gewerke oder Bauphasen, welche an die vorgegebenen Vertragsbedingungen (Allgemeine Vertragsbedingungen, Details, Normenverweise, Pläne, GBR etc.) geknüpft sind. Durch diese Art der Vergütung wird der Aufwand für die Abrechnung wesentlich geringer als beispielsweise bei einem Einheitspreisvertrag mit LV, bei dem jedes Monat die ausgeführten Mengen ermittelt werden müssen. Im Sinne einer fairen Preisgestaltung sollte in den Ausschreibungsunterlagen und in weiterer Folge im Vertrag eine detaillierte Risikobeschreibung inklusive Sphärenzuteilung enthalten sein. Einen wesentlichen Vorteil der Pauschalpreisverträge auf Basis der NEC-Modelle stellt der vordefinierte Ablauf bei Nachträgen und Streitschlichtungen dar. Nachträge können, wie in FIDIC-basierten Verträgen, für zusätzliche Leistungen oder eine Änderung gegenüber den Vertragsbedingungen gestellt werden. Als ersten Schritt hat der AN eine schriftliche Mitteilung, in welcher er den Nachtrag dem Grunde und der Höhe nach (mit Bandbreite) beschreibt, dem AG zu übermitteln. Erst danach erfolgt die Erstellung eines formellen Nachtrags in dem eine detaillierte Begründung und der direkte Zusammenhang zu den Auswirkungen auf den Baubetrieb und/oder die Kosten dargestellt wird. Im dritten Schritt wird über den Nachtrag verhandelt, wobei es mehrere Instanzen geben kann. Bevor die Geschäftsführerebene beider Vertragsparteien hinzugezogen werden, wird der Nachtrag zunächst auf der Baustelle behandelt. Erst wenn diese beiden Ebenen keine einvernehmliche Einigung

[88] Vgl. [12] Godwin, S. 27 f.

erzielen, wird wie bei anderen Streitigkeiten, das *Disbute Review Board*[89] einberufen, welches nach Überprüfung der Sachlage eine nicht bindende Empfehlung ausspricht. Wenn der Vorschlag nicht angenommen wird, können vertraglich weitere Instanzen bis zu einem Gerichtsverfahren festgelegt werden. Dieser Ablauf kann sehr langwierig sein und daher negative Auswirkungen auf den Projektfortschritt haben.

4.4 Allianzverträge

Die Idee eines Allianzvertrags für Projektallianzen stammt grundsätzlich aus dem australischen Rechtssystem. Es wurde als alternatives Vertragssystem zur erfolgreichen Umsetzung von risikoreichen und komplexen Projekten entwickelt. Seit dem Jahr 2010 wird zur Unterstützung der Projektpartner vom Australian Government – Department of Infrastructure and Regional Development die *National Alliance Contracting Guidelines – Guide to Alliance Contracting* [1] herausgegeben.

4.4.1 Besonderheiten des Allianz Modells

Im Gegensatz zu den Vertragsmodellen der *FIDIC* gibt es für Allianzverträge keine Musterbedingungen, wodurch die wesentlichen Vertragsinhalte projektspezifisch festgelegt werden müssen. Im Fokus eines Allianzvertrages sollte dabei immer der Zusammenschluss der Projektbeteiligten (AG, AN, Architekten, Lieferanten etc.) zu einer fiktiven Gesellschaft stehen, dem sogenannten „Alliance Leadership Team“, mit dem Ziel die unterschiedlichen Fähigkeiten gemeinsam zum Besten des Projektes zu nutzen. Bei der Entwicklung eines Allianzvertrags sollten die Vertragspartner folgende Grundsätze, welche aus der *Guideline*[90] hervorgehen, beachten:

- „best for project“: Die Vertragsparteien sollen Entscheidungen gemeinsam und gleichberechtigt im Sinne des Projektes treffen, um die Projektziele bestmöglich zu verwirklichen.
- Risiken- und Chancenteilung: Die gemeinschaftliche Verantwortung für alle Risiken und Chancen soll dazu führen, dass alle Vertragspartner die selben Ziele verfolgen und als Einheit Entscheidungen treffen. Die erzielten Gewinne und Verluste werden am Ende des Projektes gemeinsam getragen.
- Vereinbarung zur Streitvermeidung: Allianzverträge haben im Regelfall keine Klauseln für Streitschlichtungsverfahren, wodurch die Claim-Kultur von anderen Vertragsmodellen vermieden werden soll. Allerdings ist Streitvermeidung nicht gleichzusetzen mit keinen Diskussionen über sensible Projektthemen, denn produktive Debatten sind im Sinne des Projektes sehr wohl erwünscht.
- „no fault – no blame culture“: Innerhalb eines Allianz-Teams sollen keine Schuldzuweisungen und Vorwürfe gegenüber den anderen Partnern aufkommen. Die Entscheidungen werden gemeinsam getroffen und dabei sind getroffene Fehlentscheidungen gemeinschaftlich zu tragen.
- Transparenz mittels „open book“: Durch eine transparente Dokumentation von allen Transaktionen und getroffenen Entscheidungen soll die Zusammenarbeit der Vertragsparteien gestärkt und die Risiken bei zukünftigen Entscheidungen verringert werden. Zusätzlich soll

[89] Das *Disbute Review Board* ist ein Gremium aus drei unparteiischen Experten, wobei je einer vom AG und AN nominiert wird und diese anschließend ihren Vorsitzenden wählen.

[90] Vgl. [1] Australian Government – Department of Infrastructure and Regional Development, S. 12 ff.

jedem der volle Zugang zu allen Ressourcen, Fähigkeiten und Fachwissen aller Parteien ermöglicht werden.

- Gleichberechtigung: Die Partner eines Allianzvertrages sollen eine gleichrangige Beziehung haben. Das bedeutet, dass alle Vertragsparteien gleichberechtigt sind, um gemeinsam im Sinne des Projektes zu agieren.

Das Vergütungssystem des Allianzvertrags unterscheidet sich ebenfalls wesentlich von den konventionellen Einheitspreisvertragsmodellen. Prinzipiell wird bei der Vergütung laut *Guideline*[91] in die direkten Kosten und direkt projektbezogenen Gesellschaftskosten, indirekten Gesellschaftskosten und den „gewöhnlichen" Gewinn sowie das Bonus/Malus-System unterschieden. Unter die direkten Kosten und den direkt projektbezogenen Gesellschaftskosten fallen beispielsweise Gerätekosten, Materialkosten und Löhne. Dieser Anteil wird dem AN auf jeden Fall vergütet. Die indirekten Gesellschaftskosten entsprechen den allgemeinen Geschäftskosten, welche in den meisten Fällen über Pauschalen vergütet werden, und der „gewöhnliche" Gewinn stellt den marktüblichen Gewinnaufschlag dar. Durch das Bonus/Malus-System, bei dem anhand vertraglich festgehaltener Faktoren ein positiver oder negativer Projektabschluss festgestellt wird, kann es bis zum Verlust der Vergütung von indirekten Gesellschaftskosten und des „gewöhnlichen" Gewinns kommen. Das Ziel des Allianzvertragsmodells sollte allerdings darin liegen, durch innovative Ideen einen positiven Projektabschluss im Sinne der vordefinierten Faktoren zu erreichen, bei dem der Bonus unter den Vertragsparteien aufgeteilt wird.

4.4.2 Vertragsspezifische Anwendung des Allianzmodells im Tunnelbau

Die Umsetzung von Allianzverträgen bei Projekten mit maschinellem Tunnelvortrieb bietet laut den befragten Experten den wesentlichen Vorteil, dass der AN über das Projekt selbst beteiligt wird und nicht rein über die, für die Ausführung erhaltenen, Geldmittel. Durch die Möglichkeit der Vergütung über einen Kostenerstattungsvertrag mit einzelnen Zahlungszielen nimmt die Kostensicherheit für den AG, vor allem zu Beginn des Projektes, gegenüber eines Einheitspreisvertrags ab. Durch dieses Vergütungsmodell vereinfacht sich allerdings ebenfalls der Aufwand für die Abrechnung und Rechnungsprüfung, wodurch der Fokus des AN und dessen Ressourcen vermehrt auf die baubetrieblichen Aspekte der Baustelle gelegt werden.

Auf Basis des Grundsatzes der Risiken- und Chancenteilung bei der Anwendung von Allianzverträgen ist keine explizite Risikozuteilung zu den Sphären des AN oder AG notwendig. Dies bedeutet, dass im Fall von Störungen oder Abweichungen nicht darüber diskutiert werden muss, aus welcher Risikosphäre das Problem stammt, wodurch die Lösung durch eine rein baubetriebliche Betrachtung im Vordergrund steht. Des Weiteren sind in den Allianzmodellen zumeist keine Möglichkeiten für Nachträge vorhanden, weil die Vergütung ohnehin auf Kostenerstattung ausgelegt ist und Entscheidungen gemeinschaftlich getroffen werden. Langwierige Streitigkeiten über Nachträge können somit erst gar nicht entstehen, weshalb man in den Vertragsunterlagen eines Allianzvertrags bei maschinellen Tunnelbauprojekten zumeist auch keine vorgegebenen Streitschlichtungsverfahren findet.

[91] Vgl. [1] Australian Government – Department of Infrastructure and Regional Development, S. 50 ff.

Kapitel 5

Vergleich nationaler und internationaler Vertragsmodelle im maschinellen Tunnelbau

Im Sinne der zu Beginn dieser Arbeit definierten Forschungsfragen werden in diesem Kapitel die gewonnenen Erkenntnisse aus der Literaturrecherche und den geführten Experteninterviews analysiert und zusammengeführt. Dabei sollen die Gemeinsamkeiten und korrespondierenden Betrachtungsweisen der nationalen und internationalen Vertragsmodelle, welche im maschinellen Tunnelbau Anwendung finden, hervorgehoben werden. Auf Grund der langjährigen praktischen Umsetzung und der damit verbundenen Erfahrungen spielen diese Übereinstimmungen für zukünftige Vertragsmodelle eine wichtige Rolle. Dieses Kapitel arbeitet die Besonderheiten der verschiedenen Vertrags- und Vergütungsmodelle sowie deren Umsetzung im maschinellen Tunnelbau heraus. Diese sind besonders für jene heimischen Unternehmen interessant, die internationale maschinelle Tunnelbauprojekte mit österreichischer Beteiligung umsetzen. Dabei kommen unterschiedliche Kulturen, Sichtweisen und Rechtssysteme zusammen, weshalb die Kenntnis über Spezifika anderer Modelle für eine gute Zusammenarbeit und eine partnerschaftliche kooperative Projektabwicklung wesentlich sind.

5.1 Korrespondierende Betrachtungsweisen der Vertragsmodelle

Alle betrachteten Vertrags- und Vergütungsmodelle im maschinellen Tunnelbau haben gemeinsam, dass sie kein geltendes Recht darstellen. Die angeführten Bestimmungen erhalten erst durch die vertragliche Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern innerhalb eines Werkvertrags Gültigkeit. Die international angewendeten standardisierten Vertragswerke haben daher sehr große Ähnlichkeit mit allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Auf Grundlage der durchgeführten Literaturrecherche und Expertengespräche ist zu erkennen, dass die Normen des DACH-Raums sowie die internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle grundsätzlich eine faire und ausgeglichene Risikosphärenverteilung zwischen AG und AN anstreben. Prinzipiell sollen die Risiken bei demjenigen Vertragspartner angesiedelt sein, der sie am besten beherrschen kann. Demzufolge sehen alle betrachteten Vertrags- und Vergütungsmodelle, mit Ausnahme des Allianz-Modells, bei dem die Risiken und Chancen gemeinschaftlich getragen werden, das Baugrundrisiko prinzipiell beim AG. Diese Sichtweise wird allerdings in vielen ausgeführten Verträgen dahingehend abgeändert, dass Teile des Baugrundrisikos an den AN übertragen werden, was nicht im Sinne der Standardvertragswerke ist. Des weiteren sehen die nationalen und internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle das Prozessrisiko für die auszuführende Leistung und das Kalkulationsrisiko in der Risikosphäre des AN. Dies bedeutet, dass der AN für alle von ihm getroffenen Annahmen auf Basis der bereitgestellten Ausschreibungsunterlagen selbst verantwortlich ist.

Für die Garantie der Einhaltung vertraglich vereinbarter Terminvorgaben ist in den meisten standardisierten Vertrags- und Vergütungsmodellen die Möglichkeit von Pönalen vorgesehen. Diese können ausschließlich für einen garantierten Fertigstellungstermin oder mehrere Zwischen-

termine angesetzt werden. In weiterer Folge ist eine begründete Verschiebung der pönalisierten Termine von den gewählten Vertragsbestimmungen abhängig. In einigen der analysierten internationalen Vertrags- und Vergütungsmodellen werden die vereinbarten Termine ausschließlich auf den vertraglichen Randbedingung begründet, wie beispielsweise ausgeschriebene geologische Verhältnisse oder vom AG zur Verfügung gestellte Vorleistungen. Im Falle einer Änderung dieser Voraussetzungen kann auch der pönalisierte Termin verändert werden. Die detaillierte Umsetzung der vertraglichen Möglichkeiten beziehungsweise schlussendliche Geltendmachung einer Vertragsstrafe bleibt jedoch dem Bauherrn überlassen.

Mit Ausnahme des Allianz-Vertragsmodells sehen alle untersuchten internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle des maschinellen Tunnelbaus die Möglichkeiten zur Vereinbarung eines Nachtragswesens vor. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei einer Änderung der vertraglich vereinbarten Bedingungen, welche aus der Sphäre des AG stammt, dem AN eine Entschädigung für die nicht kalkulierbare Leistung zusteht. Das Verfahren zur Anmeldung von Nachträgen und der Entscheidungsträger sind in den betrachteten Modellen unterschiedlich gelöst. Gemeinsam haben sie allerdings, dass die Forderungen grundsätzlich zuerst dem Grunde nach und erst anschließend der Höhe nach behandelt werden.

5.2 Spezifika einzelner Vertragsmodelle bei maschinellen Tunnelbauprojekten

Auf Grund der unterschiedlichen Entwicklungsprozesse und Rechtssysteme der jeweiligen Heimatländer, aus denen die internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle des maschinellen Tunnelbaus stammen, hat jedes Modell seine spezifischen Betrachtungsweisen. Durch innovative Ideen und Erfahrungen aus der Praxis wurden die Normen und Standardvertragswerke weiterentwickelt, weshalb in diesem Abschnitt die Spezifika der einzelnen Vertragsmodelle hervorgehoben werden.

5.2.1 Alleinstellungsmerkmale der Verträge nach ÖNORM B 2203-2

Eine der wesentlichen Besonderheiten der *ÖNORM B 2203-2*, gegenüber anderen internationalen Vertrags- und Vergütungsmodellen im maschinellen Tunnelbau, stellt die Verwendung einer Vortriebsklassenmatrix dar (siehe Abschnitt 2.1.2). Für die Ermittlung der voraussichtlich anzutreffenden Vortriebsklassen wird, bei Vortrieben mit einer TBM-O oder TBM-A die Stützmittelzahl oder bei Verwendung einer TBM-S, TBM-DS sowie SM die leistungsbestimmenden Merkmale des Vortriebssystems benötigt. Die Berechnung der Stützmittelzahl benötigt Art, Ausmaß und Einbauort der Regelstützmittel pro Tunnelmeter, welche mit normierten Bewertungsfaktoren beaufschlagt und auf die Bewertungsfläche bezogen werden. Während der Vortriebsarbeiten können die tatsächlich verwendeten Stützmittel für die Zuordnung der aufgefahrenen Tunnelmeter zu den vortriebsklassenabhängigen Positionen des Leistungsverzeichnisses verwendet werden.

Aus den Antworten der durchgeführten Experteninterviews geht hervor, dass das Modell für die Vergütung der zeitgebundenen Kosten der Baustelle, der allgemeinen und vortriebssystembedingten Gerätekosten nach der *ÖNORM B 2203-2* einzigartig ist. Diese sieht vor, dass für die Abrechnung der zuvor genannten Kosten der Bieter je Vortriebsklasse eine Vortriebsgeschwindigkeit angeben muss. Auf Basis der Angaben des AN und der tatsächlichen Vortriebsklassenverteilung können über Bauzeittabellen die Verrechnungseinheiten bestimmt werden. Zusätzlich fließen noch Vortriebsunterbrechungen, Zusatzzeiten für Zusatzmaßnahmen und Erschwernisse, angeordnete Umbaumaßnahmen und Festzeiten, Vortriebs-Stilliegezeiten,

Sondermaßnahmen und arbeitsfreie Tage in die Berechnung ein. In den meisten Fällen entsteht durch diese Betrachtung eine Abweichung zwischen Kalendertagen und den abgerechneten Verrechnungseinheiten, was den Projektbeteiligten bei Anwendung des Modells bewusst sein muss.

5.2.2 Besondere Herangehensweise des DIN-Modells

Die in der *DIN 18312* angeführten Vortriebsklassen für den maschinellen Vortrieb beziehen sich im wesentlichen auf den Typ der gewählten Vortriebsmaschine und dem damit verbundenen Bauverfahren. Eine detailliertere Gliederung innerhalb einer Vortriebmethode, beispielsweise mittels Stützmittelzahl, Sicherungs- oder Bohrklassen, ist in den vorliegenden Normen nicht definiert. Der zeitliche und ablaufbedingte Aufwand für den Einbau von Stützmitteln wird bei Verwendung einer TBM ausschließlich über die Auswirkungen auf den Lösevorgang definiert (siehe Tab. 3.4). Bei der Anwendung einer SM beruht die Einteilung der Vortriebsklassen auf der verwendeten Stützung.

Das Vertragsmodell laut *DIN 18312* enthält im Gegensatz zu den anderen Normen des DACH-Raums keine Tabelle über Zuschläge bei Wassererschwernissen. Die Norm sieht vor, dass Positionen für die Fassung und Ableitung von angetroffenem Bergwasser in den Ausschreibungsunterlagen vorzusehen sind. Der AG ist bei Überschreitung der vertraglich vereinbarten Grenzwassermenge sofort zu informieren, da die erforderlichen Leistungen von AG und AN gemeinsam festgelegt werden sollen. Die Abrechnung erfolgt schließlich über die Positionen in den besonderen Leistungen.

Die Einrichtung, Räumung und das Vorhalten der Baustelleneinrichtung einschließlich der Geräte gehören laut *DIN 18299* zu den Nebenleistungen. Diese müssen nicht explizit in der Leistungsbeschreibung erwähnt werden, sondern gelten generell als vertraglich vereinbarte Leistung bei Ausführung eines Bauprojekts. Die Abrechnung der zeitgebundenen Kosten erfolgt laut Angaben der Experten nach den IST-Kalendertagen ohne Kopplung zu erbrachten Leistungsdichten auf Basis des vertraglich vereinbarten Bauzeitplans.

5.2.3 Spezifika des Vertrags- und Vergütungsmodells laut SIA

Die *SIA 118/198* legt in ihrem Vertrags- und Vergütungsmodell sehr viel Wert auf gemeinsame Entscheidungen der Vertragsparteien und enthält hierfür eine klare Auflistung der Aufgaben inklusive Zuständigkeiten. Demzufolge legt die SIA als einzige Norm des DACH-Raums fest, dass die tatsächlich eingesetzten Stützmittel vom Bauherrn und Unternehmer einvernehmlich festgelegt werden sollen. Des Weiteren haben AG und AN bei geänderten Gebirgsverhältnissen sowie erhöhtem Wasserandrang gegenüber der Ausschreibung über die anzuwendenden, eventuell zusätzlichen, Maßnahmen zu entscheiden. Diese gemeinschaftlich getroffenen Entscheidungen gelten als Bestellungsänderungen, deren Vergütung von den Vertragspartnern festgelegt werden muss.

Außerdem verfügt die *SIA 118/198* als einzige deutschsprachige tunnelbauspezifische Norm über ein eigenes Kapitel zur Risikoverteilung. Für die *ÖNORM B 2203-2* gilt subsidiär der Abschnitt 7.2 der *ÖNORM B 2110* über die Zuordnung zur Sphäre der Vertragspartner in Bezug auf Leistungsabweichungen und ihrer Folgen. In den Bestimmungen der *SIA 118/198* sind die wesentlichen Risiken den Sphären des AG und AN zugeordnet, wodurch diese bei einer vertraglichen Vereinbarung der Norm für beide Vertragsparteien klar definiert sind. Die SIA unterscheidet in der Zuordnung zwischen allgemeinen im Tunnelbau üblichen und von der Vortriebsart abhängigen Risiken.

Bezüglich der Vergütung von Spritzbetonarbeiten wählt die *SIA 118/198* einen grundlegend anderen Zugang als die Normen-Modelle aus Österreich und Deutschland. Die Norm sieht für den allgemeinen Fall vor, dass die Abrechnung auf Basis des verarbeiteten Volumens der Ausgangsmischung erfolgen soll. Hierfür wird eine Unterscheidung in Trockenspritzbeton, bei dem das Trockengemisch als Maßeinheit zählt, und Nassspritzbeton, bei welchem 1 m³ fertig verdichteter Beton in einer Schalung als Verrechnungseinheit verwendet wird. Bei der Verwendung einer Tunnelvortriebsmaschine wird der Spritzbeton über die theoretische Fläche und vorgeschriebene Dicke abgerechnet.

5.2.4 Besonderheiten bei der Anwendung von FIDIC-Verträgen

Die von der *FIDIC* herausgegebenen Standardvertragswerke enthalten, in Abhängigkeit des Vergütungsmodells und der Ausführung der Planungsleistungen, im wesentlichen alle den selben Aufbau. In den einzelnen Vertragsmustern sind allgemeine Vertragsbedingungen, Regeln für das Dispute-Management, Anleitungen für die Erstellung besonderer Bedingungen, Vorlagen für Vertragsunterlagen sowie Garantie- und Bürgschaftsmuster zu finden. Diese Bestandteile können von den Vertragspartnern, am besten in ursprünglicher Form, angewendet oder durch eigene Anpassungen ersetzt werden.

Ein wesentliches Merkmal der FIDIC-Musterverträge stellt der beratende Ingenieur dar, welcher in seiner neutralen Position wichtige Aufgaben in der Umsetzung der Projekte zu erfüllen hat. Er ist für die Prüfung und Überwachung des Bauablaufs, Anordnung von Änderungen, Bewertungen von Zahlungsansprüchen, Qualitätskontrollen und die Streitschlichtung in erster Instanz zuständig. Trotz der grundsätzlichen Zuordnung des beratenden Ingenieurs zur Sphäre des AG hat dieser im Sinne des Projekts zu handeln. Die getroffenen Entscheidungen sind prinzipiell für beide Vertragspartner bindend, können jedoch zusätzlich überprüft und beeinsprucht werden, wodurch die nächste Instanz des Streitschlichtungsverfahrens, das selbst eine Besonderheit darstellt, zur Anwendung kommt.

In den Standardvertragsbestimmungen der FIDIC-Musterverträge wird ein 3-stufiges Streitschlichtungsverfahren mit sehr genauen Fristen für eine zügige und zeitnahe Problemlösung festgelegt. Dabei bildet der beratende Ingenieur wie beschrieben die erste Instanz zur Beilegung von Unstimmigkeiten. Die zweite Stufe stellt das Dispute Adjudication Board (DAB) dar, welches aus mehreren sach- und fachkundigen Mitgliedern besteht, in den meisten Fällen aus zwei Ingenieuren und einem Juristen. Diese haben innerhalb von 84 Tagen eine Entscheidung zu treffen, die ebenfalls für beide Vertragspartner bindend ist. Im Fall einer Dissens mit dem Ergebnis des DAB kann die Angelegenheit der dritten und letzten Instanz unterbreitet werden. Die *FIDIC* sieht hierfür vor, dass das Streitthema einem Schiedsgericht auf Basis der Schiedsgerichtsordnung der Internationalen Handelskammer unterbreitet wird. Wegen der teilweise sehr langen Wartezeiten bei der Anrufung eines internationalen Schiedsgerichts wird den Vertragspartnern vor dem Verfahren ein Zeitraum von 56 Tagen für eine außergerichtliche Einigung gegeben.

Nachträge können bei Anwendung der FIDIC-Vertragsmuster vom AN für Bauzeitverlängerungen und/oder Zusatzvergütungen beim beratenden Ingenieur angemeldet werden. Die Anmeldefrist beträgt 28 Tage und läuft ab dem Zeitpunkt zu dem der Unternehmer die Forderungsgrundlage erkannt hat beziehungsweise erkennen hätte müssen. Die FIDIC-Regelwerke sehen für das weitere Vorgehen ebenfalls zeitlich klar definierte Abläufe vor. Demzufolge hat der AN spätestens 14 Tage nach Anmeldung des Nachtrags die anspruchsbegründenden Umstände inklusive vorläufiger Nachkalkulation dazulegen. Nach Abschluss der Nachtragsleistung sind vom AN innerhalb von 28 Tagen die endgültige Anspruchsbegründung und Kalkulation der Mehrkosten beim beratenden Ingenieur einzureichen. Im Fall einer Forderung auf Bauzeitverlängerung muss der Unternehmer bis spätestens 42 Tage nach Wegfall der begründenden Behinderung einen

aktualisierten Bauzeitplan vorlegen. Wenn eine der angeführten Fristen nicht eingehalten werden kann, kommt es zum Anspruchsverlust.

5.2.5 Charakteristika der NEC-Vertragsfamilie

Die Vertrags- und Vergütungsmodelle auf Basis der NEC-Standardbestimmungen bieten durch ihren modularen Aufbau eine hohe Flexibilität, wodurch der Vertrag auf die projektspezifischen Erfordernisse angepasst werden kann. Die neun Kernklauseln (siehe Abschnitt 4.2.1) müssen in allen NEC-Verträgen enthalten sein. Anschließend hat der Vertragsverfasser eine der sechs möglichen Vergütungsoptionen und eines von zwei Streitschlichtungsverfahren zu wählen. Bei diesen beiden Bestandteilen handelt es sich um einen Wahlzwang, da eine Option gewählt werden muss. In weiterer Folge kann für die genauere Anpassung an die Erfordernisse und Wünsche der Vertragspartner aus einer Vielzahl an zusätzlichen vordefinierten Vertragsbestimmungen gewählt werden. Dabei ist zu beachten, dass manche Regelungen nur für bestimmte Vergütungs- und Streitschlichtungsoptionen sinnvoll sind.

Laut der Erfahrungen der befragten Experten werden bei maschinellen Tunnelbauprojekten Zielpreisverträge auf Basis der NEC-Vertragsfamilien angewendet. Diese bieten den Vertragspartnern den Vorteil einer transparenten Abrechnung. Bei diesem Vergütungsmodell wird die Auftragssumme als Zielpreis vertraglich vereinbart. Zusätzlich wird zwischen den Vertragspartnern ein Aufteilungsschlüssel festgelegt, der im Fall einer Überschreitung der vereinbarten Summe vorgibt, welchen Anteil der Differenz von welcher Partei zu bezahlen ist. Bei einer Unterschreitung der Zielsumme bekommt der AN trotzdem einen Teil der eingesparten Kosten vom AG erstattet. Die Zielsumme ist dabei an die vereinbarten Vertragsbedingungen geknüpft, weshalb bei einer Änderung der Rahmenbedingungen auch der Zielpreis anzupassen ist.

Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal der NEC-Verträge im maschinellen Tunnelbau stellt der Geotechnical Baseline Report (GBR) dar. Mit Hilfe dieses Berichts werden die geologischen und geotechnischen Eigenschaften des Gebirges definiert, welche in der Angebotskalkulation zu berücksichtigen sind. Die befragten Experten haben jedoch angemerkt, dass der Detaillierungsgrad in der Praxis oft gering ist und Gebirgseigenschaften mit Bandbreiten angegeben werden. Grundsätzlich ist die Idee des *NEC*, dass der GBR eine klare Vorgabe im Sinne eines Basismodells widerspiegeln soll. Bei einer Abweichung der Gebirgseigenschaften von den prognostizierten Werten würde dem AN eine entsprechende Vergütung zustehen.

Das in den NEC-Vertragsmustern verankerte Streitschlichtungsverfahren, welches für den Bereich des internationalen maschinellen Tunnelbau angewendet wird, sieht prinzipiell zwei Instanzen vor. In der ersten Stufe können die Vertragsparteien den Streitfall beim Schiedsgutachter vorbringen, welcher bei Vertragsabschluss gemeinschaftlich berufen wird. An Stelle eines einzelnen Schiedsgutachters bieten die Standardklauseln ebenfalls die Möglichkeit, ein Gremium mit Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen zu vereinbaren. Damit der oder die Gutachter tätig werden, muss einer der Vertragspartner eine offizielle Anmeldung des Streitfalls einreichen. Ab diesem Zeitpunkt haben AG und AN Zeit, ihre Sichtweise und Unterlagen zum strittigen Thema vorzubringen. Innerhalb der nachfolgenden vier Wochen hat der Schiedsgutachter seine Entscheidung schriftlich an die Vertragsparteien mitzuteilen. Das getroffene Urteil kann weitere vier Wochen nach der Bekanntgabe beeinsprucht werden, wodurch der Streitfall an die zweite Instanz übertragen wird. Diese ist von den NEC-Vertragsbestimmungen nicht vorgegeben, sondern muss vertraglich festgelegt werden. Prinzipiell stehen im allgemeinen Rechtswesen zwei Möglichkeiten zur Verfügung, nämlich die eines Schiedsgerichtsverfahrens oder staatlichen Gerichtsverfahrens.

5.2.6 Kennzeichnende Eigenschaften eines Pauschalpreisvertrags

Das Wesentlichste eines Pauschalpreisvertrags ist der vertraglich vereinbarte Preis für die Gesamt- oder Teilleistung unter zu Grunde gelegter Bau-SOLL-Beschreibung, wodurch eine große Kostensicherheit für den AG gegeben ist. Dabei kommen im maschinellen Tunnelbau laut Erfahrung der befragten Experten häufig Teilpauschalverträge, bei denen einzelne Gewerke oder Bauphasen pauschaliert sind, oder Global-Pauschalverträge, bei denen ein Teil der Planungsleistung vom AN übernommen wird, zur Ausführung. Für *Lump Sum*-Verträge gibt es keine allgemein gültigen Standardvertragsbestimmungen, weshalb sie meistens aus FIDIC-Verträgen oder NEC-Bestandteilen aufgebaut sind. Dem Bauherrn steht es allerdings frei, den Pauschalvertrag komplett selbst zu verfassen.

Prinzipiell kann aus der Art der Vergütung und den Meinungen der Experten darauf geschlossen werden, dass der Abrechnungsaufwand bei einem Pauschal- oder Teilpauschalvertrag wesentlich geringer ist als bei einem konventionellen Einheitspreismodell. Die vertraglich vereinbarten Preise stellen allerdings nur dann eine faire Vergütung dar, wenn sich die tatsächlich angetroffenen Bedingungen nicht wesentlich von den Vertragsbedingungen unterscheiden. Andernfalls hat der AN die Möglichkeit eine Nachtragsforderung auf Anpassung des Preises oder der Bauzeit zu stellen.

Wenn die Detailplanung des AG einer maschinellen Tunnelbaustelle zum Zeitpunkt der Ausschreibung noch nicht fertiggestellt ist, dann gibt es die Möglichkeit, eine provisorische Summe für jene Teilbereiche vorzusehen. Damit kann der AG die Entscheidung über die gewünschte Ausführungsvariante später treffen. Laut Erfahrung der Experten ist diese Option für Teilbereiche wie beispielsweise Brandschutz oder Signalsysteme vorteilhaft. Für die Ausführung kann der AN die Angebote mehrerer Subfirmen einholen, auf deren Basis AG und AN gemeinsam über die gewünschte Variante entscheiden. Schlussendlich erhält der AN den Preis des gewählten Subunternehmer zuzüglich eines vertraglich vereinbarten Aufschlags.

Aus den Antworten der geführten Experteninterviews geht hervor, dass bei manchen maschinellen Tunnelbauprojekten mit Pauschalverträgen ein sogenanntes *Disbute Review Board* zur Streitschlichtung eingesetzt wird. Dieses stellt, in Anlehnung an das DAB in FIDIC-Verträgen, ein Gremium aus drei unparteiischen Experten dar, wobei je ein Mitglied vom AG und AN nominiert wird und diese dann gemeinsam einen Vorsitzenden wählen. Das *Dispute Review Board* wird im Streitfall hinzugezogen, wenn auf der Baustelle und zwischen den Geschäftsführern der Vertragspartner keine Einigung erzielt werden konnte. Die Entscheidung des Gremiums gilt lediglich als Empfehlung und ist für die Vertragspartner nicht bindend. Ob weitere Instanzen im Fall einer anhaltenden Dissens eingesetzt werden, bis hin zur Einleitung eines Gerichtsverfahrens, hängt vom Vertrag ab.

5.2.7 Spezifika bei Anwendung des Allianzmodells

Der wesentlichste Unterschied zwischen dem Allianz-Vertragsmodell und den restlichen untersuchten internationalen Vertragsmodellen im maschinellen Tunnelbau liegt in der einvernehmlichen Abwicklung des Projektes. Aus den Erfahrungen der befragten Experten geht hervor, dass durch die Beteiligung des AN über das Projekt selbst, anstatt über die Geldmittel, der Fokus mehr auf die zu erreichenden Projektziele gelegt wird. Durch die transparente Abrechnung mittels „open book“ erhält der AN die ihm zustehende Vergütung und alle Vertragsparteien können sich zu jedem Zeitpunkt über den finanziellen Status des Projekts erkundigen. Die befragten Experten meinen, dass durch die Anwendung eines Allianzvertrags der Aufwand für die Angebotserstellung, Rechnungslegungen und Rechnungsprüfung verringert wird.

Eine weitere Besonderheit der Allianzverträge stellt das fehlende Nachtragswesen dar. Durch die Einführung eines Kostenerstattungsvertrags mittels transparenter Abrechnung werden keine Bestimmungen für Nachträge benötigt. Die Vertragspartner entscheiden bei Unstimmigkeiten gemeinsam im Sinne des Projektes und tragen die finanziellen Auswirkungen zusammen. Außerdem besitzt dieses Vertrags- und Vergütungsmodell, laut der befragten Experten, eine wesentlich geringere Störungssensibilität in Hinblick auf den baubetrieblichen Ablauf bei unvorhersehbaren Ereignissen, weil keine Ressourcen für die Erstellung von Nachträgen benötigt werden, sondern ausschließlich die technische Problemlösung im Vordergrund steht. Unterstützt wird dieses Modell zusätzlich durch das vertraglich vereinbarte Bonus/Malus-System, demzufolge AG und AN von einer Kostenersparnis gegenüber dem Zielpreis profitieren. Auf der anderen Seite werden jene Kosten, die über dem zuvor vereinbarten Zielpreis liegen ebenfalls gemeinschaftlich bezahlt. Dieses Vergütungsmodell im Allianzvertrag hat zur Folge, dass die Kostensicherheit in der Projektanfangsphase geringer ist als bei konventionellen Einheitspreisverträgen.

5.3 Soziokulturelle Besonderheiten bei internationalen Tunnelbauprojekten

Im Zuge der Abwicklung von internationalen Tunnelbauprojekten treffen viele Unternehmen und Personen aus unterschiedlichen Ländern aufeinander, wodurch in weiterer Folge die Projektkultur geprägt wird. Die Beteiligten müssen sich auf die unterschiedlichsten Sichtweisen, Arbeitsabläufe und Rechtssysteme einstellen. Als Beispiele werden einige dieser Besonderheiten aus den Erfahrungen der befragten Experten näher beschrieben.

Allgemein kann man aus den durchgeführten Experteninterviews erkennen, dass der Stellenwert des Vertrags, mit Ausnahme im arabischen Kulturkreis, von enormer Bedeutung ist. Die vertraglichen Vereinbarungen zwischen AG und AN werden zunehmend umfangreicher und juristischer formuliert, wodurch die eigentliche Ingenieurstätigkeit in den Hintergrund gedrängt wird. Durch diese Entwicklung versucht jeder Projektbeteiligte sich so weit wie möglich abzusichern. Dies kann zu relativ global formulierten Leistungsbeschreibungen führen. Bei den aktuellen maschinellen Tunnelbauprojekten wird laut den Experten häufig versucht, einen Teil des Baugrundrisikos durch die Angabe von Gebirgseigenschaften über Bandbreiten, in die Risikosphäre des AN zu übertragen. Die gesamte Auslegung des Vertrags und die Gesprächsbereitschaft bei Abweichungen ist jedoch letzten Endes sehr personenabhängig und kann nicht zwangsläufig auf soziokulturelle Faktoren zurückgeführt werden.

Das Thema „Health and Safty“ hat in amerikanischen und skandinavischen Ländern einen weitaus größeren Stellenwert als im mitteleuropäischen Raum. Die Vermeidung von Unfällen und die Aufklärung der Mitarbeiter auf den Baustellen ist in der Firmenpolitik von den ansässigen Unternehmen verankert. Viele ausführende Unternehmen haben sich null Unfälle während der Arbeitszeit als Firmenziel gesetzt. In Skandinavien wird bei einem tödlichen Unfall auf der Baustelle ein detaillierter Bericht an die gesamte Firma verschickt, in dem jeder Projektbeteiligte erklären muss, was passiert ist. Zusätzlich wird im gesamten Konzern eine Schweigeminute abgehalten.

5.3.1 Expertenerfahrungen im Kulturkreis Skandinavien

Bei maschinellen Tunnelbauprojekten in Skandinavien sind wesentliche Unterschiede in der Kommunikationsstruktur und Unternehmensführung zu erkennen. Die relativ flache Hierarchie innerhalb der Unternehmen, im Gegensatz zum DACH-Raum, führt dazu, dass bei Besprechungen immer alle Projektbeteiligten dabei sein müssen. Entscheidungen werden grundsätzlich gemeinsam

getroffen, weshalb es oft zu langen und aufwendigen Diskussionen kommen kann. Der Aufwand zur Klärung von Detailfragen in den Projektbesprechungen ist durch die große Anzahl an Beteiligten enorm hoch. Problematisch ist laut Experten vor allem, dass es bei skandinavischen Projekten niemanden gibt, der die Zusammenarbeit organisiert, weshalb jeder in erster Linie macht, was er selbst für sinnvoll hält. Positiv wurde jedoch die Aufgeschlossenheit der Skandinavier gegenüber neuen Methoden und Verfahren sowie die Lernbereitschaft erwähnt.

Bezüglich der Abwicklung von maschinellen Tunnelbauprojekten sind in Skandinavien ebenfalls Nachträge möglich, im allgemeinen sind diese jedoch nicht sehr gerne gesehen. Das Nachtragsmanagement, so wie es in Mitteleuropa üblicherweise gehandhabt wird, ist nicht in diesem Ausmaß etabliert. Oft wird die Entscheidungsgewalt über gestellte Forderungen an die Gerichte abgegeben, was im skandinavischen Raum bei größeren Summe als übliche Vorgehensweise erachtet wird. In weiterer Folge werden auch Regierechnungen, schon ab kleinen Summen, als Mehrkostenforderungen behandelt. Der Aufwand für die Erstellung einer Abrechnung ist hingegen etwas geringer als beim Einheitspreisvertrag laut ÖNORM, da bis zu 70 % der LV-Menge ohne dokumentierte Aufmaßblätter abgerechnet werden darf. Es müssen jedoch vertraglich vereinbarte Formulare (z. B. Schichtprotokolle, Ankerprotokolle etc.) mit jeder Abschlagsrechnung abgegeben werden. Die detaillierten Mengenermittlungen sind erst mit der Endabrechnung abzugeben.

Bei einem konkreten maschinellen Tunnelbauprojekt in Skandinavien hat es zur Verbesserung des Arbeitsklimas ein anonymes Berichtswesen gegeben. Jeder Mitarbeiter kann die ihm aufgefallene Missstände über eine „Toolbox“ mitteilen, welche nach einer statistischen Auswertung zu zusätzlichen Schulungen und Aufklärung aller Arbeiter führen. Dieses System hat allerdings den Nachteil, dass die betreffenden Personen nicht sofort angesprochen werden, was beispielsweise bei Gefahr im Verzug durch das Nichttragen eines Helms negative Auswirkungen hat.

5.3.2 Expertenerfahrungen im amerikanischen Kulturkreis

Aus den Erfahrungen der befragten Experten geht hervor, dass sich der AG von maschinellen Tunnelbauprojekten in Nordamerika sehr gerne hinter seine Planer zurückzieht. Diese haben die Vorstellungen und Projektziele des AG zu verwirklichen, weshalb die Kommunikation hauptsächlich zwischen Planer und AN stattfindet. Im Streitfall kann jedoch der AG jederzeit eingreifen, was von den Planern oft als ein Zeichen für schlechte Arbeit verstanden wird. Aus diesem Grund muss sich das ausführende Unternehmen darauf einstellen, dass sich der Planer bei einem Eingreifen des AG sehr leicht angegriffen fühlt und versuchen sich für etwaige Abweichungen zu rechtfertigen.

Bezüglich der Arbeitskräfte auf der Baustelle muss man in Nordamerika (speziell in Kanada) beachten, dass das Personal grundsätzlich von der Gewerkschaft direkt zugeteilt wird. Das kann bei maschinellen Tunnelbauprojekten zu erheblichen Problemen führen, weil das benötigte Fachpersonal möglicherweise nicht zur Verfügung gestellt wird. Von der Gewerkschaft werden die Anzahl und Qualifikation der Arbeitskräfte für das Projekt festgelegt, was in weiterer Folge dazu führen kann, dass weniger oder mehr Personal vorhanden ist als benötigt wird. Dazu kommt, dass in den nordamerikanischen Ländern die Prioritäten der Arbeitseinstellung aller Projektbeteiligten anders gesetzt sind. Durch die strikte Einhaltung der Arbeitszeiten muss das ausführende Unternehmen für die Deckung der Spitzenzeiten mehr Personal einplanen und in ihrem Angebot berücksichtigen. Ebenfalls in der Kalkulation zu beachten, ist die Umsetzung einer durchgehenden Sicherheitsüberwachung der maschinellen Tunnelbaustelle, welche in Nordamerika laut Angaben der Interviewpartner üblich ist.

Ein weiterer Unterschied findet sich in der Verhandlung mit Subunternehmern. Nach eigener Erfahrung der befragten Experten werden zur Vermeidung von Preisverhandlungen die Preise der Subfirmen erst sehr knapp vor der Angebotsabgabe bekanntgegeben. Dies stellt für Bieter einen

wesentlichen Nachteil dar. Positiv wurde jedoch erwähnt, dass viele Unternehmen in Nordamerika die Grundsätze der Antidiskriminierung in ihre Firmenpolitik übernommen haben, wodurch der Umgang mit und zwischen den Mitarbeitern gefördert wird.

5.3.3 Expertenerfahrungen im arabischen Kulturkreis

Bei maschinellen Tunnelbauprojekten im arabischen Raum werden, laut den Erfahrungen der befragten Experten, häufig Projektbeteiligte aus anderen Ländern hinzugezogen, wodurch die generelle Projektkultur wesentlich geprägt wird. Durch den Einfluss von angloamerikanischen Projektpartnern, welche über gutes technisches Vorwissen verfügen, können beispielsweise professionelle Nachtragsverhandlungen geführt werden. Zusätzlich wird durch die ausländischen Beteiligten die Gesundheits- und Sicherheitsphilosophie der westlichen Länder in das Projekt mit eingebracht. Dies ist im arabischen Raum nicht selbstverständlich, da das Thema „Health and Safty“ einen anderen Stellenwert hat. Aus den Erfahrungen der Experten geht hervor, dass es in den Ländern des mittleren Ostens beispielsweise keine generellen Vorgaben gibt, die das Tragen von Sicherheitsschuhen vorschreiben. Aus diesem Grund gibt es heute noch Baustellen auf denen in Sandalen gearbeitet wird.

Aus den Antworten der befragten Experten kann man erkennen, dass die Verhandlung über Preise zum Alltag gehören. Im arabischen Raum wird der Vertrag nicht so strikt umgesetzt wie in den mitteleuropäischen Ländern, sondern oft eher als Leitfaden gesehen. Aus diesem Grund kann es dazu kommen, dass nachträglich über strittige Themen in den Vertragsunterlagen diskutiert und verhandelt wird. Dasselbe gilt für bereits von der örtlichen Bauaufsicht (ÖBA) genehmigte Nachträge, denn der Auftraggeber möchte unabhängig von den technischen Rahmenbedingungen immer noch einen Nachlass heraushandeln. Positiv für das ausführende Unternehmen ist hingegen, dass im arabischen Raum Zinsen als nicht ehrenwert angesehen werden, weshalb der Bauherr seine Rechnungen meist sehr pünktlich zahlt. Den gegenseitigen Gesichtsverlust gilt es unter allen Umständen zu vermeiden.

5.3.4 Expertenerfahrungen im spanischen Kulturkreis

Der wesentlichste Unterschied zwischen dem spanischen und dem mitteleuropäischen Kulturkreis liegt in der Angebotsbeurteilung. Im österreichische Vergabeverfahren spielt der Preis eine wichtige Rolle, weshalb der Billigstbieter oft an erster Stelle steht und der Preisdruck zwischen den Unternehmen hoch ist. In Spanien wird der billigste Bieter von vornherein ausgeschlossen, wodurch das gegenseitige Unterbieten der Preise minimiert werden soll. Zusätzlich wird durch dieses Vorgehen die Kommunikation zwischen den Vertragspartnern verbessert und eine gemeinschaftliche Zusammenarbeit gefördert. Mit Hilfe der höheren Preisbasis wird der finanzielle Druck des ausführenden Unternehmens geringer, weshalb sich die während der Bauzeit eingereichten Mehrkostenforderungen verringern. Diese Vorgehensweise im Vergabeverfahren wäre, laut Meinung der Experten, für zukünftige österreichische Projekte im maschinellen Tunnelbau wünschenswert.

5.4 Betrachtungsweise des ÖNORM-Modells bei den Projektbeteiligten

Das Vertrags- und Vergütungsmodell der *ÖNORM B 2203-2* versucht die Bedürfnisse des AN und AG zu vereinen. Der Grundgedanke der Norm ist einerseits eine faire und ausgeglichene Verteilung von Risiken und Chancen beider Vertragspartner im Bereich des maschinellen Tunnelbaus und andererseits sollen die Rechte und Pflichten keinen Beteiligen bevorzugen bzw.

benachteiligen. Anhand der durchgeführten Experteninterviews wird in diesem Abschnitt die Sichtweise der Projektbeteiligten über die Umsetzung des ÖNORM-Modells bei maschinellen Tunnelbauprojekten analysiert.

5.4.1 Verträge nach dem ÖNORM-Modell aus Sicht der Auftraggeber

Die befragten Experten der AG sind sich grundsätzlich darüber einig, dass das Vertrags- und Vergütungsmodell für den maschinellen Tunnelvortrieb laut *ÖNORM B 2203-2* ein gutes Modell darstellt, wenn das Bau-SOLL klar definiert werden kann. Aus Sicht der AG versucht die ÖNORM eine saubere und klare Risikosphärenverteilung zu schaffen, bei der die Kostenvergütung bei dem Vertragspartner belassen wird, der dafür verantwortlich ist. Demzufolge wird das Baugrundrisiko immer dem AG zugeschrieben, wobei die Baugrunderkundung laut der Experten umso wichtiger wird, je größer das Projekt ist.

Aus Sicht der AG bietet das ÖNORM-Modell durch die Verwendung eines Einheitspreisvertrags eine hohe Kostensicherheit für den AG. Die Trennung der Kosten in allgemeine Baustellenkosten (einmalige und zeitgebundene Baustellengemeinkosten) und Kosten der Leistungserbringung wird als positives Merkmal wahrgenommen. Vor allem die Vergütung der zeitgebundenen Kosten über leistungsabhängige Bauzeittabellen wird von den Experten als eine gute Lösung empfunden. Im Gegensatz dazu sehen die AG die Abrechnung über ein Metermodell laut *ÖNORM B 2203-2* bei maschinellen Tunnelvortrieben mit großem Durchmesser als Nachteil, weil jede Tunnelvortriebsmaschine ihren eigenen idealen Leistungsbereich hat und dieser mit zunehmendem Durchmesser kleiner wird. Auf Grund der größeren Ausbruchsfläche spielt die Homogenität des Gebirges eine wesentliche Rolle, weshalb die erzielbare Leistung umso stärker variiert, je größer die Maschine ist. Um diese Auswirkungen so gering wie möglich halten zu können, ist laut der befragten Experten eine gemeinsame Entwicklung des Maschinendesigns erforderlich. Dafür sollen nur die wichtigen Eckdaten der erforderlichen Vortriebsmaschine in den Ausschreibungsunterlagen bekanntgegeben und die detaillierte Ausarbeitung in weiterer Folge von beiden Vertragspartnern gemeinschaftlich erstellt werden. Mit Hilfe dieses Verfahrens sollen AG und AN gleichermaßen zur verwendeten Vortriebsmaschine stehen und somit spätere Diskussionen minimiert werden.

Alle Experten der AG wünschen sich trotz der durchaus guten Erfahrungen eine Verbesserung des Vertrags- und Vergütungsmodells laut *ÖNORM B 2203-2*. Als Vorschläge wurde öfters die zusätzliche Einführung eines Bonus/Malus-Systems mit einem vertraglich vereinbarten Zielpreis in Anlehnung an das Allianz-Modell erwähnt, wodurch der gemeinsame Projektgedanke, die Kommunikation und Kooperation zwischen den Vertragspartnern gefördert und die zusätzlichen Forderungen über Nachträge verringert werden sollen.

5.4.2 Sichtweise der Auftragnehmer bei Anwendung des ÖNORM-Modells

Aus Sicht der befragten AN stellt das grundlegende Vertrags- und Vergütungsmodell der *ÖNORM B 2203-2* ein sehr flexibles, ausgewogenes und faires Modell für die Abwicklung von maschinellen Tunnelbauprojekten dar. Die Experten haben allerdings angegeben, dass in einigen Verträge viele Änderungen zur ÖNORM enthalten sind, wodurch der Grundgedanke der Norm beeinträchtigt wird.

Die befragten Experten waren sich im allgemeinen darüber einig, dass die Aufteilung der Risiken zu den Sphären des AG und AN durch die Norm klar definiert wird. Der AG hat prinzipiell das Baugrundrisiko zu tragen, wobei immer öfter versucht wird, einen Teil auf den AN abzuwälzen. Zur Risikosphäre des AN zählen das Prozess- und Kalkulationsrisiko. Diese Aufteilung wird von den befragten AN als eine faire und bewehrte Lösung empfunden, bei der jeder Vertragspartner jenen Bereich übernimmt, den er beherrscht. Das in der ÖNORM

enthaltene Verfahren für Nachträge wird von den befragten Experten ebenfalls nicht kritisiert, jedoch lässt ihrer Meinung nach die Mitarbeit bei der Abwicklung der Nachträge von Seite des AG zu wünschen übrig. Leider wird eine Schadensminimierung des AN im Fall von Abweichungen nur selten gewürdigt und Nachträge nur sehr langsam bearbeitet.

Die Störungssensibilität des Vertragsmodells im Hinblick auf den baubetrieblichen Ablauf und die Kostenentwicklung bei unvorhersehbaren Ereignissen wird von allen befragten Experten als hoch bis sehr hoch (4–5 im Fragebogen) eingeschätzt. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die Tunnelvortriebsmaschine eine vordefinierte Ablaufkette darstellt, bei der alle Teilbereich zusammenhängen. Kommt es in einem Abschnitt der Maschine zu einer Störung (z. B. Meißelschaden, Förderbanddefekt etc.), steht der gesamte Ablauf still. Des Weiteren kann die Mannschaft des maschinellen Tunnelvortriebs auf Grund der Spezialisierungen nur selten während Stillstandszeiten für andere Arbeiten eingesetzt werden, wodurch die Kosten bestehen bleiben. Der Aufwand für die Abrechnung auf Basis des ÖNORM-Modells wird von den ausführenden Unternehmen sowohl mit als auch ohne unvorhersehbare Ereignisse sehr unterschiedlich wahrgenommen. Als Begründungen sehen sie einerseits die Anzahl der Positionen im Leistungsverzeichnis, denn je mehr Positionen enthalten sind, umso höher ist der Aufwand für die Mengenermittlung, und andererseits die schwierige Erstellung von Nachträgen und die Definition der Leistungsabweichung bei Mehrkostenforderungen.

Die Vorteile des Vertrags- und Vergütungsmodells nach der *ÖNORM B 2203-2* sehen die Experten der AN in der Flexibilität des Modells, welche durch eine klare Definition der Vortriebsklassen und deren Anpassung durch die tatsächlich angetroffenen Gebirgsverhältnisse gegeben ist. Durch die klare Beschreibung der Leistungen in den Ausschreibungsunterlagen im Sinne der Norm ist laut der AN ein fairer Wettbewerb und eine Vergleichbarkeit der Angebote gewährleistet. Die immer striktere Auslegung der Verträge wird von allen Experten als negative Entwicklung gesehen, da die eigentliche Ingenieurstätigkeit dadurch in den Hintergrund gedrängt wird. Ein Vertrag nach der *ÖNORM B 2203-2* kann laut der befragten Experten, bei richtiger Anwendung, die Vertragspartner bei der Projektabwicklung unterstützen. Die Nutzung der damit verbundenen Chancen bleibt allerdings den handelnden Parteien überlassen.

5.4.3 Erfahrungen von unabhängigen Sachverständigen und Gutachtern mit dem ÖNORM-Modell

Die allgemeine Meinung der unabhängigen Sachverständigen und Gutachter zur Umsetzung der *ÖNORM B 2203-2* bei maschinellen Tunnelbauprojekten ist durchaus positiv. Das Vertrags- und Vergütungsmodell wird als eine faire und ausgewogene Möglichkeit zur Vertragsgestaltung angesehen. Laut Meinung der befragten Experten sind die Risiken im wesentlichen jener Sphäre zugeordnet, die besser damit umgehen kann, wodurch das Ziel einer ausgeglichenen Risiken- und Chancenverteilung erfüllt wird.

Durch die Verwendung einer flexiblen Vortriebsklassenmatrix, wie sie für den Vortrieb mittels TBM-O und TBM-A in der ÖNORM beschrieben wird, kann auf Änderungen im Vergleich zu den ausgeschriebenen Projektbedingungen effizient reagiert werden. Somit sind unvorhergesehene Ereignisse mit dem ÖNORM-Modell in hohem Maße beherrschbar, ohne aus dem Vertrag auszubrechen, weshalb die Störungssensibilität im Bezug auf die Weiterführung der Verträge und den baubetrieblichen Ablauf auf der Baustelle sehr niedrig bis niedrig (1–2 im Fragebogen) eingeschätzt wird. Der Aufwand für die Erstellung der Abrechnung, bei planmäßiger Ausführung und Abweichungen durch unvorhersehbare Ereignisse, wird von den Experten mit durchschnittlich bewertet. Dies ist auf der Vergütung mittels Positionen begründet, bei der jedes Monat eine Mengenermittlung erstellt werden muss. Diese Vergütungsmethode, inklusive der Bauzeittabellen, gilt allgemein als faires System für beide Vertragspartner.

Anhand der Antworten der befragten Experten lässt sich erkennen, dass die Fortsetzung der Vortriebsarbeit bis hin zur Fertigstellung des Projektes, trotz Unstimmigkeiten zwischen den Projektpartnern, als sehr positiv wahrgenommen wird, wohingegen die stellenweise zu wenig konkretisierte Formulierung der *ÖNORM B 2203-2* von den unabhängigen Sachverständigen und Gutachtern negativ gesehen wird. Dadurch schafft die Norm eine Möglichkeit für unterschiedliche Auslegungen und Interpretationen, was in weiterer Folge bei der Ausführung zu Unstimmigkeiten zwischen den Vertragspartnern führen kann. Ebenfalls erwähnt wurde der relativ hohe Aufwand für die Erstellung von Ausschreibungsunterlagen und Angeboten, jedoch gab es von Seiten der Experten keine konkreten Verbesserungsvorschläge.

5.5 Zusammenfassende vergleichende Analyse der normenbasierten Vertragsmodelle im DACH-Raum

Auf Grund der Literaturrecherche und der durchgeführten Experteninterviews hat sich herausgestellt, dass unter den betrachteten Vertrags- und Vergütungsmodellen derzeit die Normen des DACH-Raums die einzigen Bestimmungen besitzen, die speziell auf den Tunnelbau ausgelegt sind. Die international angewendeten Verträge enthalten ausschließlich Vertragsbestimmungen für den allgemeinen Bereich des Bauwesens. Deswegen und wegen der räumlichen Nähe werden die normenbasierten Modelle nochmals in ihren wesentlichen Standpunkten verglichen. Tab. 5.1 zeigt einen Vergleich der *ÖNORM B 2203-2*, *DIN 18312* und *SIA 118/198*. Sie stellt eine Zusammenfassung aus den vorangegangenen Kapiteln dieser Diplomarbeit dar.

In der vergleichenden Tabelle ist zunächst ersichtlich, dass Österreich als einziges deutschsprachiges Land eine eigenständige Norm für den maschinellen Tunnelbau besitzt. In Deutschland und der Schweiz hingegen, sind die Bestimmungen für den maschinellen und zyklischen Vortrieb jeweils in einer Norm zusammengefasst. Des Weiteren sind die Zuständigkeiten der Projektpartner (AG oder AN) in ausgewählten Aufgabenbereichen dargestellt. Zu erkennen ist in dieser Tabelle, dass alle drei deutschsprachigen Normen eine Ausschreibung mittels Vortriebsklassen vorsehen, jedoch unterscheiden sich diese wesentlich in den jeweiligen Ermittlungsparametern. Ein zusätzliches Alleinstellungsmerkmal der *ÖNORM B 2203-2* stellen die Bauzeittabellen für die Vergütung der zeitgebundenen Kosten dar, bei denen die vom AN angebotenen Vortriebsleistungen je Vortriebsklasse eine wesentliche Rolle spielen. Schlussendlich geht aus der Tabelle hervor, dass alle drei Normen des DACH-Raums die selben Ansichten zur Risikosphärenteilung zwischen den Vertragspartnern teilen, wonach beispielsweise das Baugrundrisiko in der Sphäre des AG liegt. Besonders ist allerdings, dass nur die Schweizer Norm ein eigenes Kapitel zur Risikosphärentrennung in der tunnelbauspezifischen Norm besitzt.

Tab. 5.1: Vergleich der normenbasierten Vertrags- und Vergütungmodelle im DACH-Raum

	ÖNORM	DIN	SIA
eigenständige Norm für den maschinellen Tunnelbau	ÖNORM B 2203-2	—	—
Gültigkeit der Norm durch	Vertrag	Vertrag	Vertrag
Sicherheit und Gesundheitsschutz	AG	AN	AN
Baugrunderkundung	AG	AG	AG
Gliederung des Gebirges	GVT	Homogen-bereiche	Homogen-bereiche
Technische Mindestanforderungen des Vortriebssystems	AG	—	AG
Vortriebsklassenermittlung bei TBM-Vortrieb	Stützmittelzahl	Vortriebs-behinderung	Sicherungs- u. Bohrklasse
Vortriebsklassenermittlung bei SM-Vortrieb	Vortriebs-verfahren	Stützung	Schildtyp u. Abbauklasse
Vergütung der zeitgebundenen Kosten der Baustelle	Bauzeittabellen	IST-Kalendertage	IST-Kalendertage
Mengenermittlung für Abrechnung	theoretisches Planmaß	theoretisches Planmaß	theoretisches Planmaß
Berücksichtigung von Wassererschwernissen	Abminderungs-faktoren	besondere Leistungen	Reduktions-faktoren
Einteilung der Risikosphären	—	—	Kapitel 8.7
Baugrundrisiko	AG	AG	AG
Kalkulationsrisiko	AN	AN	AN
Prozessrisiko	AN	AN	AN

Kapitel 6

Digitales Datenmanagement im maschinellen Tunnelvortrieb

Die Digitalisierung weist in den letzten Jahren einen rasanten Vormarsch in allen Lebenslagen auf und jeder Mensch steht heutzutage im ständigen digitalen Austausch mit anderen. Auch in der Projektabwicklung einer maschinellen Tunnelbaustelle wird die Digitalisierung immer wichtiger. Im Bereich des Hochbaus erfolgt mit Hilfe des Building Information Modelling (BIM) schon ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zu einer gemeinschaftlichen digitalen Planung und Abwicklung von Projekten. Im Bereich des maschinellen Tunnelbaus gibt es noch keine ganzheitlichen Modelle dieser Art. Grundsätzlich sollten digitale Datenmanagementsystem dazu dienen, das operative Baustellenpersonal zu unterstützen und ihm mehr Zeit zu geben, sich mit den wesentlichen Aufgaben der täglichen Baustellenabwicklung auseinander zu setzen. Dafür ist es unter anderem wesentlich, herauszufinden, welche Daten digital erfasst werden können und welche Schritte diese im Weiteren durchlaufen müssen, damit man schlussendlich nicht von der Flut an Daten überrollt wird.

Ein konkretes Tunnelbauprojekt mit maschinellem Vortrieb in Österreich dient der Analyse. Auf Grund der nachfolgend beschriebenen Methodik und des Datenschutzes verzichtet diese Arbeit auf eine nähere Erläuterung des Projekte. Der Datenfluss auf der Tunnelbaustelle wurde mit Hilfe von Interviews der verschiedenen Projektbeteiligten vor Ort analysiert und zusammengestellt. Als Interviewpartner stellten sich unter anderem Maschinentechniker, Vortriebsbauleiter und Abrechnungstechniker zur Verfügung. Als Leitfaden für die Interviews kamen die nachfolgenden Fragen zur Anwendung:

1. Welche Daten werden von der am Beispielprojekt verwendeten TBM aufgezeichnet?
2. Welche Daten werden von der TBM gespeichert?
3. Welche Datenformate kommen zum Einsatz?
4. Wo werden die TBM-Daten gespeichert und wer hat darauf Zugriff?
5. Wie werden die Daten weitergegeben? (z. B. Glasfaser, W-Lan, ...)
6. Was wird tatsächlich von diesem aufgezeichneten Datenmaterial standardmäßig verwendet und wofür? (z. B. Abrechnung, Geologie, Dokumentation, ...)
7. Werden zusätzliche Daten (nicht von der TBM direkt) verwendet? Woher stammen diese Daten?
8. Wie hoch ist der Aufwand der Aufarbeitung für die weitere Nutzung?
9. Wem werden welche Daten weitergeleitet? (z. B. Projektleitung, Bauherr, Örtliche Bauaufsicht, ...)

10. Wer ist für die Daten verantwortlich und wem gehören sie? Gibt es dazu vertragliche Regelungen?

6.1 Digital erfasste Daten anhand eines konkreten Tunnelbauprojektes

Viele Daten einer Tunnelbohrmaschine können mit Hilfe der heutigen Technik laufend digital erfasst werden. Für die Auswahl der zu erfassenden Informationen gibt es entweder Vorgaben vom AG oder von den Maschinentechnikern des AN, welche an den Hersteller der Maschine als Anforderungen weitergeleitet werden. Dieser hat dafür zu sorgen, dass die entsprechenden Sensoren für die Erfassung der digitalen Daten in der zu liefernden TBM eingebaut werden und die Datenübertragung innerhalb der Maschine reibungslos funktioniert. Zusätzlich müssen natürlich alle technischen und baubetrieblichen Anforderungen, welche an die Maschine gestellt wurden, vom Maschinenhersteller beim Bau der Tunnelvortriebsmaschine berücksichtigt werden.

6.1.1 Anforderungen an die digitale Datenerfassung

Im Falle des ausgewählten Tunnelbauprojekts legte der AG vertraglich fest, welche Daten von der Vortriebsmaschine zu erfassen sind. Die Aufzeichnung der gewünschten Prozessdaten hat während des Maschinenvortriebs und der Schildfahrt nach Vorgabe des Bauherrn permanent, automatisch und lückenlos zu erfolgen, wobei der Begriff permanent noch genauer erläutert werden muss. Grundsätzlich können die Sensoren ständig Daten auslesen, jedoch haben sich AG und AN darauf geeinigt, dass die Übertragung eines kompletten Datensatzes an den TBM-internen Server auf ein 10-Sekundenintervall beschränkt wird. Die vertraglich vom AG geforderten Messungen betreffen unter anderem die nachfolgenden Parameter. Diese Auflistung stellt keine standardisierten Mindestanforderungen sondern lediglich die vertraglichen Vorgaben des AG dar:

- Messungen am Bohrkopf
  - Anpressdurck und -kraft
  - Drehzahl, Drehrichtung und Drehmoment
  - Stromaufnahme
  - Wegmessung und Druck der Bohrkopfverschiebung
  - Kippmomente M_x, M_y und gesamt
  - Hebelarm h_x, h_y
  - Penetration
  - Überschnittmaß
  - Verkippung
  - Verschleißschutz und -erkennung
  - Druck der Stabilisatoren
- Leistungsaufnahme der Brecheranlage
- Messungen an den Vortriebspressen
  - Hydraulikdruck der Vortriebspressen [bar, kN]
    - Gesamtvortriebspressenkraft

        - Vortriebspressengruppen
    - Hydraulikdruck der Gripper
    - Pressenvorläufe
    - Pressenverkippung
- Messungen bei der Ringspaltverfüllung
    - Mengen und Druckaufzeichnung des Verfüllmaterials
    - Soll/Ist-Vergleich
- Ist-Abfördervolumen des Matrialtransportes
- Arbeitszeit des Erektors
- Luftmaß zwischen Schildschwanz und Tübbingaußenkante
- Schleppkraft des Nachläufers
- Temperatur- und Drucküberwachung der Hydraulikölsysteme
- Gasmessungen
- Durchfluss der Bedüsung zur Staubminderung an der Ortsbrust
- Messungen an der Schaumanlage
    - Durchfluss des Wassers in der Pumpe
    - Schaummenge
    - Menge der Tenside
- Messungen der Steuerung und der Vermessung
    - Ringnummer und -typ
    - Station des Bohrkopfes
    - Verrollung
    - Neigung
    - Horizontale und vertikale Ablagewerte vorne und hinten
    - Achsradien
    - Schildfahrttendenzen mit voraussichtlichen horizontalen und vertikalen Abweichungen
- Vortriebsmodus
- Netto-Bohrzeit
- Vortriebsgeschwindigkeit
- Stillstandszeiten und -ursachen (Störmeldungen)

Zusätzlich zu den vertraglich bestimmten Mindestanforderungen des AG an die digitale Datenerfassung der Tunnelbohrmaschine kann auch der AN seine Ansprüche an die Messsensoren der Maschine stellen. Das ausführende Unternehmen hat dabei darauf zu achten, dass es alle notwendigen Daten für den von ihm geplanten Bauablauf erhält. Dementsprechend müssen alle zusätzlich benötigten technischen, baubetrieblichen und projektspezifischen Anforderungen klar ausgearbeitet und an den Maschinenhersteller zur Planung der TBM übermittelt werden.

6.1.2 Einbau des Datenerfassungssystems durch den TBM-Hersteller

Durch die zuvor beschriebenen Anforderungen von Seiten des Bauherrn und Auftragnehmer, sind die Vorgaben an das Datenerfassungssystem definiert. Der Hersteller der Tunnelbohrmaschine hat die, zur Erfassung notwendigen, Sensoren in die Maschine zu integrieren. Die dabei zur Anwendung kommenden Messmethoden können beispielsweise Laserscanning, Inklinometer-Neigungsmessung[92], Druck-, Weg-, Temperatur-, Stromaufnahme- oder Hydraulikdruckmessung sein. Wichtig ist, dass die Kommunikation der einzelnen Messeinheiten mit der anschließenden Datenverarbeitung durch den Hersteller sichergestellt wird. Schlussendlich sollen die in der Maschine verbauten Messsensoren die Ergebnisse, welche zu einem Datensatz zusammengefügt werden, alle 10 Sekunden an die Steuer- und Regeltechnik der Tunnelbohrmaschine weitergeben. Diese Datensätze befinden sind für niemanden direkt ersichtlich im Hintergrund und werden erst durch die Weiterleitung für die verschiedenen Stellen der Tunnelbaustelle nutzbar aufbereitet.

6.2 Ergänzende analoge Datenerfassung

Auf einer digitalen Tunnelbaustelle müssen derzeit noch viele Informationen mittels Protokollen in Papierform ausgetauscht und festgehalten werden. Die Notwendigkeit von Papier ist einerseits daher gegeben, dass die Protokolle von verschiedenen Instanzen auf der Baustelle zur Bestätigung unterzeichnet werden müssen und andererseits, weil die Datenübertragung untertage nicht immer fehlerfrei sichergestellt werden kann. In vielen Fällen wird die Papierform gewählt, weil diese leichter mitzuführen ist und auf Grund der Erfahrung auf die Ansprüche des Anwenders angepasst sind. Die meistens vorgefertigten Protokolle können relativ schnell vom Maschinenfahrer oder Schichtleiter ausgefüllt werden und sparen somit Zeit. Die folgende Auflistung bietet einen Überblick über die benötigten, händisch ausgefüllten Protokolle und stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

- Zyklusdiagramm/Schichtbericht: Wird vom Maschinenfahrer ausgefüllt und gibt in einem Intervall von fünf Minuten die Maschinenereignisse wieder. Diese können beispielsweise Vortrieb, Hub oder Unterbrechung wegen Bandschaden, Metalldetektoransprache, Verbruch etc. sein.
- Feldaufnahmeblatt: Enthält alle sonstigen Vorkommnisse während des Vortriebs und wird am Ende der Schicht vom Schichtführer an den Bauführer zur Kontrolle übergeben.
- Personalstandsliste: Dient zur Dokumentation des anwesenden Personals pro Schicht und deren geleisteten Stunden.
- Ortsbrustaufnahme: Wird von den Geologen bei der Besichtigung der Ortsbrust vor Ort erstellt. Enthält alle ersichtlichen Informationen über das anstehende und durch die Geologenfenster[93] ersichtliche Gestein.
- Einvernehmlicher baugeologischer Befund: Wird von den Geologen des AN und AG bei gemeinsamen Besichtigungen erstellt und gibt die dabei angetroffenen Gesteinsverhältnisse wieder.
- Ingenieurgeologischer Befund: Beinhaltet alle wesentlichen Fotos und Beschreibungen der angetroffenen Verhältnisse bei einer Begehung vor Ort. Dabei können sowohl die Ortsbrust als auch Seitenwände oder Querschläge von den Geologen des AN besichtigt werden.

[92] Vgl. [9] GEODATA Group

[93] Der Begriff „Geologenfenster“ bezeichnet eine, vom Inneren der Vortriebsmaschine aus, zu öffnende Klappe im Bohrkopf oder Schildmantel, durch die Geologen einen Blick auf das anstehende Gebirge werfen können.

- Sondierbohrungsbericht: Dokumentiert die Art des Bohrverfahrens, Länge, Durchmesser, Einbauten und benötigtes Bohrwerkzeug, sowie alle Vorkommnisse während der Arbeiten. Kann teilweise über eine eigene Software erfasst und im Anschluss händisch in eine tunnelbautechnische Softwarelösung übertragen werden.
- Ausbaufestlegung: Wird in Abstimmung zwischen der örtlichen Bauaufsicht (ÖBA), AN und den Geologen beider Seiten festgelegt. Darin sind alle wichtigen Tübbingdaten wie Typ, Ringspaltverfüllung und Verschraubung definiert.
- Rissprotokoll: Dient zur Dokumentation von aufgetretenen Rissen und zur späteren Beurteilung deren Entwicklung. Es werden Ort, Länge, Breite, Datum der ersten Aufnahme sowie weitere Begutachtungen festgehalten.
- Meißelwechselprotokoll: Dokumentiert, welche Meißel wann und weshalb gewechselt wurden, und wird für die Planung der Wartungsarbeiten herangezogen.
- Wassermessprotokoll (hinter der Vortriebsmaschine): Beinhaltet die Menge der tatsächlich angetroffenen Bergwasserspende am Ende der TBM bei der täglichen Begehung.
- Probennahmeprotokoll bei Kernbohrungen: Wird bei der Probennahme erstellt, um die Art des Entnahmeverfahrens und die eventuellen Vorkommnisse festzuhalten.
- Vermessungsprotokoll: Erstellt die Vermessungsfirma als Dokumentation der durchgeführten Messungen und benutzten Fixpunkte sowie der dabei festgestellten Ergebnisse.
- Verlegebericht Tübbinge: Wird beim Einbau der Tübbinge ausgefüllt und hält Nummer, Typ, Einbauort, Ringspaltverfüllung und zugehörige Ringnummer fest.

6.3 Weitergabe und Verarbeitung der aufgezeichneten Daten

Die direkt von der Tunnelbohrmaschine digital erfassten Messdaten werden über unterschiedliche Schnittstellen für die verschiedenen Teilbereiche der Tunnelbaustelle zugänglich gemacht. Nicht jeder Zuständigkeitsbereich kann die Maschinendaten direkt nutzen. Zum Teil müssen zusätzliche Daten aus anderen Bereichen digital verknüpft und in manchen Fällen noch händisch aufgezeichnete Protokolle eingearbeitet werden.

6.3.1 Tunnelbohrmaschine und Vortrieb

In erster Linie werden die digitalen Maschinendaten an den Führerstand der Tunnelbohrmaschine weitergegeben. Dort werden die aktuellen Messdaten mit Hilfe einer Animation für den TBM-Fahrer dargestellt. Dieser kann über die aktuellen Messungen und deren Messort auf das Verhalten der Maschine im Zusammenhang mit den angetroffenen Gebirgsverhältnissen schließen. Die so aufbereiteten Daten werden mittels vorprogrammierten internen Programmen elektronisch überwacht und zeigen eine Überschreitung der Grenzwerte automatisch über Warnsignale im Maschinenstand an. Dadurch kann der Fahrer in die Steuerung der Tunnelbohrmaschine eingreifen und etwaige Gegenmaßnahmen zur Vermeidung von Problemen einleiten.

6.3.2 Datenmanagementsoftware – IRIS.tunnel

Eine häufig genutzte Datenmanagementsoftware ist IRIS.tunnel[94]. Diese Software wurde von der Firma ITC Engineering als innovative IT-Lösung für Tunnelbaustellen entwickelt und kann für

[94]Vgl. [14] ITC Engineering Gmbh & Co. KG

jedes Projekt, auf die erforderlichen Bedürfnisse angepasst, erworben werden. Sie soll durch ein einheitliches Datenmanagement und unterschiedliche Analysewerkzeuge den Baustellenalltag und Datenaustausch erleichtern. Die in der Steuer- und Regeltechnik erfassten Datensätze werden vom Maschinenhersteller über eine Glasfaserleitung einerseits direkt auf den Server der Baustelle und andererseits als csv-Datei[95] an den externen Server der Datenmanagementsoftware IRIS.tunnel übertragen. Die automatisch übermittelten TBM-Daten können von den jeweils zuständigen Personen der Baustelle eingesehen und müssen zum Teil für die weitere Nutzung noch bearbeitet werden. Für den Bauherrn filtert die Software die Maschinendaten und stellt ihm eine eigene csv-Datei mit den geforderten Informationen zum Download bereit.

Für die Überwachung der Förderbänder und Brecheranlagen innerhalb der TBM befinden sich an einigen Stellen eingebaute Kameras. Die erfassten Bilder werden ebenfalls an die Datenmanagementsoftware übertragen und können dort mit den Daten der Messsensoren verknüpft werden. Weitere Daten, die automatisch in IRIS eingespeist werden können, sind beispielsweise die Lagerbestände der Tübbingproduktion. Diese Informationen sind über das Tübbingverwaltungswerkzeug der Software für die Bauleitung und die Poliere der Baustelle abrufbar. Genauere Informationen zu deren Nutzung sind in Abschnitt 6.4.4 nachzulesen.

Die genaue Lage der Tunnelbohrmaschine wird über ein modulares Hard- und Softwaresystem der Firma GeoDATA[96] und die Messdaten der Vermessungsfirma bestimmt. Durch die, in der TBM verbaute, Totalstation und zwei Zielmarken kann die aktuelle Maschinenposition kontinuierlich erfasst und per Bluetooth an die Steuereinheit übertragen werden. Zusätzlich können modular weitere Komponenten für ein genaueres Messergebnis in das System eingebunden werden. Die Verortung des Bohrkopfes erfolgt über die Tunnelkilometrierung und wird von der GeoDATA-Software automatisch an IRIS.tunnel übermittelt. Die Protokolle der, von der Vermessungsfirma durchgeführten Hauptmessungen, werden ebenfalls in die Software übertragen. Dies erfolgt allerdings nicht voll automatisiert.

6.3.3 Bearbeitung der Maschinendaten durch die Bauleitung

Einen wesentlichen Punkt in der Datenverarbeitung stellt die händische Detaillierung der Vortriebsdaten durch die Bauleitung dar. IRIS.tunnel erhält von der TBM lediglich Angaben, ob sich die Maschine gerade im Vortrieb, Hub oder Stillstand befindet. Bei letzterem gibt es eine Vielzahl von Gründen, weshalb diese Zeiten nochmals genauer unterteilt werden müssen. In den vorgefertigten Schichtprotokollen des Maschinenfahrers sind zahlreiche Fehlercodes für Stillstandszeiten enthalten. Diese können beispielsweise Ringausbau, Sohlsteinversetzen, Bandverlängerungen, Metalldetektorabsprachen, Defekte, Vermessungen und Wartungen sein. Der TBM-Fahrer muss für jeden 5-minütigen Zeitblock eine Zuteilung treffen und diese händisch festhalten. Die Schichtbauleiter übertragen schließlich diese Einteilung in die Datenmanagementsoftware und können somit die Stillstandszeiten den Fehlercodes zuordnen. Dadurch ist eine wesentlich genauere Auswertung für die weitere Nutzung möglich.

Des Weiteren überarbeitet die Bauleitung eventuell fehlerhafte digitale Protokolle oder trägt händisch Berichte nach, die nicht digital übermittelt werden konnten. Dies kann beispielsweise bei den automatischen Tübbingverlegeberichten des Erektors notwendig sein. Die benötigten Daten können im Nachhinein aus den händischen Protokollen entnommen und in der Datenmanagementsoftware nachgetragen werden.

[95] CSV steht für „Comma-separated values“ (auf Deutsch „Kommagetrennte Werte“) und beschreibt ein Dateiformat, dass zum Austausch strukturierter und durch ein Komma getrennte Werte verwendet wird.

[96] Vgl. [10] GEODATA Group – Leoben Head Office

6.4 Nutzung der generierten Daten im Baustellenalltag

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die erhaltenen Daten der Maschine im Baustellenalltag genutzt werden können. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich um Dokumentations- und Informationszwecke oder eine direkte Nutzung für die Abwicklung der Baustelle handelt. Die jeweilige Verwendung wurde auf Basis der unterschiedlichen Zuständigkeitsbereiche unterteilt.

6.4.1 Auftraggeber

Der Bauherr und dessen Vertreter auf der Baustelle erhalten täglich eine gefilterte csv-Datei mit allen von ihm vertraglich geforderten Messdaten der Vortriebmaschine. Diese kann er anschließend jederzeit aus IRIS.tunnel herunterladen. Zusätzlich erhält er geologische Protokolle über die angetroffenen Verhältnisse. Die örtliche Bauaufsicht (ÖBA) erstellt mit diesen Daten monatliche Berichte über die Fortschritte der Baustelle und etwaige Vorkommnisse, welche zur Information und Dokumentation an AG und AN verschickt werden.

6.4.2 Bauleitung und Maschinentechniker

Da die Arbeiten einer Tunnelbaustelle zumeist in mehreren Schichten vorgenommen werden, gibt es auch in der Bauleitung für jede Schicht einen eigenen Schichtbauleiter. Diese erarbeiten gemeinsam die geologisch geotechnischen Monatsberichte, welche die Verknüpfung der Vorkommnisse des Vortriebs mit den digital erfassten Maschinendaten und den geologischen Berichten darstellen und chronologisch aufarbeiten. Der fertige Monatsbericht wird schließlich zur Dokumentation an AG und die Projektleitung des AN übermittelt.

Über die Datenmanagementsoftware IRIS.tunnel generieren sowohl die Bauleitung als auch die Maschinentechniker individuelle Berichte für unterschiedliche Analysen. Dabei können alle Maschinendaten, die digital erfasst oder bereits händisch nachbearbeitet wurden, für einen gewünschten Zeitraum ausgewählt werden. Mehrere Berichtstools bieten Varianten zur Aufbereitung dieser Daten in Form von Tabellen, Diagramme oder vorgefertigten Berichtsvorlagen an, welche anschließend exportiert werden. Auf diese Weise können beispielsweise die Schichtdaten der letzten Wochen oder Monate zusammengestellt werden, um daraus eventuelle Optimierungsmaßnahmen abzuleiten. Eine weitere Möglichkeit bietet die Stillstandsauswertung, bei der alle Stillstandszeiten im ausgewählten Zeitraum getrennt nach den eingetragenen Codes (z. B. 401 Tübbingring verkiesen, 601 Förderbandverlängerung, 712 Vermessung etc.) dargestellt werden. Daraus lassen sich Wochen- oder Monatsberichte zur Dokumentation und als Basis für die Ausarbeitung von Verbesserungen erstellen.

Die Maschinentechniker sind mit den individuellen Auswertungsmöglichkeiten der gemessenen Daten in der Lage ihre eigenen Diagramme zu erstellen. Für viele Analysen sind zweidimensionale Linien-Diagramme von Vorteil. Dabei können bis zu vier unterschiedliche Datensätze, wie beispielsweise Penetration, Bohrkopfdrehzahl, Vorschubkraft und Weg des Teleskopzylinders, über die Zeit oder den Tunnelkilometer dargestellt werden. Somit sind Rückschlüsse auf den momentanen Zustand der TBM und deren Zusammenwirken mit dem angetroffenen Gebirge möglich.

Durch die Verknüpfung der digitalen Maschinendaten und der übermittelten Kamerabilder können die Bauleiter und Maschinentechniker auffällige Ereignisse genauer untersuchen. So ist beispielsweise eine erhöhte Stromaufnahme der Brecheranlage eventuell auf eine große Blockigkeit des Ausbruchsmaterials zurückzuführen. Um diese Annahme zu überprüfen, erfolgt eine nachträgliche Betrachtung der Förderbandbilder zum besagten Zeitpunkt. Damit werden außergewöhnliche Ereignisse dokumentiert und als Basis für spätere Besprechungen genutzt.

6.4.3 Abrechnung

Die Abrechnung der Tunnelbaustelle erfolgt nach dem österreichischen Normenmodell, welches prinzipiell eine Vergütung über die Positionen des vertraglich vereinbarten Leistungsverzeichnisses und für die zeitgebundenen Kosten über Bauzeittabellen vorsieht. Die Abrechnungsabteilung der Tunnelbaustelle muss daher zunächst feststellen, wieviele Tunnelmeter in der letzten Abrechnungsperiode aufgefahren werden konnten und welchen Vortriebsklassen diese zugeordnet sind. Die Menge der zurückgelegten Tunnelmeter berechnet der Abrechnungstechniker anhand der händischen oder digitalen Zyklusdiagramme. Die genaue Zuteilung zu den Vortriebsklassen kann allerdings erst einige Zeit später erfolgen, da die während des Vortriebs entnommenen Gesteinsproben in einem externen Labor geprüft werden müssen. Dieser Vorgang dauert zum Teil bis zu einem halben Jahr. Mit Hilfe der ermittelten UCS[97]- und CAI[98]-Werte werden die aufgefahrenen Tunnelmeter in einer späteren Abrechnungsperiode den genauen Vortriebsklassen zugeordnet und richtig gestellt. Die Mengenermittlung wird dabei in einer Excel-Tabelle festgehalten.

Durch die Vortriebsklassen werden gleichzeitig die jeweils zu vergütenden Vortriebszeiten in die Bauzeittabellen aufgenommen, welche ebenfalls händisch als Excel-Tabelle geführt werden. Alle vertraglich vereinbarten Leistungen und Zusatzzeiten müssen daher händisch übertragen und weitergeführt werden. Mit Hilfe der täglichen Wassermessungen, welche in Papierform dokumentiert sind, können zusätzlich die Zeiten für Wassererschwernisse in die Bauzeittabellen aufgenommen werden. Zu beachten ist, dass Wartungsarbeiten nicht als Sonder- oder Zusatzzeiten vergütet werden können, da diese in den angebotenen Vortriebszeiten einzurechnen sind. Lediglich von der ÖBA zugesprochene Vortriebsunterbrechungen – diese können beispielsweise für Vermessungsarbeiten notwendig sein – dürfen als gesonderte Zeiten in die Bauzeittabellen aufgenommen werden.

Die Abrechnung der eingebauten Tübbinge kann entweder über die händischen Verlegeberichte oder die in IRIS.tunnel digital erfassten Verlegeprotokolle erfolgen. Für die Mengenermittlung werden der Tübbingtyp, die Anzahl und der Einbauort (Tunnelmeter) benötigt. Die benötigte Hinterfüllung wird über die digital erfassten Pumpendaten ermittelt. Die gemessenen Mengen werden je Ringnummer in einer csv-Datei ausgelesen und fließen somit in die Abrechnung ein. Mittels der Ringnummer erfolgt über die Ausbaufestlegungen eine Zuteilung zu den entsprechenden Vortriebsklassen, Querschlägen oder Sonderabrechnungsbereichen erfolgen.

Mit Hilfe des in der Software IRIS.tunnel vorhandenen Meißeltools ist der Meißelverbrauch zu jedem Zeitpunkt für die Projektbeteiligten nachvollziehbar. In der Abrechnung kommen jedoch in den meisten Fällen noch die Meißelwechselprotokolle in Papierform zur Anwendung, da die fehlerfreie Übermittlung nicht immer sichergestellt werden kann. Da die Meißel in den Einheitspreisen des Vortriebs eingerechnet sind, werden die ermittelten Massen in weiterer Folge an die interne Kalkulation und das Controlling weitergeleitet.

Für die Mengenermittlung der restlichen Positionen werden hauptsächlich die unterschiedlichen händischen Protokolle verwendet. So wird beispielsweise die verrechenbare eingebaute Messausrüstung aus den Vermessungsprotokollen entnommen. Des weiteren ermittelt der Abrechnungstechniker über die Bohrprotokolle die Bohrmeter und das benötigte Werkzeug zur Eintragung in die Abrechnung. Jene Vorkommnisse während des Vortriebes, welche mittels Feldaufnahmeblättern dokumentiert wurden, können erst nach der vertraglichen Anerkennung durch den Bauherrn und die ÖBA in die Abrechnung beziehungsweise Bauzeittabellen übernommen werden.

[97] Uniaxial Compressive Strenght (UCS): Wert für die einaxiale Gesteinsdruckfestigkeit [MPa]
[98] Cerchar Abrasivitäts Index (CAI): wesentliche Einflussgröße auf den Verschleiß von Werkzeugen [–]

Nach Fertigstellung der in Excel erfassten Abrechnungsmengen werden diese den jeweiligen Positionen in der Abrechnungssoftware iTWO[99] zugeordnet und somit die Teilrechnung erstellt. Diese wird an die ÖBA zur Kontrolle und Abstimmung versendet, bevor sie schließlich an den Bauherrn und die kaufmännische Leitung übermittelt wird. Sollten keine Positionen oder Abrechnungsregeln vorhanden sein, so wird in den meisten Fällen eine Forderung vom ausführenden Unternehmen erstellt, über die in weiterer Folge mit dem Bauherrn verhandelt werden muss.

6.4.4 Tübbingverwaltung

Die Lagerbestände der Tübbingproduktion können in die Datenmanagementsoftware IRIS.tunnel eingetragen werden. Dafür wird jedem Tübbing eine eigene Identifikationsnummer und ein Barcode zugewiesen, mit deren Hilfe Informationen über die Produktion und den genauen Lagerort ausgelesen werden können. Der diensthabende Polier kann über das Tübbingverwaltungswerkzeug der Software jederzeit den vorhandenen Lagerbestand getrennt nach Tübbingtyp einsehen und jene erforderlichen Steine bestellen, welche in der Ausbaufestlegung definiert sind.

Die angeforderten Tübbingsteine werden bei der nächsten Lieferung an die Tunneltransporteinheiten übergeben und zum Ende des Nachläufers der TBM befördert. Mit Hilfe des Barcodes kann der Erektor nach dem Versetzen die genaue Position des Tübbings speichern. Diese wird automatisch an IRIS.tunnel für das Ringbauprotokoll übertragen. Zusätzlich wird die Identifikationsnummer in einem händischen Tübbingverlegebericht inklusive Typ, Datum, Ringnummer, Schalsatz, Stellung, Verkiesung, Vermörtelung und benötigte Pumpenstunden festgehalten. Bei einem Ausfall der automatischen Übertragung können so die Daten händisch im Baubüro nachgetragen werden.

Die Ausbaufestlegungen und die dazugehörigen Ringbauprotokolle werden schließlich an die Abrechnung übergeben und zur Dokumentation sowohl in IRIS.tunnel als auch analog in Ordnern auf der Baustelle abgelegt. Sollten im späteren Verlauf der Tunnelbaustelle Probleme bei einem Tübbing auftreten, kann somit die Lebensgeschichte der einzelnen Steine genau zurückverfolgt werden.

6.4.5 Controlling

Das interne Controlling des ausführenden Unternehmens ist für die Erstellung des monatlichen Leistungsberichtes zuständig. Für diesen benötigt der Controller einerseits die Arbeitskalkulation und andererseits die bereits ausgeführte Leistung, welche aus der Abrechnung entnommen wird. Somit verwendet das interne Controlling die selben digitalen Daten, wie die Abrechnung (siehe Abschnitt 6.4.3). Die entstehenden Projektberichte (SOLL-/IST-Vergleiche) und Prognoseberichte ergehen an die Projektleitung, die Geschäftsführer und die kaufmännische Leitung per E-Mail.

6.5 Analyse des Datenmanagements beim konkreten Tunnelbauprojekt

Das bisher erläuterte Datenmanagement wurde zum besseren Verständnis mit Hilfe eines Datenflussdiagrammes dargestellt (siehe Abb. 6.1). Die einzelnen Verantwortungsbereiche der maschinellen Tunnelbaustelle wurden hierfür vertikal aufgelistet. Die Darstellung beschränkt sich dabei auf jene Bereiche, die wesentlich an der Bearbeitung oder Nutzung der (nach Möglichkeit digitalen) Maschinen- und Vortriebsdaten beteiligt sind.

[99] iTWO ist eine Softwarelösung der Firma RIB Software SE, mit welcher die Abwicklung von Projekten erleichtert werden soll. Sie wird vorrangig für die Abrechnung und Kostenüberwachung eingesetzt (siehe [24]).

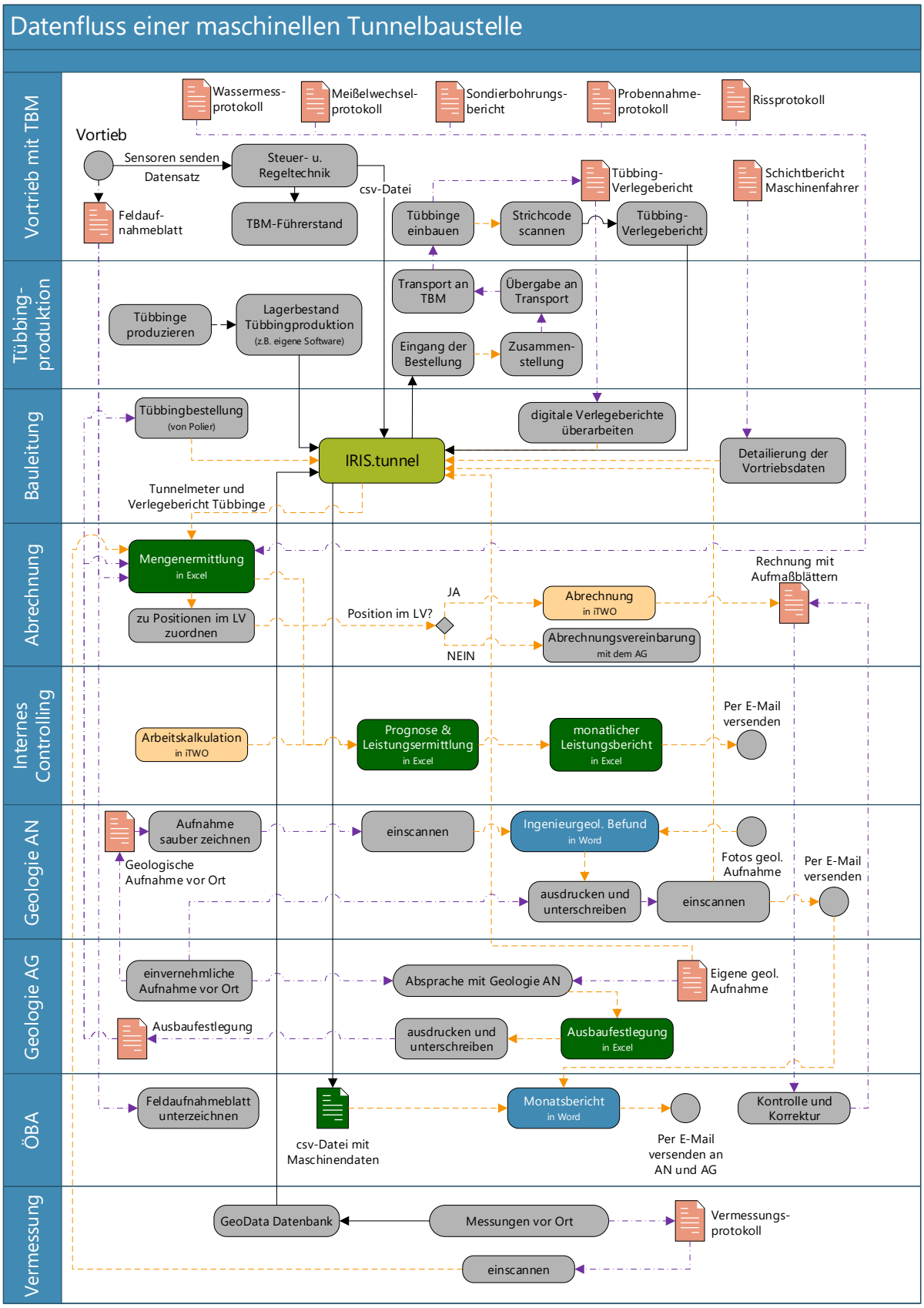


Abb. 6.1: Darstellung des Datenflusses am ausgewählten maschinellen Tunnelbauprojekt

Zur Verdeutlichung der zum Einsatz kommenden Softwareprogramme und der analogen Datensammlung wurden unterschiedliche Farben eingesetzt, deren Einteilung in Abb. 6.2 ersichtlich ist. Des Weiteren wurden die Prozesse zwischen den einzelnen Aktivitäten mittels Stricharten in drei Gruppen unterteilt. Da im Mittelpunkt der Analyse das digitale Datenmanagement steht, werden alle automatisch weitergeleiteten digitalen Prozessdaten mit durchgezogenen Linien dargestellt. Unter dem Begriff „händische digitale Übertragung“ werden alle Prozesse zusammen gefasst, bei denen digitale Daten (z. B. Excel-, Word-, PDF- oder Bilddateien) durch die Arbeit eines Projektbeteiligten weitergeleitet oder bearbeitet werden. Diese Prozesse sind im erstellten Datenflussdiagramm als orange, strichlierte Linien zu erkennen. Wenn die, in Papierform vorhandenen, Berichte und Protokolle ohne jeglichen Digitalisierungsprozess, wie beispielsweise Einscannen oder Eintragen in eine Software, weitergegeben werden, wird der Prozess als „händische analoge Übertragung“ deklariert und mittels violetter, strichpunktierter Linie dargestellt.

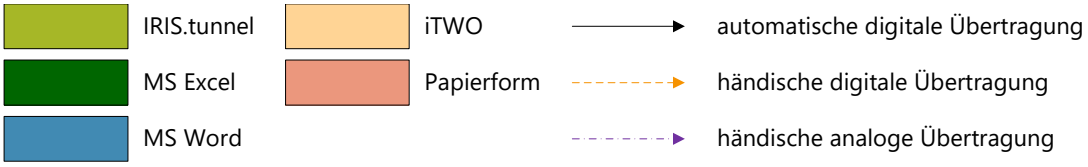


Abb. 6.2: Datenflussdiagramm Legende

Schon auf den ersten Blick ist an Hand des Datenflussdiagrammes zu erkennen, dass nur ein geringer Anteil der auf der Baustelle ausgetauschten Daten digital und vollkommen automatisiert weitergegeben werden. Eine Vielzahl der notwendigen Protokolle und Berichte wird per Hand verfasst und in Papierform abgelegt. Dadurch ist ein hoher Grad an manuellen Arbeitsschritten und viel Zeit zur Aufbereitung der Daten für eine weitere Nutzung erforderlich. Alleine in der Abrechnung müssen für jede monatliche Teilrechnung alle Mengen händisch in einer Excel-Tabelle zusammengetragen und den entsprechenden Positionen im Leistungsverzeichnis zugeordnet werden. Eine weitere, daraus ableitbare Auswirkung bildet das Ablagesystem. Da ein Tunnelbauprojekt in den meisten Fällen über mehrere Jahre läuft, fällt eine sehr große Menge von Berichten an. Diese müssen alle, aus Gründen der vertraglich vereinbarten Dokumentationspflicht, abgelegt und aufbewahrt werden. Hierfür ist ausreichend physischer Platz zur Verfügung zu stellen und die Ablagelogistik ist zwingend von allen beteiligten Personen einzuhalten, um bei späteren Bedarf die Suche von Unterlagen zu erleichtern.

Durch die geführten Interviews vor Ort hat sich gezeigt, dass viele Protokolle, die während der Vortriebsarbeiten erstellt werden, vor allem deswegen auf Papier geschrieben werden, weil die Mannschaft dadurch alle wichtigen Informationen auf einen Blick erhält. Durch die vorgefertigten Berichte sind die wesentlichen auszufüllenden Daten definiert, wodurch die Vorkommnisse schnell und einfach in Stichworten festgehalten werden können. Der Maschinenfahrer oder Mannschaftsführer kann die Papierprotokolle direkt zum Einsatzort mitnehmen und dort während der Überwachung der laufenden Arbeiten ausfüllen. Laut Angaben der Projektbeteiligten ist eine direkte digitale Eingabe der Daten über einen Laptop in den meisten Fällen weniger effizient und die Datenübertragung kann im Tunnel nicht immer sichergestellt werden. Aus diesem Grund sind auch parallele Datenerfassungen in Papierform zusätzlich zu den digitalen Aufzeichnungsmöglichkeiten vorhanden. Mit Hilfe der händisch verfassten Protokolle können spätere Überarbeitungen der digitalen Daten vorgenommen werden.

Klar zu erwähnen ist, dass durch den hohen Grad an analogen Datenerfassungsprozessen auch eine erhöhte Fehlermöglichkeit einhergeht. Eine automatische Datenerfassung mittels Messsensoren arbeitet wesentlich exakter als eine händische Messung. So können beispielsweise die Vortriebszeiten, welche eine Tunnelbohrmaschine aufzeichnet, auf Sekunden genau ausgewertet

werden, wohingegen die Zeiterfassung über papierbasierte Zyklusdiagramme nur in 5-Minuten-Blöcken erfolgt. Welcher Grad der Genauigkeit für die einzelnen Bereiche notwendig ist, sollte am besten schon vorab geklärt werden. Des Weiteren ist zu bedenken, dass es bei Protokollen, die zu einem späteren Zeitpunkt digitalisiert werden (z.B. Schichtberichte), ein dem Prozess geschuldeter zeitlicher Unterschied zwischen der Entstehung der Daten und ihrer digitalen Verfügbarkeit gibt. Durch die Befragungen vor Ort hat sich beispielsweise herausgestellt, dass die Schichtbauleiter etwa einen halben Arbeitstag damit beschäftigt sind, die digitalen Maschinendaten mit Hilfe der analogen Zyklusdiagramme zu bearbeiten. In weiterer Folge kann es durch unleserliche Handschriften, Verschmutzungen, Nässe oder eine falsche Übermittlung zu einem Verlust der Berichte in Papierform kommen, wodurch eine lückenlose Dokumentation negativ beeinträchtigt wird.

Aus der in Abschnitt 6.4 beschriebenen Nutzung der generierten Daten ist ersichtlich, dass es sich hauptsächlich um eine Sammlung der digitalen Maschinen- und Vortriebsdaten für eine etwaige spätere Nutzung handelt. Nur ein sehr geringer Teil dieser Daten kann direkt für den Baustellenalltag verwendet werden. Lediglich der Maschinenfahrer kann durch die originalen Erfassungsdaten der Messsensoren in die Vortriebsarbeiten eingreifen. In den meisten Fällen jedoch bedarf es einer durchaus zeitaufwendigen Aufarbeitung durch einen Projektbeteiligten. Die direkte Nutzung der digitalen Daten ist daher für die Abwicklung der Baustelle kaum gegeben. Nur ein paar wenige Bestandteile der in der Datenmanagementsoftware IRIS.tunnel erfassten Daten, wie beispielsweise die aktuell aufgefahrenen Tunnelmeter und Tübbingverlegeberichte, können für die Abrechnung verwendet werden. Dafür müssen sie allerdings händisch in eine Excel-Tabelle übertragen werden, wodurch eine direkte Verwendung nicht gegeben ist. Der überwiegende Anteil der Daten wird für spätere Auswertungen und Berichte gespeichert oder dient als Information der Beteiligten. Die gesammelten Daten bilden somit die Basis für mögliche Nachträge oder erforderliche Gutachten.

6.6 Ausblick – künftige Anwendungsmöglichkeiten Datenmanagement bei maschinellen Tunnelbauprojekten

Grundlage für die Ideen einer zukünftigen Nutzung von Datenmanagementmodellen bei maschinellen Tunnelbauprojekten waren die geführten Interviews mit Projektbeteiligten vor Ort und international tätigen Experten anderer Auftragnehmer und Auftraggeber. Dabei ist zu erwähnen, dass die Digitalisierung im Bereich des Tunnelbaues noch wesentlich weniger weit fortgeschritten ist als in anderen Teilbereich der Baubranche. Daher sind viele Möglichkeiten, die sich beispielsweise im Hochbau bereits als hilfreich und wirtschaftlich erwiesen haben, im Tunnelbau noch nicht umgesetzt.

Eine der wesentlichen Bedingungen, welche an ein zukünftiges Datenmanagementsystem gestellt werden, ist die Schaffung einer Zeitersparnis für das operative Baustellenpersonal. Mit Hilfe der digitalen Datenerfassung und -weiterleitung sollen die analogen Bearbeitungsprozesse minimiert werden. Dadurch lassen sich gleichzeitig die möglichen Fehlerquellen durch die analoge Übertragung verringern. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, liegt beispielsweise in der direkten Erfassung über Smartphone oder Tablet. Durch die direkte Eingabe der zu dokumentierenden Daten über eine vorgefertigte Eingabemaske, welche in Anlehnung an die bisher verwendeten Protokolle in Papierform erstellt werden könnte, würde es keine Zeitdifferenz zwischen Entstehung der Daten und deren digitaler Verfügbarkeit geben. Die direkte Datenübertragung kann dabei entweder bereits Untertage oder nachträglich Obertage mittels eines lokalen Netzwerkes erfolgen. Als Beispiel hierfür wurde durch die Experten eine bereits teilweise eingesetzte Software zur Protokollierung der Meißelwechsel erwähnt. Mittels Handy-App können die auf jedem Meißel

angebrachten Identifikationsnummern eingescannt und in ein vordefiniertes Protokoll eingefügt werden. Die weiteren Informationen werden anschließend eingetippt und gespeichert. Sobald das Handy wieder eine Verbindung zum Netzwerk sicherstellen kann, wird das fertige Protokoll automatisch an die Datenmanagementsoftware übermittelt. Diese Vorgehensweise wäre auch für andere bislang papiergebundene Berichte denkbar.

Damit die Datenmanagementsoftware eine wesentliche Zeitersparnis für die Abwicklung eines Tunnelbauprojektes bieten kann, müssen schon vorab alle Anforderungen und Rahmenbedingungen so genau wie möglich festgelegt werden. Durch die allgemeine Meinung der Experten ist zu erkennen, dass dies im Moment nicht immer ausreichend gegeben ist. Alle am Projekt beteiligten Parteien sollten an der Planung des digitalen Datenmanagements mitwirken, um ein Optimum aus den Möglichkeiten heraus zu holen. Durch eine gezielte Datenerfassung kann Zeit und Speicherplatz sowie in weiterer Folge auch Aufwand in der Auswertung gespart werden. Eine eventuell zu bedenkende Möglichkeit wäre auch, dass jedem Beteiligten (AG, AN, ÖBA, Geologen etc.) nur jene Daten bereitgestellt werden, die erforderlich sind. Dadurch könnte eine Überforderung der einzelnen Projektbeteiligten und eine möglicherweise daraus resultierende Fehlinterpretation vermieden werden.

In Hinblick auf die Datenübertragung zwischen den verschiedenen Softwareprogrammen sollte in Zukunft eine weitgehend digitale Übertragung ermöglicht werden. Es gilt die derzeitige händische Übernahme von Werten aus einem Datenmanagementprogramm wie IRIS.tunnel in eine Excel-Tabelle oder Word-Datei zu vermeiden. Dies könnte einerseits durch einen geeigneten digitalen Austausch erreicht werden oder durch das Einbinden der in anderen Programmen benötigten Funktionen direkt in die Datenmanagementsoftware. Je weniger manuelle Schnittstellen benötigt werden, umso direkter könnten die Daten verarbeitet und genutzt werden, was sich in weiterer Folge positiv auf die Transparenz auswirken würde.

Durch die Gespräche mit national und international tätigen Experten im Tunnelbau war zu erkennen, dass die derzeit gängigen Vergütungsmodelle zumeist nicht für die Nutzung einer digitalen Datenerfassung ausgelegt sind. Im österreichischen Normenmodell, welches die Vergütung über Vortriebsklassen vorsieht, können die erforderlichen Parameter nur teilweise digital während der Vortriebsarbeiten erfasst werden, wodurch die Abrechnung anhand der erfassten Daten kaum möglich ist. Daher muss das gewählte Vertrags- und Vergütungsmodell bereits in der Ausschreibungsphase den Anforderungen für die spätere Abrechnung entsprechen. Wünschenswert wären international gültige Mindeststandards für die digitale Datenerfassung bei maschinellen Tunnelbauprojekte. Derzeit ändern sich die Möglichkeiten der Maschine und der Softwareprogramme so rasch, dass kaum zwei Projekte mit den selben Lösungen abgewickelt werden können. Durch allgemein gültige Standards könnte man Zeit in der Vorarbeit sparen und eine gleichmäßigere Anwendbarkeit in der gesamten Branche erzielen, wodurch die Auswertung- und Verbesserungsmöglichkeiten für die Programmhersteller erhöht werden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Entwicklung des digitalen Datenmanagements auf maschinellen Tunnelbaustellen noch am Anfang steht. Wie jedoch bereits im Bereich des Hochbaus zu erkennen ist, schreitet die Digitalisierung auf Baustellen immer weiter voran. Es gibt eine Vielzahl an laufenden Entwicklungen, wovon sicherlich einige in den kommenden Jahren ihren Weg in unseren Arbeitsalltag finden werden. Mit Sicherheit kann aus den gewonnenen Erkenntnissen abgeleitet werden, dass der Einsatz eines digitalen Datenmanagementsystems auf den maschinellen Tunnelbaustellen zukünftiger Projekte nicht mehr weg zu denken ist.

Kapitel 7

Zusammenfassung

Der maschinelle Tunnelbau stellt im Gegensatz zum konventionellen Vortrieb eine wesentlich jüngere Disziplin des Bauwesens dar. Durch die grundlegenden Unterschiede in der Vortriebsmethode und die daraus resultierenden Besonderheiten für die baubetriebliche Abwicklung von maschinellen Tunnelbauprojekten, ist zu erkennen, dass die reine Übernahme der Vertrags- und Vergütungsbestimmungen des konventionellen Vortriebs nicht zielführend sein kann. Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit jene normenbasierten Modelle des DACH-Raums beschrieben, welche über spezielle Regelungen für den maschinellen Tunnelvortrieb verfügen. Wegen der großen Anzahl an internationalen Projekten erfolgt eine Untersuchung weiterer standardisiertee Vertrags- und Vergütungsmodelle des Bauwesens. Diese sind zumeist nicht speziell auf den maschinellen Tunnelbau ausgelegt, weshalb die Erläuterung der projektspezifischen Umsetzung anhand von Experteninterviews, mit einem vorab erstellten Fragebogen, erarbeitet wurde.

Die nachfolgende vergleichende Analyse gibt Aufschluss über die korrespondierenden Betrachtungsweisen und Spezifika der betrachteten Vertrags- und Vergütungsmodelle. Zusätzlich wurden die soziokulturellen Besonderheiten einzelner Kulturkreise aus den Erfahrungen der Fachexperten beschrieben, welche Auswirkungen auf den baubetrieblichen Ablauf und die Zusammenarbeit der Vertragspartner haben. Basierend auf den unterschiedlichen Sichtweisen der Auftraggeber, Auftragnehmer und unabhängigen Gutachtern im Bezug auf die Anwendung der *ÖNORM B 2203-2* konnte ermittelt werden, dass dieses Vertrags- und Vergütungsmodell von allen Beteiligten als fair und ausgewogen angesehen wird. Der abschließende Vergleich mit den anderen normativen Regelungen aus Deutschland und der Schweiz zeigt die große Anzahl an übereinstimmenden Betrachtungsweisen.

Anhand der durchgeführten Projektanalyse zum digitalen Datenmanagement auf maschinellen Tunnelbaustellen konnte gezeigt werden, dass ein hohes Maß an Vortriebs- und Maschinendaten bereits erfasst werden können. Dennoch sind einige Protokolle in Papierformat bei der baubetrieblichen Abwicklung noch erforderlich. Durch die Entwicklung eines Datenflussdiagramms konnte gezeigt werden, dass nur ein geringer Teil der Daten digital und automatisch weitergeleitet und verwendet werden können. Ein Großteil der notwendigen Daten auf einer maschinellen Tunnelbaustelle muss über zahlreiche Schnittstellen und Überarbeitungen für die Anwendung in der Abrechnung oder Bauleitung nutzbar gemacht werden. Im Zuge dieser Arbeit wurde aufgezeigt, welches Potential im Bereich der digitalen Verarbeitung der aufgezeichneten Daten im alltäglichen Baustellenbetrieb besteht, damit das operative Baustellenpersonal in Zukunft wieder mehr Zeit für die wesentlichen Aufgaben des Baubetriebs hat.

Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse aus den bereits angewendeten Vertrags- und Vergütungsmodellen sowie dem derzeitigen Stand des digitalen Datenmanagents auf Tunnelbaustellen, sollen als Basis für die Entwicklung eines innovativen Vertrags- und Vergütungsmodells dienen, welches speziell auf den maschinellen Tunnelbau und die digital erhobenen Vortrieb- und Maschinendaten abgestimmt ist. Abschließend werden die zu Beginn dieser Diplomarbeit gestellten Forschungsfragen beantwortet, wodurch der Grundstein für weitere Forschungstätigkeiten im Be-

reich des maschinellen Tunnelbaus und dem einhergehenden Datenmanagement gelegt werden soll.

Gibt es zwischen den nationalen und internationalen Vertrags- und Vergütungsmodellen korrespondierende Betrachtungsweisen oder länderspezifische beziehungsweise kulturelle Besonderheiten?

Die im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Vertrags- und Vergütungsmodelle haben gemeinsam, dass sie kein allgemein gütiges Recht darstellen. Erst durch die vertragliche Vereinbarung zwischen dem AG und AN innerhalb eines Werkvertrags erhalten die enthaltenen Bestimmungen ihre Gültigkeit, weshalb diese einen ähnlichen Stellenwert wie allgemeine Geschäftsbedingungen haben. Des Weiteren stimmen die nationalen und internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle darin überein, dass die Risikosphärenverteilung grundsätzlich fair und ausgeglichen sein soll. Demzufolge sollen die Risiken von jener Vertragspartei getragen werden, welche besser mit ihnen umgehen kann. Zusätzlich bestehen in fast allen Modellen die Möglichkeiten von pönalisierten Terminvereinbarungen und Nachtragsforderungen, jedoch sehen die Verfahrensbestimmungen in den einzelnen Verträgen unterschiedlich aus.

Auf Grund der unterschiedlichen Entstehungsgeschichten der national und international verwendeten standardisierten Vertrags- und Vergütungsmodellen sind länderspezifische und soziokulturelle Besonderheiten zu erkennen. Beispielsweise sieht das Vertragswerk der FIDIC ein 3-stufiges Streitschlichtungsverfahren mit einem beratenden Ingenieur, dem DAB und erst in letzter Instanz mit einem Schiedsgerichtsverfahren der internationalen Handelskammer vor. Eine andere Herangehensweise stellt das Allianzvertragsmodell dar, bei dem die Vertragspartner gemeinschaftliche Entscheidungen treffen und die damit verbundenen Risiken sowie Chancen Auswirkungen für beide haben. Als soziokulturelle Besonderheit kann die relativ flache Hierarchie im skandinavischen Raum angesehen werden, welche dazu führen kann, dass bei Besprechungen sehr viele Beteiligte dabei sind und der Aufwand für die Klärung von Detailfragen sehr hoch ist.

Welche Vor- und Nachteile ergeben sich durch die charakteristischen Betrachtungsweisen der länderspezifischen Modelle für die Abwicklung und Dokumentation von maschinellen Tunnelbauvortrieben? Wie wirken sich diese auf die Anwendbarkeit im Baustellenalltag aus?

Unabhängig vom angewendeten Vertrags- und Vergütungsmodell wurde von den Experten hervorgehoben, dass die zunehmend striktere Auslegung und beharrliche Exekution der Verträge auf den maschinellen Tunnelbaustellen negative Auswirkungen auf die baubetriebliche Abwicklung haben. Durch eigene Auslegungen und Verwendung dieser Standards kommt es häufig zu Widersprüchen innerhalb der Verträge beziehungsweise Abweichungen, welche nicht mehr dem Grundgedanken der Entwickler entsprechen. Aus den Erfahrungen der befragten Fachexperten ist allerdings zu erkennen, dass gerade durch die Anwendung eines normenbasierten Vertrags- und Vergütungsmodells die wesentlichen Vorteile einer hohe Kostensicherheit, transparenten Abrechnung und eines fairen sowie vergleichbaren Wettbewerbs durch die vereinbarten Einheitspreise gegeben ist. Die Einführung eines *Dispute Adjudication Board* oder *Disbute Review Board* wirkt sich, wegen der unparteiischen Sichtweise von verschiedenen Fachexperten und der meistens klar definierten Fristen, positiv auf die Nachtragsabwicklung während des Baustellenalltags aus. Zuletzt ist noch zu erwähnen, dass durch die Anwendung von gemeinschaftlichen Modellen wie beispielsweise dem Allianzvertrag, mit seiner transparenten Abrechnung und den gemeinsamen Entscheidungen, förderlich für das Projektklima und in weiterer Folge für den Erfolg des Projekts sein können.

Können die digital erfassten Daten einer Vortriebsmaschine direkt oder indirekt in ein Datenmanagementsystem übernommen werden?
Das untersuchte Tunnelbauprojekt zeigt, dass die erhobenen Daten direkt weitergeleitet werden. Die innerhalb der Vortriebsmaschine mittels Messsensoren digital erfassten Daten werden in erster Linie direkt an den Führerstand der Tunnelbohrmaschine und in weiterer Folge an die Datenmanagementsoftware mittels csv-Datei automatisch übermittelt werden. Über eine vorprogrammierte Animation sieht der TBM-Fahrer die gemessenen Vortriebsdaten in Echtzeit und kann somit das Zusammenspiel der Maschine mit den tatsächlichen Gebirgsverhältnissen überwachen und etwaig notwendige Gegenmaßnahmen ergreifen. Mit Hilfe von Glasfaserleitungen erfolgt die Übertragung der erfassten Datensätze auf den Server der Baustelle und an die Datenmanagementsoftware IRIS.tunnel. Hier werden die Daten für die weitere Nutzung gespeichert.

Sind die generierten Daten im originalen Erfassungszustand oder erst durch eine nachträgliche Aufarbeitung für den Abrechnungsprozess verwendbar?
Die Daten, welche für die Abrechnung erforderlich sind, werden hauptsächlich aus den analog geführten Protokollen gewonnen. Nur ein sehr geringer Anteil wird den digital generierten Daten entnommen. Diese können zwar im originalen Erfassungszustand ausgelesen, müssen aber für die weitere Bearbeitung in eine andere Softwarelösung analog nachbearbeitet werden. Daher finden die generierten digitalen Daten in der Abrechnung eigentlich keine direkte Verwendung. Um dies zu ermöglichen wäre eine Überarbeitung der Programmschnittstellen für eine automatische Übertragung oder eine eigene Software, welche direkt im digitalen Datenmanagementsystem implementiert wird denkbar. Eine zusätzliche Erleichterung könnte durch weitere Lösungen zur Digitalisierung der derzeit händisch verfassten Protokolle erzielt werden.

Wie sieht die derzeitige Anwendung des digitalen Datenmanagements im alltäglichen Baustellenbetrieb, im Hinblick auf eine objektivierte Abwicklung von maschinellen Tunnelbauprojekten, aus?
Anhand des untersuchten maschinellen Tunnelbauprojektes wurde gezeigt, dass die digital erfassbaren Daten in ihrem originalen Erfassungszustand sowohl dem AN als auch dem AG zur Verfügung stehen. Durch die Nutzung dieser Daten für Wochen- und Monatsberichte können beide Seiten einen objektiven Einblick in die Vortriebsarbeiten gewinnen. Zusätzlich können die generierten Daten zur Kontrolle der, von der jeweils anderen Vertragspartei, gestellten Forderungen verwendet werden. Aus den aufgezeichneten Maschinendaten ist für beide Vertragsparteien das Verhalten der Tunnelvortriebsmaschine im Zusammenspiel mit dem angetroffenen Gebirge ablesbar.

In den geführten Experteninterviews wurde mehrfach erwähnt, dass durch die Anwendung eines digitalen Datenmanagementsystems mehr Transparenz, speziell im Bereich der Abrechnung und des Nachtragswesens, erreicht werden kann. Die meisten der befragten Personen waren sich darüber einig, dass das Datenmanagement ein wichtiger Teil der zukünftigen Baubranche sein wird und heute schon unverzichtbar ist.

Man kann also festhalten, dass ein funktionierendes digitales Datenmanagement durchaus zu einer objektivierten Abwicklung von maschinellen Tunnelbauprojekten beiträgt. Für einen wirtschaftlichen Einsatz der Managementsysteme sollten jedoch vorab alle erforderlichen Randbedingungen geklärt werden, sonst kann man als Projektbeteiligter in der überbordenden Datenflut verloren gehen.

Wie könnte sich die Nutzung von digitalen Datenmanagementsystemen im Bereich des maschinellen Tunnelvortriebs in Zukunft entwickeln?

Auf Grund der derzeit nur sehr geringen Nutzung der digital erfassten Daten gibt es im Bereich des maschinellen Tunnelbaues ein großes Entwicklungspotential. Anhand der Analyse des derzeitigen Datenmanagements eines konkreten Projektes und der geführten Experteninterviews konnten ein paar wünschenswerte zukünftige Anwendungsmöglichkeiten herausgearbeitet werden.

Ein bereits weit entwickelter und in kleinen Bereichen angewendeter Entwicklungsansatz bildet die Nutzung von Smartphones und Tablet-Computern in Verbindung mit einer Tunnelvortriebsmaschine. Damit könnte der Grad an analogen Protokollen und Berichten wesentlich reduziert werden und würde somit, neben der Zeitersparnis, eine höhere Sicherheit im Bezug auf die Richtigkeit der Daten mit sich bringen. Durch eine geringere Anzahl an analogen Schnittstellen (z. B. händische Eingabe der Daten eines Papierprotokolls in die Datenmanagementsoftware durch die Bauleitung) können Übertragungsfehler vermieden werden.

Mit Hilfe von weiter entwickelten Programmen, welche beispielsweise die notwendigen Funktionen für die Erstellung einer Abrechnung ermöglichen, können die Verknüpfungen und Schnittstellen zu anderen Programmen verringert werden. Zusätzlich könnten die Daten in vordefinierte Wochen- und Monatsberichte integriert werden, welche im Anschluss nur noch durch die Bauleitung ergänzt werden. Je direkter die digital erfassten Daten einer Nutzung zugeführt werden, umso geringer ist die Chance von Abschreibfehlern. Eine Bedingung hierfür ist allerdings, dass das gewählte Vertrags- und Vergütungsmodell diese Möglichkeiten auch unterstützt und zulässt. Hierfür ist möglicherweise ein neues und innovatives Modell zu entwickeln.

Wesentlich für die zukünftige Nutzung der digitalen Datenmanagementsysteme ist, dass sie eine Zeitersparnis für das operative Baustellenpersonal bringen soll damit diese sich auf die wesentlichen Entscheidungen in der Abwicklung des Projekts konzentrieren können. Zusätzlich soll, mit den neuen und innovativen Lösungen die Transparenz gesteigert werden, damit alle Projektbeteiligten einen objektiven Einblick in die Abläufe und Vorkommnisse der Tunnelbaustelle erhalten. Schlussendlich soll in Zukunft die Basis für eine kooperative Projektabwicklung im maschinellen Tunnelbau, welcher durch die schwierig zu prognostizierenden Gebirgsverhältnisse geprägt ist, geschaffen werden.

Probleme kann man niemals
mit derselben Denkweise lösen,
durch die sie entstanden sind.

— Albert Einstein

Literaturverzeichnis

[1] 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.

[2] *DIN 18299:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Sep. 2016.

[3] *DIN 18312:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Sep. 2016.

[4] *DIN 1960:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil A: Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Sep. 2016.

[5] *DIN 1961:2016-09: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Sep. 2016.

[6] U. Elwert und A. Flassak. *Nachtragsmanagement in der Baupraxis: Grundlagen - Beispiele - Anwendung*. 3., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: ViewegTeubner – GWV Fachverlage GmbH, 2010. ISBN: 978-3-8348-0949-0.

[7] *Empfehlung SIA 199: Erfassen des Gebirges im Untertagbau*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Nov. 2015.

[8] FIDIC. *FIDIC – International Federation of Consulting Engineers – The Global Voice of Consulting Engineers*. URL: `http://fidic.org/about-fidic` (Zugriff am 21. 08. 2018).

[9] GEODATA Group. *Monitoring & Instrumentierung*. 2018. URL: `http://www.geodata.at/de/infrastructure-mining/monitoring-implementierung/index.php` (Zugriff am 06. 07. 2018).

[10] GEODATA Group – Leoben Head Office. *Tauros – TVM Steuerleitsystem*. 2018. URL: `http://www.geodata.at/de/datenblatter_pdf/Tauros-TBM-deutsch.pdf#TaurosTVM` (Zugriff am 14. 08. 2018).

[11] G. Girmscheid. *Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau*. 2. Aufl. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, 2008. ISBN: 978-3-433-01852-1.

[12] W. Godwin. *International Construction Contracts: A Handbook*. 1. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2013. ISBN: 978-0-470-65572-6.

[13] U. Helm und F. Bonke. „A new standard for tunnelling contracts“. In: *Tunneling Journal* April/May (2017), S. 48–50.

[14] ITC Engineering Gmbh & Co. KG. *IRIS.tunnel*. 2017. URL: `http://www.itc-engineering.de/produkte/iris/iristunnel/` (Zugriff am 06. 07. 2018).

[15] W. Leitner. *Baubetriebliche Modellierung der Prozesse maschineller Tunnelvortriebe im Festgestein – Von der Penetration zur Vortriebsgeschwindigkeit*. 1. Aufl. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2004. ISBN: 3-8334-1844-3.

[16] NEC Contracts 2018. *About NEC*. 2018. URL: `https://www.neccontract.com/About-NEC` (Zugriff am 27. 08. 2018).

[17] *ÖNORM A 2050:2006 11 01: Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm*. Wien: Austrian Standards, Nov. 2006.

[18] *ÖNORM A 6403:2010 01 15: Runden von Zahlen und Messergebnissen*. Wien: Austrian Standards, Jan. 2010.

[19] *ÖNORM B 2110:2013 03 15: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*. Wien: Austrian Standards, März 2013.

[20] *ÖNORM B 2203-2:2005 01 01: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*. Wien: Austrian Standards, Jan. 2005.

[21] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.) *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb*. Forschungsber. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2013. 49 S.

[22] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik(Hrsg.) *Richtlinie Schildvortrieb*. Forschungsber. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, 2009. 87 S.

[23] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik(Hrsg.) *Richtlinie Tübbingsysteme aus Beton*. Forschungsber. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, 2009. 112 S.

[24] RIB Software SE. *iTWO – für AVA, Planung, Kostenmanagement Modellbasierte Projektsteuerung*. 2017. URL: `https://www.rib-software.com/fileadmin/documents_de/loesungen/documents_itwo/RIB_iTWO_Broschuere_AVA_Planen_web.pdf` (Zugriff am 20. 07. 2018).

[25] M. Rowlinson. *A Practical Guide to the NEC3 Engineering and Construction Contract*. 1. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd., 2011. ISBN: 978-1-444-33688-7.

[26] E. Schneider. „Wo steht Österreich im Tunnelbau international?“ In: *bau aktuell* September (2017), S. 176–178.

[27] *SIA 118: Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Jan. 2013.

[28] *SIA 118/198: Allgemeine Bedingungen für Untertagbau – Allgemeine Vertragsbedingungen zur Norm SIA 198 Untertagbau – Ausführung*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Nov. 2007.

[29] *SIA 197: Projektierung Tunnel – Grundlagen*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Okt. 2004.

[30] *SIA 197/1: Projektierung Tunnel – Bahntunnel*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Okt. 2004.

[31] *SIA 197/2: Projektierung Tunnel – Strassentunnel*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Okt. 2004.

[32] *SIA 198: Untertagbau – Ausführung*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Okt. 2004.

[33] The Institution of Civil Engineers 2018. *About ICE – Our history*. 2018. URL: `https://www.ice.org.uk/about-ice/our-history` (Zugriff am 27. 08. 2018).

[34] Verband Beratender Ingenieure VBI (Hrsg.) *FIDIC Red Book – Conditions of Contract for Construction – Erläuterungen und Übersetzung*. Forschungsber. Verband Beratender Ingenieure VBI, 2006. 329 S.

Anhang A

Fragebogen Experteninterview

Fragebogen Experteninterview
Vertrags- und Vergütungsmodelle im maschinellen Tunnelvortrieb

Erstellt von: Bettina Chylik, BSc.

Zweck: Für die Untersuchung und den Vergleich der nationalen und internationalen Vertrags- und Vergütungsmodelle im maschinellen Tunnelvortrieb, im Zuge meiner Diplomarbeit am Forschungsbereich für Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik der TU Wien, unter der Leitung von Herrn Univ.-Prof. Gerald Goger und der Betreuung durch Herrn Univ.-Ass. Tobias Bisenberger.

Kurze Erläuterung:

Im Bereich des Tunnelbaues, sind wir in Österreich eines der wenigen Länder, die eine konkrete Regelung der Vertrags- und auch Vergütungsmodelle in Form einer Norm zur Verfügung haben. Dies kann sowohl von Vor- als auch Nachteil sein. Aus diesem Grund sollen auch internationale Abwicklungsmethoden, im Zuge meiner Diplomarbeit, genauer unter die Lupe genommen und deren Herangehensweisen kritisch beleuchtet werden. Unter anderem sollen korrespondierende Betrachtungsweisen und länderspezifische oder kulturell bedingte Besonderheiten, auch unter Einbeziehung von verschiedener Experten, herausgearbeitet werden.

Da die Digitalisierung weltweit immer mehr zunimmt, soll im zweiten Teil meiner Arbeit das Potential des digitalen Datenmanagements im Bereich des maschinellen Tunnelbaues untersucht werden. Diese sollen in erster Linie die alltägliche Baustellenabwicklung unterstützen und erleichtern, damit das operative Personal mehr Zeit für wesentliche Aufgaben des Baustellenalltags hat.

In meiner Diplomarbeit analysiere ich anhand eines konkreten Projektes, welche Daten von einer Vortriebsmaschine digital erfasst werden und welche Prozesse diese durchlaufen müssen, um für den Abrechnungsprozess verwendet werden zu können. Des Weiteren soll die derzeitige Anwendung von digitalen Datenmanagementsystemen im Baustellenalltag, vor allem im Hinblick auf eine objektivierte Abwicklung im Projektbetrieb, näher betrachtet werden, um eventuell zukünftige Nutzungs- und Entwicklungsmöglichkeiten aufzeigen zu können.

Die von Ihnen angegebenen Antworten werden natürlich vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben. Ich bitte Sie daher, die folgenden Fragen nach bestem Wissen und Gewissen zu beantworten und dabei manche Bereiche auch etwas kritisch zu betrachten.

Danke für Ihre Mitarbeit!

Name:	
Firma/Abteilung:	
Beschreibung des derzeitigen Tätigkeitsbereiches:	
Datum des Interviews:	

Beschreiben Sie kurz Ihre bisherigen Tätigkeitsbereiche (Länder, Projekte, Tätigkeitsfeld, etc.):

Mit welchen Vertrags- und Vergütungsmodellen haben Sie bisher, im Bereich des maschinellen Tunnelbaus, gearbeitet?

Sind Ihnen noch andere Vertrags- und Vergütungsmodelle in diesem Bereich bekannt?

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, welche Modelle?

Haben Sie Erfahrung mit digitalen Datenmanagementsystemen für die Abwicklung von maschinellen Tunnelbauprojekten?

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, mit welchen Systemen?

1 Vertrags- und Vergütungsmodelle allgemein

Welches Vertrags- und Vergütungsmodell wird in Ihrem Tätigkeitsbereich am häufigsten angewendet? Bei wieviel Prozent der von Ihnen durchgeführten Projekte, kommt dieses Modell Ihrer Meinung nach zur Anwendung?

Geben Sie eine kurze Beschreibung dieses Modells?

Was sind Ihrer Meinung nach die Hauptkriterien dieser Tunnelbauverträge? Welche Charakteristika weisen diese Verträge auf?

Gibt es Ihrer Meinung nach wesentliche Unterschiede bei den Vertrags- und Vergütungsmodellen bezüglich der Größe des Projektes (Auftragssumme, Bauzeit, Ausbruchsvolumen, etc.)?

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz um welche Unterschiede es sich, nach Ihrer Erfahrung nach, handelt.

Gibt es Vertragsbestandteile, die Ihrer Meinung nach immer in gleicher Weise angewendet werden (z.B. bestimmte Risikoverteilung, Pönalen, Nachtragswesen)?

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, beschreiben Sie diese bitte kurz.

Wie beschreiben Sie den Stellenwert eines Vertrages in Ihrem Tätigkeitsbereich? Wird ein Vertrag beispielsweise sehr strikt befolgt oder eher als Richtlinie/Leitfaden gesehen?

Wie beschreiben Sie die Kooperation mit dem Auftraggeber/Auftragnehmer im Hinblick auf Vertragsverhandlungen im Allgemeinen? (gesprächsbereit, lösungsorientiert, entgegenkommend, auf Standpunkt/Vertrag beharrend, etc.)

Wie beschreiben Sie die Kooperation mit anderen Projektbeteiligten im Allgemeinen? (gesprächsbereit, lösungsorientiert, entgegenkommend, auf Standpunkt/Vertrag beharrend, etc.)

Wie schätzen Sie die Störungssensibilität der Vertragsmodelle im Hinblick auf die Weiterführung der Verträge bei unvorhergesehenen Ereignissen ein?

niedrig 1 2 3 4 5 sehr hoch

Wie wird in den meisten Fällen bei einer Abweichung/Störung des Bauablaufes vorgegangen? Gibt es eventuell eigene Klauseln im Vertrag?

Sieht das Vertragsmodell die Möglichkeit von Nachträgen vor?

○ Ja ○ Nein

Wie sieht die standardmäßige Herangehensweise im Fall von Nachträgen aus? Beschreiben Sie diese bitte kurz.

Welche Bestandteile bilden Ihrer Meinung nach die wesentlichen Vorteile dieses Vertrags- und Vergütungsmodelles?

Welche Bestandteile bilden Ihrer Meinung nach die wesentlichen Nachteile dieses Vertrags- und Vergütungsmodelles?

Gibt es Bestandteile auch aus anderen Vertrags- und Vergütungsmodellen, die Sie übernehmen würden?

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, welche Bestandteile sind das und warum?

2 Projektspezifischer Fragebogen

Für diesen Teil des Fragebogens, denken Sie bitte an ein konkretes Projekt, dass Sie in letzter Zeit bearbeitet oder fertiggestellt haben.

Projektname:	
Projektstandort:	
Auftraggeber/Auftragnehmer:	

Bitte beschreiben Sie kurz das Projekt (Zweck, Dimensionen, Querschnitt, Länge, Besonderheiten, etc.):

2.1 Vertrags- und Vergütungsmodell

Welches Vertrags- und Vergütungsmodell kam bei diesem Projekt zur Anwendung?

Gab es Ihrer Meinung nach bei diesem Projekt vertragliche Besonderheiten, wie beispielsweise besondere Freiheiten oder Zwänge?

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, dann beschreiben Sie bitte kurz um welche es sich dabei handelt/gehandelt hat.

Geplanter Ausführungszeitraum:	
Tatsächlicher Ausführungszeitraum:	

Im Falle einer zeitlichen Abweichung, welche Gründe könnte es Ihrer Meinung nach dafür gegeben haben?

Wie würden Sie das Verhältnis von Auftragssumme zur tatsächlichen Abrechnungssumme einschätzen?

Welche Gründe könnte es Ihrer Meinung nach für eine Abweichung zwischen der Auftragssumme und der Abrechnungssumme geben/gegeben haben?

Wie würden Sie den Abrechnungsaufwand bei planmäßiger Ausführung (ohne Störung) einschätzen?

niedrig 1 2 3 4 5 sehr hoch

Bitte begründen Sie diese Einschätzung kurz.

Wie würden Sie die Störungssensibilität bei unvorhersehbaren Ereignissen im Hinblick auf den baubetrieblichen Ablauf auf der Baustelle (z.B. Vortriebsunterbrechung) einschätzen?

niedrig 1 2 3 4 5 sehr hoch

Bitte begründen Sie diese Einschätzung kurz.

Wie würden Sie die Störungssensibilität bei unvorhersehbaren Ereignissen im Hinblick auf die Kostenentwicklung einschätzen?

niedrig 1 2 3 4 5 sehr hoch

Bitte begründen Sie diese Einschätzung kurz.

Wie würden Sie den Abrechnungsaufwand bei Abweichungen durch unvorhersehbare Ereignisse einschätzen?

niedrig 1 2 3 4 5 sehr hoch

Bitte begründen Sie diese Einschätzung kurz.

Worin liegen/lagen aus Ihrer Sicht die wesentlichen Vorteile des angewendeten Vertrags- und Vergütungsmodells bei diesem Projekt?

Worin liegen/lagen aus Ihrer Sicht die wesentlichen Nachteile des angewendeten Vertrags- und Vergütungsmodells bei diesem Projekt?

Wie würden Sie die Vollständigkeit der vom Auftraggeber bereitgestellten Ausschreibungsunterlagen einschätzen?

niedrig 1 2 3 4 5 sehr hoch

Wie würden Sie den Detaillierungsgrad der zur Verfügung gestellten Unterlagen einschätzen?

niedrig 1 2 3 4 5 sehr hoch

Wie hoch ist Ihrer Meinung nach der Aufwand für die Angebotserstellung?

gering 1 2 3 4 5 sehr hoch

Ist der Angebotsbearbeitungsaufwand Ihrer Meinung nach gerechtfertigt?

○ Ja ○ Nein

Bitte begründen Sie kurz ihre Antwort.

2.2 Digitales Datenmanagement

Wird/Wurde bei dem von Ihnen betreuten Tunnelbauprojekt ein digitales Datenmanagement-system verwendet?

○ Ja ○ Nein

Wofür werden/wurden die digital erfassten Daten im alltäglichen Baustellenbetrieb verwendet (z.B. Abrechnung, Dokumentation, etc.)?

Können/konnten die digitalen Daten in ihrem originalen Erfassungszustand verwendet werden oder müssen/mussten diese zuerst aufgearbeitet werden?

Beschreiben Sie kurz den Aufwand der Aufarbeitung der digitalen Daten zur Nutzung im angewendeten Datenmanagementsystem.

Welche Auswirkungen hat/hatte die Nutzung eines Datenmanagementsystems Ihrer Meinung nach auf den Baustellenalltag? (z.B. Zeitersparnis, mehr Transparenz bei der Abrechnung, höherer Aufwand, etc.)

Welche Entwicklung im Bereich des digitalen Datenmanagements würden Sie sich wünschen? Was wären für Sie wesentliche Punkte, die ein Datenmanagementsystem erfüllen muss, um eine Erleichterung im Baustellenalltag bieten zu können?

2.3 Projektumfeld

Beschreiben Sie bitte kurz die Kooperation mit dem Auftraggeber/Auftragnehmer (gesprächsbereit, lösungsorientiert, entgegenkommend, auf Standpunkt/Vertrag beharrend, etc.):

Beschreiben Sie bitte kurz die Kooperation mit anderen Projektbeteiligten (gesprächsbereit, lösungsorientiert, entgegenkommend, auf Standpunkt/Vertrag beharrend, etc.):

Gibt/gab es im Bereich des Projektumfeldes irgendwelche Besonderheiten im Hinblick auf beispielsweise länderspezifische oder kulturelle Regelungen? (z.B. zusätzliche Bewachung, Sicherheitsvorkehrungen auf Baustelle, länderspezifische Abläufe oder Einschränkungen, etc.)

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, dann beschreiben Sie diese bitte kurz.

Gibt/gab es sonstige Besonderheiten bei diesem Projekt

○ Ja ○ Nein

Wenn ja, dann beschreiben Sie diese bitte kurz.