

Contract models for TBM drives in hard rock – codes in Austria and Switzerland and their practical implementation

Vertragsmodelle für TBM Vortriebe im Festgestein – Regelwerke in Österreich und der Schweiz und deren praktische Umsetzung

The Austrian standard conditions of contract for underground works with continuous tunnelling have been available since 2005. Until then, contract conditions for sequential and continuous tunnelling were combined in a single code. In Switzerland, major transport tunnels were already being bored with TBMs at the start of the 1970s, much earlier than in Austria. Corresponding standard conditions have been available there for many years, most recently revised in 2004. In this article, the most important provisions of the Austrian and Swiss conditions of contract are presented and commented. Their implementation on specific projects is described through some significant projects. A comparison between Austria and Switzerland, where there has also been a standard bill of quantities for TBM drives for a long while – the Norm-Positions-Katalog – which is generally accepted and used practically universally, indeed show a basic similarity in the essential points, but in the implementation of the details there are still considerable differences.

1 Introduction

The Austrian standard “Underground works – Works contract – Part 2: Continuous driving” ON B 2203-2 has been available since 2005 [1]. Large projects, like for example the second bore of the Pfänder Tunnel (2007) and contract 2 of the Koralm Tunnel (2009), were tendered based on this standard. Further projects, like the third contract of the Koralm Tunnel and the Semmering Base Tunnel are currently being tendered, but the Wienerwald Tunnel and the Perschling chain of tunnels were tendered before the introduction of ON B 2203-2. No experience was available from the progress of these projects while the standard was being prepared. For the tendering of the Pfänder Tunnel and the Koralm Tunnel, the implementation of some provisions of the standard was problematic in the view of the clients or consultants. Diverse provisions were therefore omitted, altered or adapted for each project.

In Switzerland, the standard conditions valid since 1993, SIA 198 “General Conditions for Underground Construction Work” [2] have been thoroughly revised and the new version has been valid since 2004. In Switzerland, large transport tunnels were already being bored with

Seit 2005 gibt es in Österreich eine eigene Werkvertragsnorm für Untertagebauarbeiten mit kontinuierlichem Vortrieb. Bis dahin waren die Vertragsbestimmungen für zyklische und kontinuierliche Vortriebe in einem einzigen Regelwerk zusammengefasst. In der Schweiz wurden schon ab Anfang der 1970er-Jahre, also wesentlich früher als in Österreich, große Verkehrstunnelbauten mit Tunnelvortriebsmaschinen realisiert. Eine entsprechende Werkvertragsnorm gibt es dort seit vielen Jahren. Zuletzt wurde sie 2004 aktualisiert. Im Beitrag werden die wichtigsten Bestimmungen der österreichischen und der schweizerischen Werkvertragsnormen vorgestellt und kommentiert. Ihre projektspezifische Ausformung wird anhand signifikanter Projekte dargestellt. Ein Vergleich zwischen Österreich und der Schweiz, wo es außerdem seit langem eine Standard-Leistungsbeschreibung für TBM-Vortriebe – den Norm-Positions-Katalog – gibt, der generell akzeptiert ist und praktisch flächendeckend angewendet wird, zeigt zwar eine grundsätzliche Übereinstimmung in wesentlichen Punkten, in der Ausformung der Details bestehen jedoch erhebliche Unterschiede.

1 Einleitung

Seit 2005 gibt es in Österreich eine eigene Werkvertragsnorm für Untertagebauarbeiten mit kontinuierlichem Vortrieb die ON B 2203-2 [1]. Große Projekte, z.B. die zweite Röhre Pfändertunnel (2007) und das Baulos 2 des Koralmtunnels (2009), wurden auf Basis dieser Norm ausgeschrieben. Weitere Projekte wie das dritte Baulos des Koralmtunnels und der Semmering Basistunnel sind zurzeit in Ausschreibung. Der Wienerwald-Tunnel und die Tunnelkette Perschling wurden schon vor Inkrafttreten der ON B 2203-2 ausgeschrieben. Erfahrungen aus der Abwicklung dieser Projekte waren zum Zeitpunkt der Ausarbeitung der Norm noch nicht vorhanden. Bei der Ausschreibung des Pfändertunnels und auch beim Koralmtunnel erwies sich die Umsetzung einzelner Normbestimmungen aus Sicht der Auftraggeber bzw. Planer als problematisch. Deshalb wurden diverse Bestimmungen projektbezogen weggelassen, geändert oder ergänzt.

In der Schweiz wurde die seit 1993 gültige Werkvertragsnorm SIA 198 „Untertagebau – Ausführung“ [2] gründlich überarbeitet und die neue Version 2004 in Kraft gesetzt. Dort wurden schon ab Anfang der 1970er-Jahre

TBMs from the start of the 1970s. The experience gained then and from recently completed major projects like the Löttschberg Base Tunnel, Steg-Raron contract and the Gotthard Base Tunnel, Bodio-Faido section have influenced the new revision.

2 Austria

2.1 Standard conditions of contract

2.1.1 Content

ON B 2203-2 “Underground works – Works contract – Part 2: Continuous driving” [1] was introduced on 1 January 2005. It supersedes the old B 2203 from 1994. At that time, the provisions for sequential and continuous tunnelling were combined in one document. The introduction in 1994 of the tunnelling class matrix was a milestone in Austrian tunnel standards. This was used in a (successful) attempt to characterise the effect of support installation and other measures with an effect on performance, e.g. partial face excavation, on the advance rate in the form of support measures numbers.

The essential content of ON B 2203-2 is to be found in the chapters 3 “Terminology”, 4 “Process provisions” and 5 “Contract provisions”. Tunnel drives in rock and loose ground are differentiated, solely according to machine type and nature of the support measures, particularly for face support.

2.1.2 Layout of the bill of quantities

In addition to the general provisions, the standard includes requirements for the classification of the bill of quantities including specification details (LV) into items. Significant points are the tunnelling class matrix based on the provisions for sequential tunnelling, and provisions for the payment of overcut and overbreak, water difficulties and similar. It should be pointed out that a dedicated bill item is intended for the provision of the tunnelling system, an item intended to include all machinery costs that are not dependent on the construction time or any obstructions. This specially aimed at the tendering of the TBM, for which a payment plan is provided in the contract. Further items are to be provided for time-dependent machinery costs, split according to the construction schedule.

¹ The description “continuous driving” was introduced in 1994. This did not take into account the fact that all TBM tunnels are advanced in strokes, i.e. just as sequentially as in conventional tunnelling. Both cases are intermittent processes. Even tunnels bored by a double shield TBM, which come nearest to a continuous advance, can only be modelled correctly as a sequential construction process. The erroneous description is certainly a reason why the use of the description “continuous driving” instead of “mechanised tunnelling” or “TBM tunnelling” has not become established outside Austria. In order to avoid difficulties of comprehension, “TBM tunnelling” has been added in brackets behind “continuous driving” in the English translation of the Austrian standard ON B 2203-2.

große Verkehrstunnelbauten mit Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) realisiert. Die Erfahrungen, die dabei und bei den vor kurzem abgeschlossenen Großprojekten Löttschberg-Basistunnel, Baulos Steg-Raron und Gotthard-Basistunnel, Abschnitt Bodio-Faido gewonnen wurden, sind in die Neufassung der Norm eingeflossen.

2 Österreich

2.1 Werkvertragsnorm

2.1.1 Inhalt

Die ON B 2203-2 „Untertagebauarbeiten-Werkvertragsnorm Teil 2 Kontinuierlicher Vortrieb“ [1] ist am 1. Januar 2005 in Kraft getreten¹. Sie ersetzt die alte B 2203 von 1994. Damals waren die Bestimmungen für zyklischen und kontinuierlichen Vortrieb noch in einem Dokument zusammengefasst. Ein Meilenstein in der österreichischen Untertagebau-Normung war die 1994 eingeführte Vortriebsklassenmatrix. Mit ihrer Hilfe wurde der (erfolgreiche) Versuch unternommen, den Einfluss des Stützmitteleinbaus und anderer leistungsbestimmender Maßnahmen, z.B. Ausbruch in Teilflächen, auf die Vortriebsgeschwindigkeit in Form von Stützmittelzahlen zu charakterisieren.

Die wesentlichen Inhalte der ON B 2203-2 sind in den Kapiteln „3. Begriffe“, „4. Verfahrensbestimmungen“ und „5. Vertragsbestimmungen“ enthalten. Es wird nicht zwischen Vortrieben in Fest- und Lockergestein unterschieden, lediglich nach Maschinentypen und Art der Stützmaßnahmen, insbesondere der Ortsbruststützung.

2.1.2 Gliederung Leistungsverzeichnis

Neben den allgemeinen Bestimmungen enthält die Norm Vorgaben zur Gliederung des Leistungsverzeichnisses (LV) in Positionen. Wesentlich sind die an den zyklischen Vortrieb angelehnte Vortriebsklassenmatrix, Bestimmungen zur Vergütung von Überbohrmaß und Mehrausbruch, Wassererschwerisse u. Ähnliches. Hervorzuheben ist, dass für das Beistellen des Vortriebssystems eine eigene LV-Position vorzusehen ist. Diese Position soll alle nicht von der Bauzeit oder von allfälligen Erschwerissen abhängigen Gerätekosten beinhalten. Speziell ist damit die Abschreibung der TVM angesprochen, für die im Vertrag ein Zahlungsplan vorzusehen ist. Weitere Positionen sind für die zeitabhängigen Gerätekosten des Vortriebssystems vorzusehen. Sie sind entsprechend dem Bauablauf zu unterteilen.

¹ Die Bezeichnung „kontinuierlicher Vortrieb“ wurde 1994 eingeführt. Dabei wurde nicht beachtet, dass TVM-Vortriebe ausnahmslos in Hüben, d.h. genauso zyklisch wie konventionelle Vortriebe ablaufen. Es handelt sich also in beiden Fällen um intermittierende Prozesse. Selbst Vortriebe mit TBM-DS, die einem kontinuierlichen Vortrieb am nächsten kommen, lassen sich baubetrieblich korrekt nur als zyklische Prozesse modellieren. Die unzutreffende Bezeichnung ist der Grund dafür, dass sich die Bezeichnung „kontinuierlicher Vortrieb“ anstelle „maschineller Vortrieb“ oder „TVM-Vortrieb“ außerhalb Österreichs nicht durchsetzen konnte. Um Verständnisschwierigkeiten vorzubeugen, wurde deshalb bei der Übersetzung der ON B 2203-2 ins Englische zur Erklärung des Begriffs „Continuous Driving“ in Klammern der Ausdruck „TBM-Tunnelling“ hinzugefügt.

2.1.3 Tunnelling class matrix

For gripper TBMs (TBM-O), the influence of support measures on the advance rate is taken into account in a similar way to sequential tunnelling, with a support measures number. The characterisation of the rock mass is implemented, as in the standard for sequential (conventional) tunnelling, in a tunnelling class matrix (Table 1). The first reference number is described in section 4.3.2.2 of ON B2203-2:

First reference number (Excavation behaviour/advance lengths), according to increasing chainage

The extent of detailing within the first reference number is determined by the requirements for clear description of the works, practicality of estimation and invoicing. On the one hand, the division of the first reference number is undertaken in the presence of sections of clearly different excavation behaviour, or if appropriate rock mass behaviour; on the other hand, the division of the first reference number is undertaken to divide the entire tunnel drive into partial sections for the purpose of localising the effects of any localised variations from the forecast.

For the tunnel sections, at least the essential influential parameters are to be given with ranges (e.g. rock compression strength, wear-related mineral content). Tunnel sections have a minimum length for practical purposes to ensure a statistically relevant statement of the distribution of the parameters, as well as corresponding to a multiple of the achievable daily advance rate in the section.

In cases where the excavation, particularly the penetration, is decisive for the determination of performance and costs (hard rock with large diameter) and the forecast of excavation behaviour is difficult (deep overburden, uncertain degree of jointing), a division according to penetration and strength values is recommended.

The standard thus makes it possible to tender penetration and tunnelling classes for special cases, as is usual in Switzerland.

The second reference number is dependent on the type and extent of performance-related measures (support

2.1.3 Vortriebsklassenmatrix

Bei Gripper-TBM (TBM-O) wird der Einfluss der Stützmaßnahmen auf die Vortriebsgeschwindigkeit in ähnlicher Weise wie beim zyklischen Vortrieb durch eine Stützmittelzahl ausgedrückt. Die Charakterisierung des Gebirges erfolgt in Analogie zur Norm für den zyklischen (konventionellen) Vortrieb in einer Vortriebsklassenmatrix (Tabelle 1). Die erste Ordnungsgruppe ist im Abschnitt 4.3.2.2 der ON B2203-2 geregelt:

Erste Ordnungsgruppe (Löseverhalten/Vortriebsabschnitte), nach Stationen aufsteigend

Das Ausmaß der Detaillierung innerhalb der ersten Ordnungsgruppe wird bestimmt durch die Forderung nach einer klaren Leistungsbeschreibung, Kalkulierbarkeit und Abrechnung. Zum einen erfolgt die Unterteilung nach der ersten Ordnungsgruppe beim Vorliegen von Abschnitten mit deutlich unterschiedlichem Löseverhalten, gegebenenfalls Gebirgsverhalten; zum anderen erfolgt die Unterteilung nach der ersten Ordnungsgruppe zur Gliederung des gesamten Vortriebes in Teilabschnitte zum Zwecke der Eingrenzung von Auswirkungen allfälliger örtlicher Abweichungen von der Prognose.

Für die Vortriebsabschnitte sind mindestens die maßgeblichen Einflussparameter mit Bandbreiten anzugeben (z. B. Gesteinsdruckfestigkeit, Verschleiß bestimmender Mineralgehalt). Die Vortriebsabschnitte weisen zweckmäßigerweise eine Mindestlänge auf, die sowohl eine statistisch zutreffende Angabe der Verteilung der Parameter sicherstellt, als auch einem Vielfachen der dort erzielbaren Tages-Vortriebsleistung entspricht.

In Fällen, bei denen das Löseverhalten, insbesondere die Penetration, für die Leistungs- und Kostenermittlung maßgebend ist (Festgestein bei großem Durchmesser) und die Prognose des Löseverhaltens schwierig ist (hohe Überlagerung, unsicherer Zerlegungsgrad), wird eine Unterteilung nach Penetration oder Festigkeitswerten empfohlen.

Damit eröffnet die Norm die Möglichkeit, in speziellen Fällen ähnlich wie in der Schweiz üblich Penetrations- bzw. Bohrklassen auszuschreiben.

Table 1. Tunnelling class matrix TBM-O, TBM-A, from [1].
Tabelle 1. Vortriebsklassenmatrix TBM-O, TBM-A nach [1]

First reference number Erste Ordnungsgruppe	Tunnel sections (VA) according to 4.3.2.2 Vortriebsabschnitte (VA) gemäß 4.3.2.2	VA	Second reference number Zweite Ordnungsgruppe											
			Support measures number according to 4.3.2.3 Stützmittelzahl nach 4.3.2.3											
			Maximum scope of application 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														

measures) for open machines. Table 2 shows the system and the evaluation factors given in the standard. The second reference number is described in section 4.3.2.3 of ON B2203-2:

Second reference number – TBM-O, TBM-A (support measures according to the installation location)

The categorisation criterion for the second reference number is the support measures number. This results from the type, extent and location of the installation of regularly installed support measures per m of tunnel, which are to

Die zweite Ordnungsgruppe ist bei offenen Maschinen abhängig von Art und Umfang der leistungsbestimmenden Maßnahmen (Stützmittel). Tabelle 2 zeigt die Systematik und die in der Norm angegebenen Bewertungsfaktoren. Die zweite Ordnungsgruppe ist im Abschnitt 4.3.2.3 der ON B2203-2 geregelt:

Zweite Ordnungsgruppe – TBM-O, TBM-A (Stützmittelzahl je nach Einbauort)

Als Ordnungskriterium der zweiten Ordnungsgruppe dient die Stützmittelzahl. Sie ergibt sich aus der Art, dem Um-

Table 2. Evaluation of regular support measures for continuous tunnelling with TBM-O, TBM-A, from [1]
Tabelle 2. Bewertung der Regelstützmittel für kontinuierlichen Vortrieb mit TBM-O, TBM-A nach [1]

Support measure Stützmittel		Evaluation factors according to working areas Bewertungsfaktoren nach Arbeitsbereichen	
		Working area Arbeitsbereich A1	Working area Arbeitsbereich A2
Rock bolts Anker	Friction anchor expanded by water pressure Gefalteter Rohrreibungsanker	3.0 m	1.6 m
	SM grouted anchor SN-Mörtelanker	4.0 m	2.5 m
	Self-drilling anchor Selbstbohranker	6.0 m	3.5 m
	Grouted anchor Verpressanker	6.0 m	4.0 m
	Prestressed grouted anchor Vorgespannter Mörtelanker	10.0 m	5.0 m
Grouting over 10 kg per m anchor Verpressungen über 10 kg je m Anker		0.3 kg	0.2 kg
Mesh reinforcement Baustahlgitter	Rock side without arches	4.0 m ²	2.5 m ²
	Rock side with arches	3.0 m ²	2.0 m ²
	Tunnel side	3.0 m ²	2.0 m ²
Arch sections shorter than half perimeter Bogenteile kürzer als halber Umfang		2.5 m	2.5 m
Arch sections longer than half perimeter Bogenteile länger als halber Umfang		5.0 m	–
Closed arches Bogen geschlossen		4.0 m	–
Liner plates Liner Plates		10.0 m	–
Shotcrete Spritzbeton	Sides Leibung ¹	70 m ³	20 m ³
	Filling of gaps and overbreak Ausfüllen von Zwickeln und Mehrausbrüchen	50 m ³	14 m ³
Poling boards Dielen	Lagging boards Verzugsdielen ²	15 m ²	
	Forepoling boards Getriebsdielen ²	20 m ³	

The support measures number in Table 1 is the result of dividing the sum of the reinforced support measures per m tunnel by the evaluation area

Die Stützmittelzahl der Tabelle 1 ergibt sich durch Division der Summe der bewehrten Stützmittel pro m Tunnel durch die Bewertungsfläche.

¹ theoretical dimensions according to nominal thickness and invoicing line ... / Theoretische Massen nach Nennstärke und Abrechnungslinie

² installed lagging boards ... / Eingebaute Dielen

Table 3. Tunnelling class matrix TBM-S, TBM-DS, SM, from [1]
 Tabelle 3. Vortriebsklassenmatrix TBM-S, TBM-DS, SM nach [1]

First reference number <i>Erste Ordnungsgruppe</i>	Tunnel sections (VA) according to 4.3.2.2 <i>Vortriebsabschnitte (VA) gemäß 4.3.2.2</i>	VA	Second reference number <i>Zweite Ordnungsgruppe</i>				
			Features determining performance according to 4.3.2.4, 4.3.2.5 <i>Leistungsbestimmende Merkmale gemäß 4.3.2.4, 4.3.2.5</i>				
			M 1	M 2	M 3	M (n-1)	M n
1		1/1	1/2	1/3			
2		2/1	2/2	2/3			
3							
n-1							
n							

be evaluated in accordance with the table and related to the evaluation area.

The evaluation area is to be fixed in the contract based on the nominal boring diameter and remains unaltered even if an overcut is implemented.

The evaluation factors in the table are valid for the regular types of support measure given in the tender documents.

The support measures are to be given and described for each tunnelling class according to the type, extent and location of installation. The scope of validity of a tunnelling class is to be specified within the limits of Table 1.

The tunnelling class matrix for TBMs with shield (TBM-S, TBM-DS, SM) is laid out slightly differently. The first reference number still provides tunnel sections, but the division within the second category is to be undertaken according to performance-relevant features (Table 3). This means, for example, different types of segments, but could also be used to refer to other criteria specific to the project or the process.

Two examples of this:

- For TBM-DS, operation in “normal mode” with gripper bracing and the introduction of the reaction forces from thrust into the rock and “auxiliary mode” with the introduction of the reaction forces into the segment lining are differentiated.
- For EPB machines, operation in “open mode” (removal of the muck by conveyor belt or through a screw conveyor without pressure) and “closed mode” (removal with pressure relief through a screw conveyor) are differentiated.

2.1.4 Wage costs of the tunnelling crew

One Austrian speciality is the alternatives offered regarding the performance-related (variable) costs of excavation.

- Variant (a): according to tunnelling class (VKL) one item for wages and sundries per m
- Variant (b): one item for the wages of the tunnelling crew per time unit and per tunnel section. In this case, an additional item is to be provided for the non-time-related part of the sundries for each tunnelling class

fang und dem Ort des Einbaues der eingebauten Regelstützmittel pro m Tunnel, welche gemäß Tabelle zu bewerten und in Bezug zur Bewertungsfläche zu setzen sind.

Die Bewertungsfläche ist auf Grundlage des Nominalen Bohrdurchmessers vertraglich festzulegen und bleibt auch bei Ausführung eines Überbohrmaßes unveränderlich.

Die Bewertungsfaktoren der Tabelle sind gültig für die in den Ausschreibungsunterlagen angegebenen Typen von Regelstützmitteln.

Die Stützmaßnahmen sind für jede Vortriebsklasse nach Art, Umfang und Ort des Einbaues anzugeben und darzustellen. Der Gültigkeitsbereich einer Vortriebsklasse ist in den Grenzen der Tabelle 1 festzulegen.

Die Vortriebsklassenmatrix für TVM mit Schild (TBM-S, TBM-DS, SM) ist etwas anders gestaltet. Sie sieht als erste Ordnungsgruppe zwar ebenfalls Vortriebsabschnitte vor, die Unterteilung innerhalb der zweiten Ordnungsgruppe soll aber nach leistungsbestimmenden Merkmalen des eingesetzten Vortriebssystems erfolgen (Tabelle 3). Damit sind z. B. unterschiedliche Tübbingtypen gemeint, es könnten aber auch andere, projektspezifische oder verfahrensbedingte Kriterien, verwendet werden.

Hierfür zwei Beispiele:

- Bei TBM-DS wird zwischen Betrieb im „Normalmodus“ mit Gripperspannung und Einleitung der Reaktionskräfte aus dem Vorschub in den Fels und „Hilfsmodus“ mit Einleitung der Reaktionskräfte in den Tübbingausbau unterschieden.
- Bei EPB-Maschinen wird zwischen „open mode“ (Austrag des Ausbruchmaterials über Förderband oder drucklos über Förderschnecke) und „closed mode“ (Austrag mit Druckabbau über Förderschnecke) unterschieden.

2.1.4 Lohnkosten der Vortriebsmannschaft

Eine österreichische Besonderheit ist die Wahlmöglichkeit bezüglich der leistungsbezogenen (variablen) Kosten des Ausbruchs.

- Variante (a): je Vortriebsklasse (VKL) eine Position für Lohn und Sonstiges je m

Clients generally prefer to tender Variant (b), because this offers advantages for contract adaptation.

2.1.5 Variation from geotechnical parameters

The ÖNORM contains no provisions for price variations following variations in geological-geotechnical parameters, like higher rock strength, degree of jointing or bedding conditions. It is solely postulated that project-specific provisions are to be provided for mixed-face conditions, blocky ground, bracing problems or similar, but only where such hindrances can be clearly described and thus be estimated. For heavy wear due to very abrasive rock – Cerchar abrasivity index > 4.0 – or the exceeding of contractual ranges for wear-relevant parameters, hindrance items can be provided, which cover increased wear to excavation tools and the resulting reduction of performance.

2.2 Standard bill of quantities with specification details (LV)

In Austria, there has so far only been a standard bill of quantities for tunnelling with sequential advance (LB-VI) [3]. No contractual standard bill of quantities for tunnelling with continuous advance has yet been approved by the responsible authorities. A small group has produced a short-text bill of quantities as the basis for sample estimation of TBM drives in 2006 [4]. Although this draft largely implements the requirements of the ÖNORM regarding item classification and the bill is laid out similarly to the standard bill for sequential tunnelling, this work has not yet been accepted outside the circle of the recipients of the sample estimation.

2.3 Contract organisation on projects

2.3.1 Project A

Local conditions

- Bored diameter 7.00 m, length 3.5 km
- Geological conditions: predominantly calcareous mica schist
- Tunnelling with TBM-O and conventional support measures

Basic provisions

- The provisions of ON B 2203-2 apply generally.
- Minimum requirements for the tunnelling equipment are defined.

Structure of the bill

- Site overheads:

The provisions of ON B 2203-2 regarding dedicated items for the provision and maintenance of tunnelling equipment were not included in the tenders. The breakdown of site overheads according to ON B 2061 [5] into one-off costs, time-related costs and machinery costs was undertaken analogously to the items for sequential tunnelling.

- Tunnelling items:

In principle, the tunnelling class matrix according to ÖNORM was used. In the first reference number, a tunnel section was defined for each rock mass type, a procedure recommended by the authors. For each tunnel section, there are six support measures classes.

- Variante (b): eine Position für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft je Zeiteinheit und je Vortriebsabschnitt. Zusätzlich ist in diesem Fall für jede VKL eine Position für den nicht zeitgebundenen Anteil Sonstiges vorzusehen

Von den Auftraggebern wird bevorzugt Variante (b) ausgeschrieben, weil diese Vertragsanpassungen Vorteile erleichtert.

2.1.5 Abweichung geotechnischer Parameter

Für Preisadjustierungen in Folge abweichender geologisch-geotechnischer Parameter wie höhere Gesteinsfestigkeit, Zerlegungsgrad oder Lagerungsverhältnisse enthält die ÖNORM keine Regelungen. Es wird lediglich postuliert, dass bei Mixed-face-Bedingungen, Blockigkeit, Verspannproblemen oder Ähnlichem projektspezifische Regelungen vorzusehen sind, allerdings nur, wenn diese Erschwerisse eindeutig beschreibbar und damit auch kalkulierbar sind. Für hohen Verschleiß bei extrem abrasivem Gestein – Cerchar-Abrasivitätsindex > 4,0 – bzw. Überschreiten der vertraglichen Bandbreiten der verschleißrelevanten Parameter können Erschwerispositionen vorgesehen werden, die den erhöhten Verschleiß der Bohrwerkzeuge und die daraus folgende Leistungsminderung erfassen.

2.2 Standard-Leistungsbeschreibung

In Österreich gibt es bisher nur eine Standard-Leistungsbeschreibung nur für Tunnelbau mit zyklischem Vortrieb (LB-VI) [3]. Ein akkordiertes und von den zuständigen Stellen freigegebenes Standard-LV für Tunnelbau mit kontinuierlichem Vortrieb gibt es bisher noch nicht. Von einer kleinen Gruppe wurde 2006 ein Kurztext-LV als Basis für eine Musterkalkulation für TVM-Vortriebe erarbeitet [4]. Obwohl in diesem Entwurf die Vorgaben der ÖNORM hinsichtlich der Positionsgliederung weitgehend umgesetzt wurden und das LV analog zur Standard-LB für zyklische Vortriebe strukturiert wurde, fand dieses Werk keine über den Kreis der Bezieher der Musterkalkulation hinausgehende Verbreitung.

2.3 Vertragsgestaltung bei Projekten

2.3.1 Projekt A

Randbedingungen

- Bohrdurchmesser 7,00 m, Länge 3,5 km
- Geologische Verhältnisse: überwiegend Kalkglimmerschiefer
- Vortrieb mit TBM-O und konventionellen Stützmitteln

Grundlegende Bestimmungen

- Grundsätzlich gelten die Bestimmungen der ON B 2203-2.
- Mindestanforderungen an die Vortriebsausrüstung wurden definiert.

Aufbau des LV

- Baustellengemeinkosten:

Die Vorgaben der ON B 2203-2 hinsichtlich eigener Positionen für das Bestellen und Vorhalten der Vortriebs-einrichtung wurden in der Ausschreibung nicht berücksich-

Geotechnical parameters

The average values for UCS and CAI are listed in the rock mass type tables. Only for one rock mass type, the calcareous mica schist predominant in the powerhouse cavern, were ranges and standard deviations introduced. The expected radial deformations of the unsupported cavity were given for all rock mass types.

Variations from the ÖNORM

There are no rules for price variations to cover variations of geological conditions, especially variations of the rock mechanical parameters UCS and CAI from the forecast.

2.3.2 Project B

Local conditions

- Bored diameter 11.92 m, Length 6.6 km
- Geological conditions: Mittelländische Molasse zone (conglomerate, sandstone, marl sandstone, marl and clay marl)
- Tunnelling with TBM-S and temporary support with segments

Basic provisions

- The provisions of ON B 2203-2 apply generally
- The basis for the legal contract conditions is the ON B 2118 [6]

Structure of the bill

- Site overheads:
 - One-off costs according to ON B 2061
 - Time-related site overheads and site machinery costs according to ON B 2118 with reference to ON B 2061
- Tunnelling items:
 - The tunnelling class matrix according to ÖNORM was not used. The tunnel was divided into six tunnel sections. For each section, there is an item for sundries (consumables, repair and wear, other). The wage costs of the tunnelling crew are tendered uniformly for the entire tunnel length.

Geotechnical parameters

The parameters decisive for penetration – UCS, spacing of the significant jointing surfaces and swelling potential – were listed in a table and divided into categories. The jointing layout is not given explicitly, but can be taken from the longitudinal sections. In addition, all results from the laboratory tests performed on core samples and parameters from projects in comparable geological conditions are included in the tender documents. The CAI values of the tested samples are also given.

Variations

No provision for price variations for variant geological conditions, particularly for differences of the rock mechanical parameters UCS and CAI from the forecast values.

2.3.3 Project C

Local conditions

- Bored diameter 9,90 m, length 2 × 17 km
- Geological conditions: crystalline (paragneiss, amphibolite, orthogneiss)

sichtigt. Die Unterteilung der Baustellengemeinkosten gemäß ON B 2061 [5] in einmalige Kosten, zeitgebundene Kosten und Gerätekosten wurde analog zu den Positionen des zyklischen Vortriebs vorgenommen.

– Vortriebspositionen:

Im Prinzip wurde die Vortriebsklassenmatrix gemäß ÖNORM verwendet. In der ersten Ordnungsgruppe wurde je Gebirgsart ein Vortriebsabschnitt definiert, eine Vorgangsweise, die auch von den Autoren empfohlen wird. Für jeden Vortriebsabschnitt gibt es sechs Stützmittelklassen.

Geotechnische Kennwerte

Die Mittelwerte für UCS und CAI sind in den Gebirgsartentabellen aufgeführt. Nur für eine einzige Gebirgsart, den in der Krafthauskaverne dominierenden Kalkglimmerschiefer, wurden Bandbreiten und Standardabweichung angeführt. Für alle Gebirgsarten wurden die für den ungestützten Hohlraum erwarteten Radialverformungen angegeben.

Abweichungen von der ÖNORM

Es gibt keine Regeln für Preisanpassung bei abweichenden geologischen Verhältnissen, insbesondere Abweichungen der felsmechanischen Parameter UCS und CAI von der Prognose.

2.3.2 Projekt B

Randbedingungen

- Bohrdurchmesser 11,92 m, Länge 6,6 km
- Geologische Verhältnisse: Mittelländische Molassezone (Konglomerate, Sandsteine, Mergelsandsteine, Mergel und Tonmergel)
- Vortrieb mit TBM-S und Vorauskleidung mit Tübbing

Grundlegende Bestimmungen

- Grundsätzlich gelten die Bestimmungen der ON B 2203-2
- Grundlage für die rechtlichen Vertragsbestimmungen ist die ON B 2118 [6]

Aufbau des LV

- Baustellengemeinkosten:
 - Einmalige Kosten gemäß ON B 2061
 - ZGBK der Baustelle und Gerätekosten der Baustelle gemäß ON B 2118 mit Verweis auf ON B 2061
- Vortriebspositionen:
 - Die Vortriebsklassenmatrix gemäß ÖNORM wurde nicht angewendet. Der Tunnel wurde in sechs Vortriebsabschnitte unterteilt. Je Abschnitt gibt es eine Position für Sonstiges (Betriebsstoffe, Reparatur und Verschleiß, Diverses). Die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft wurden für die gesamte Tunnellänge einheitlich ausgeschrieben.

Geotechnische Kennwerte

Die für die Penetration maßgeblichen Parameter – UCS, Abstand der maßgeblichen Trennflächen und Quellpotenzial – wurden tabellarisch zusammengefasst und in Kategorien unterteilt. Die Gefügestellung ist nicht explizit angegeben, kann aber aus dem Längenschnitt entnommen werden. Darüber hinaus sind in den Ausschreibungsunter-

- Tunnelling with TBM-S or DS and temporary support with segments. In some sections, single-layer lining with segments.

Basic provisions

- The provisions of ON B 2203-2 apply generally
- Minimum requirements are defined for the tunnelling equipment
- In the technical contract conditions for TBM tunnelling, the high abrasivity and the resulting wear effects on the excavation tools are expressly pointed out.

Structure of the bill

- Site overheads
One-off costs according to ON B 2118 with reference to ON B 2061
Time-related site overheads according to ON B 2118 with reference to ON B 2061
Site machinery costs according to ON B 2118 with reference to ON B 2061
- Tunnelling items
The tunnel sections to be driven continuously were divided into tunnel sections (first reference number). Fault zones have their own tunnel section. The borders of the tunnel sections take into account the construction relevance of the geological, hydrogeological and geotechnical conditions. No method-specific performance-related criteria for the definition of tunnelling classes dependent on the tunnelling system, e.g. different operating modes of the TBM-DS, are used. There is therefore no second reference number.
For each tunnel section, there are bill items with CAI value ≤ 4.0 and > 4.0 . Additionally there are bill items for tunnelling in fault zones with the installation of special segments independent of the CAI value. The unit prices in the higher wear reference number apply up to a CAI value of 6.0.

Geotechnical parameters

The contractually relevant compression strength values parallel and at a right angle to the cleavage are specified with a uniform value for the entire length of the tunnel. If this contract value is exceeded, there are graduated extra prices. The payment positions are not differentiated according to wear classes.

Rock samples

The taking of rock samples for the determination of the actual geotechnical values is regulated in detail, as are the formation of the average value and the performance of the tests. The relevant length of applicability of each sample-taking position is also defined exactly. In the contract, there is a standard curve for the conversion of the uniaxial compression strength depending on the orientation to the cleavage. The dimensions of the samples are also defined.

Payment

The intended payment items are paid separately when the relevant parameter (UCS or CAI) is exceeded. Combination (aggregation) of effects is not provided.

There is only a claim for payment of extra costs resulting from increased uniaxial compression strength

lagen sämtliche Ergebnisse der an Bohrkernen durchgeführten Laborprüfungen sowie Kennwerte von Projekten in vergleichbarer Geologie enthalten. Die CAI-Werte der untersuchten Proben wurden ebenfalls angegeben.

Abweichungen

Keine Regelung für Preisanpassung bei abweichenden geologischen Verhältnissen, insbesondere bei Abweichungen der felsmechanischen Parameter UCS und CAI von den prognostizierten Werten.

2.3.3 Projekt C

Randbedingungen

- Bohrdurchmesser 9,90 m, Länge 2×17 km
- Geologische Verhältnisse: Kristallin (Paragneise, Amphibolite, Orthogneise)
- Vortrieb mit TBM-S oder DS und Vorauskleidung mit Tübbing. Abschnittsweise einschalige Auskleidung mit Tübbing.

Grundlegende Bestimmungen

- Grundsätzlich gelten die Bestimmungen der ON B 2203-2
- Mindestanforderung an die Vortriebseinrichtungen definiert
- In den technischen Vertragsbestimmungen für TVM-Vortrieb wird ausdrücklich auf die hohe Abrasivität und die sich daraus ergebenden Verschleißeffekte an den Schneidwerkzeugen hingewiesen.

Aufbau des LV

- Baustellengemeinkosten
Einmalige Kosten gemäß ON B 2118 mit Verweis auf ON B 2061
ZGBK der Baustelle gemäß ON B 2118 mit Verweis auf ON B 2061
Gerätekosten der Baustelle gemäß ON B 2118 mit Verweis auf ON B 2061
- Vortriebspositionen
Die in kontinuierlichem Vortrieb aufzufahrenden Tunnelstrecken wurden in Vortriebsabschnitte (erste Ordnungsgruppe) unterteilt. Störungszonen stellen eigene Vortriebsabschnitte dar. Die Abgrenzung der Vortriebsabschnitte berücksichtigt die bautechnische Relevanz der geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Gegebenheiten. Für die Definition der Vortriebsklassen wurden keine methodenspezifische leistungsbestimmenden Kriterien, die vom Vortriebssystem abhängig sind, z.B. verschiedene Betriebsmodi bei TBM-DS, verwendet. Es gibt daher keine zweite Ordnungsgruppe. Für jeden Vortriebsabschnitt gibt es Leistungspositionen mit CAI-Wert $\leq 4,0$ und $> 4,0$. Außerdem gibt es Leistungspositionen für Vortrieb in Störzonen mit Einbau von Spezialtübbing unabhängig vom CAI-Wert. Die Einheitspreise in der höheren Verschleißklasse gelten bis zu einem CAI-Wert von 6,0.

Geotechnische Kennwerte

Für den gesamten Vortriebsbereich wurde die vertraglich relevante einachsiale Druckfestigkeit parallel und senkrecht zur Schieferung mit einem einheitlichen Wert festgelegt. Bei Überschreiten dieses Vertragswerts gibt es gestaf-

when the compression strength exceeds the contract specification values. Variations of other parameters like fracture or destruction energy, splitting strength, spacing of significant jointing interfaces, joint orientation, degree of jointing or primary stress condition are not taken into account.

2.4 Commentary about ÖNORM and tendering practice

2.4.1 Tunnelling class matrix

For the assignment of the first reference number, the standard permits various aspects to be considered. The excavation behaviour takes first place in the standard, with the rock mass behaviour in second place. The division of the tunnel into tunnel sections is also intended to limit the effects of any local variations.

In the opinion of the authors, the first reference number should only consider the excavation behaviour for tunnel drives in hard rock ($UCS \geq 60$ MPa). The simultaneous consideration of rock mass behaviour is inappropriate, if only because rock mass and excavation behaviour only correlate to a limited extent. With a TBM-O, the rock mass behaviour influences the classification through the support measures number, and with a TBM-S/DS through other characteristics like the type of segment or operating mode.

In rock mass types with predominantly ductile rocks, it is not normally the excavation behaviour that is decisive for the advance rate, at least for tunnels with diameter > 9.0 m. In such rock mass types, the rock mass behaviour has a decisive influence on the advance rate. The division into tunnel sections should therefore consider this aspect.

For the driving of deep tunnels in ductile rock mass, the deformation behaviour is the decisive factor in the selection of a tunnelling method or TBM type [7].

2.4.2 Tunnel sections

A complication can arise when the tunnel sections are specified so that more than one type of rock mass occurs in one section. The penetration can only be unambiguously calculated from the rock mass type, and the same applies to disc cutter wear. The creation of tunnel sections, in which more than one rock mass type occurs, forces the bidder to estimate average values and mixed prices. Mixed prices, however, regularly lead to problems with the variation of unit prices. This could be avoided if the tunnel sections were defined as rock mass types.

2.4.3 Geotechnical parameters

In the tender, there should be an overview page for each rock mass type containing a specific heading with all the important geological and geotechnical data that are important for the evaluation of excavation behaviour. Clearly defined average values (UCS, CAI) with a statement of minimum and maximum values and the standard deviation should be given as a contractual basis for the calculation of penetration and wear. This would provide an unambiguous basis for the calculation of variations of advance rate and disc wear in case of variation of the geotechnical parameters. In addition to the average values,

felte Aufpreise. Bei den Aufzählungspositionen wird nicht nach Verschleißklassen unterschieden.

Gesteinsproben

Die Entnahme der Proben zur Bestimmung der geotechnischen IST-Werte ist detailliert geregelt, ebenso die Mittelwertbildung und die Versuchsdurchführung. Auch die Einflusslänge der jeweiligen Probenentnahmestellen ist genau definiert. Im Vertrag ist auch eine Normkurve zur Umrechnung der einachsialen Druckfestigkeit in Abhängigkeit von der Orientierung zur Schieferung enthalten. Darüber hinaus sind die Abmessungen der Proben definiert.

Vergütung

Die vorgesehenen Aufzählungspositionen werden bei einer Überschreitung des jeweils betroffenen Parameters (UCS bzw. CAI) getrennt vergütet. Eine Überlagerung (Aggregation) der Auswirkungen ist nicht vorgesehen.

Ein Anspruch auf Vergütung der Mehrkosten infolge höherer einachsialer Druckfestigkeit entsteht nur dann, wenn die Druckfestigkeit den vertraglich festgelegten Wert überschreitet. Abweichungen anderer Parameter wie Bruch- oder Zerstörungsenergie, Spaltzugfestigkeit, Abstand der maßgeblichen Trennflächen, Gefügestellung, Zerlegungsgrad oder Primärspannungszustand werden nicht berücksichtigt.

2.4 Kommentar zur ÖNORM und zur Ausschreibungspraxis

2.4.1 Vortriebsklassenmatrix

Bei der Zuordnung zur ersten Ordnungsgruppe können laut Norm unterschiedliche Aspekte im Vordergrund stehen. An erster Stelle steht in der Norm das Löseverhalten, an zweiter Stelle das Gebirgsverhalten. Die Gliederung des Tunnels in Vortriebsabschnitte soll zudem die Auswirkungen allfälliger örtlicher Abweichungen eingrenzen.

Nach Meinung der Autoren sollte bei Vortrieben im Hartgestein ($UCS \geq 60$ MPa) die erste Ordnungsgruppe ausschließlich das Löseverhalten berücksichtigen. Die gleichzeitige Berücksichtigung des Gebirgsverhaltens ist schon deshalb nicht sinnvoll, weil Gebirgs- und Löseverhalten nur bedingt korrelieren. Das Gebirgsverhalten fließt bei TBM-O über die Stützmittelzahl, bei TBM-S/DS über andere Charakteristika wie Tübbingtyp oder Betriebsmodus, in die Klassifizierung ein.

In Gebirgsarten mit überwiegend duktilen Gesteinen ist meistens nicht das Löseverhalten für die Vortriebsgeschwindigkeit entscheidend, zumindest nicht in Tunneln mit Durchmesser $> 9,0$ m. In solchen Gebirgsarten ist das Gebirgsverhalten von entscheidendem Einfluss auf die Vortriebsgeschwindigkeit. Die Einteilung in Vortriebsabschnitte sollte deshalb unter diesem Aspekt erfolgen.

Beim Vortrieb tiefliegender Tunnel mit TBM in duktilem Gebirge ist das Deformationsverhalten der entscheidende Faktor für die Wahl des Vortriebsverfahrens bzw. des TBM-Typs [7].

2.4.2 Vortriebsabschnitte

Eine Komplikation kann entstehen, wenn die Vortriebsabschnitte so festgelegt werden, dass in einem Abschnitt

the extreme values of UCS and CAI should also be given; these can be used for the mechanical sizing of the tunnelling machinery.

3 Switzerland

3.1 Standard conditions of contract

3.1.1 Content

The SIA standard 198 “General Conditions for Underground Construction Work” [2] belongs to the series of standards covering contract conditions in construction and includes additions to the standard SIA 118 “General Conditions for Construction Work” [8]. It includes detailed regulations for contracts in underground construction. The current version from 2007 has been revised from many predecessors – the last from 1991. SIA 198 covers conventional and mechanised tunnel drives in one common standard.

3.1.2 Tunnelling classes

As described in [3], tunnel construction contracts should primarily regulate the payment for excavation and support, overbreak, obstructions and exceptional events. These points are all dealt with – in addition to many others – in the Swiss underground construction standard. The classification of items for TBM tunnelling in rock can be seen in Table 4. In order to enable estimation for the correct reasons and fair payment to cover expenses, the excavation items are arranged in matrix according to support and tunnelling classes (Table 5). The support classes are described in Table 6.

Generally, the standards in Switzerland, just like those in Austria, offer instruments for the division of the rock mass into categories, which is intended to enable fair estimation and payment for the expenses incurred. They therefore mainly consider construction operational aspects like the cuttability and the effect on progress of support installation, but not geological-geotechnical parameters or derived values like RQD or RMR. For each category (matrix cell), the advance rate and the excavation price are to be quoted by the bidders. One Swiss speciality is the determination of the tunnelling class through test strokes, with the penetration being measured and used to derive the tunnelling class. When no other agreement has been reached, this method is applicable as the agreed standard. The SIA standard provides no categorisation into wear classes, although in extremely abrasive rock, an additional payment (extra price item) can be provided for increased tool wear.

3.2 Standard bill of quantities with specification details

In Switzerland, there has been a standard bill of quantities for underground construction for many years, called the standard item catalogue (Norm-Positions-Katalog NPK), which is generally accepted and used almost universally. The layout is described below through a project example.

3.3 Contract organisation for Project D

Local conditions

- Bored diameter 9.90 m, length 2 × 6.1 km
- Geology: crystalline (diverse types of gneiss)

mehrere Gebirgsarten vorkommen. Die Penetration lässt sich nämlich nur auf Basis der Gebirgsarten eindeutig berechnen. Dasselbe gilt hinsichtlich des Meißelverschleißes. Die Schaffung von Vortriebsabschnitten, in denen mehrere Gebirgsarten vorkommen, zwingt die Bieter zur Bildung von Mittelwerten und Mischpreisen. Mischpreise führen bei der Ermittlung geänderter Einheitspreise aber regelmäßig zu Problemen. Diese könnten vermieden werden, wenn die Vortriebsabschnitte als Gebirgsarten definiert würden.

2.4.3 Geotechnische Kennwerte

In die Ausschreibung sollte für jede Gebirgsart ein Übersichtsblatt aufgenommen werden, das in einer eigenen Rubrik alle für die Beurteilung des Löseverhaltens wichtigen geologischen und geotechnischen Daten enthält. Als tragliche Basis für die Berechnung von Penetration und Verschleiß sollten eindeutig definierte Mittelwerte (UCS, CAI) mit Angabe von Minima und Maxima sowie der Standardabweichung angegeben werden. Damit wäre bei Abweichungen der geotechnischen Parameter eine eindeutige Basis für die Berechnung der geänderten Vortriebsgeschwindigkeit und des Meißelverschleißes gegeben. Neben den Mittelwerten sollten die Extremwerte für UCS und CAI angegeben werden, auf welche die Vortriebsrichtung maschinentechnisch zu dimensionieren ist.

3 Schweiz

3.1 Werkvertragsnorm

3.1.1 Inhalt

Die SIA-Norm 198 „Allgemeine Bedingungen für Untertagebau“ [2] gehört zur Normenreihe Allgemeine Bedingungen Bau und enthält Ergänzungen zur Norm SIA 118 „Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten“ [8]. Sie beinhaltet detaillierte Regelungen für Werkverträge im Untertagebau. Die aktuelle Fassung von 2007 baut auf mehreren Vorläufer-Versionen – die letzte von 1991 – auf. Die SIA 198 behandelt konventionelle und maschinelle Vortriebe in einem gemeinsamen Regelwerk.

3.1.2 Vortriebsklassen

Wie in [3] ausgeführt sollten Tunnelbauverträge hauptsächlich die Vergütung von Ausbruch und Sicherung, Mehrausbruch, Erschwernissen und außergewöhnlichen Ereignissen regeln. Diese Punkte sind – neben vielen anderen – auch in der Schweizer Untertagebau-Norm prioritätär geregelt. Die Positionsgliederung für TBM-Vortriebe im Fels ist aus Tabelle 4 ersichtlich. Um eine ursachengerechte Kalkulation und damit auch eine aufwandsgerechte Vergütung zu ermöglichen, werden die Ausbruchpositionen nach Sicherungs- und Bohrklassen in einer Matrix angeordnet (Tabelle 5). Die Sicherungsklassen sind in Tabelle 6 beschrieben.

Grundsätzlich bieten in der Schweiz ebenso wie in Österreich die Untertagebau-Normen Instrumente zur Einteilung des Gebirges in Kategorien, die eine aufwandsgerechte Kalkulation und Vergütung ermöglichen sollen. Sie berücksichtigen deshalb hauptsächlich baubetriebliche Aspekte wie die Bohrbarkeit und die Beeinflussung

Table 4. Overview of the structure of the excavation items, from [2]
 Tabelle 4. Übersicht über die Gliederung der Ausbruchpositionen nach [2]

	Rock Fels			Loose ground Lockergestein		
	Drill & blast in rock SPV	TBM TBM	TBM in rock MUF	TBM in soft ground MUL	Shield machine SM	
Type of excavation Ausbruchart	A, B, C, D, E	A	A, B, C, D, E	A to E	A	
Support class SK Sicherungsklasse SK	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5, T	1, 2, 3, 4, 5	–	T	
Excavation class Abbaubarkeit	–	Tunnelling class Bohrklasse X, Y, Z	Tunnelling class Abbauklasse X, Y, Z	–	Tunnelling class Abbauklasse X, Y, Z	
Face Inclination Brustneigung				I, n		
Face support Bruststützung				a, b, c	a, b, c	
Auxiliary construction measures Bauhilfsmaßnahme				Measure Δ Maßnahme Δ	possible evtl.	
Example of the labelling of the excavation items Beispiele für die Kennzeichnung der Ausbruchpositionen	B2 D4 E5	3X 2Z 1Y	A 3X B 2Y C 4Z	I – – n, b, Δ n c	X – Y a Y b	X X Y

Table 5. Tunnel boring machine – tunnel in rock (TBM);
 classification of the excavation items, from [2]
 Tabelle 5. Tunnelbohrmaschinen – Vortrieb im Fels (TBM);
 Gliederung der Ausbruchpositionen nach [2]

Support class SK Sicherungsklasse SK	Tunnelling class 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	TX	TY	TZ

– Tunnelling with TBM-O and conventional support measures

Basic provisions

– The standards SIA 118 and SIA 198 (1993) apply generally.

Structure of bill

– Site overhead costs:
 Lump sum items for delivery, assembly, maintenance and dismantling of the TBM

– Tunnelling items:
 Five tunnelling classes (V, W, X, Y, Z) and five excavation classes (TBM I to V) are differentiated. The determination of tunnelling classes (penetration) is performed

des Vortriebs durch den Stützmitteleinbau und nicht geologisch-geotechnische Kennwerte oder abgeleitete Größen wie RQD oder RMR. Für jede Kategorie (Matrix-Kästchen) sind von den Anbietern die Vortriebsgeschwindigkeit und der Ausbruchpreis anzugeben. Eine Schweizer Besonderheit stellt die Bestimmung der Bohrklasse durch Testhübe dar, bei denen die Penetration gemessen und dadurch die Bohrklasse bestimmt wird. Wenn keine andere Vereinbarung getroffen wurde, gilt diese Methode als vereinbarter Standard. Die SIA-Norm sieht keine Einteilung in Verschleißklassen vor. Bei extrem abrasivem Gestein kann jedoch eine zusätzliche Vergütung (Aufpreisposition) für erhöhten Werkzeugverschleiß vorgesehen werden.

3.2 Standard-Leistungsbeschreibung

In der Schweiz gibt es seit vielen Jahren eine Standard-Leistungsbeschreibung für Untertagebau, den so genannten Norm-Positions-Katalog (NPK), der generell akzeptiert ist und praktisch flächendeckend angewendet wird. Der Aufbau wird im Folgenden beispielhaft anhand eines Projekts beschrieben.

3.3 Vertragsgestaltung beim Projekt D

Randbedingungen

– Bohrdurchmesser 9,90 m, Länge 2 × 6,1 km
 – Geologie: Kristallin (diverse Gneise)
 – Vortrieb mit TBM-O und konventionellen Stützmitteln

Grundlegende Bestimmungen

– Grundsätzlich gelten die Normen SIA 118 und SIA 198 (1993).

Table 6. Support classes for tunnels and shafts (TBM), from [2]; the temporary support in the backward area L3 is insignificant for the classification of support class

Tabelle 6. Sicherungsklassen für Tunnel und Schächte (TBM) nach [2]; die Ausbruchssicherung im rückwärtigen Bereich L3 ist für die Sicherungsklasseneinteilung unerheblich

	Machine area L1 Maschinenbereich L1	Backup area L2 Nachläuferbereich L2
SK 1	<ul style="list-style-type: none"> - Head protection may be required according to EKAS guideline 6514 - <i>Eventuell Kopfschutz nach EKAS-Richtlinie 6514</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Net fixed with anchors or bolts, or similar measures - <i>Netz mit Ankern oder Bolzen befestigt oder gleichwertige Maßnahmen</i> - Invert segments, if specified, to be provided for all support classes - <i>Sohltübbinge, falls im Projekt für alle Sicherungsklassen vorgesehen</i>
SK 2	<ul style="list-style-type: none"> - Net covering $\leq \frac{1}{3}$ of the perimeter and fixed with ≤ 0.4 anchors and/or bolts per m^2 - <i>Netz auf $\leq \frac{1}{3}$ des Kreisumfangs mit $\leq 0,4$ Ankern und/oder Bolzen pro m^2 befestigt</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - 0.4 anchors per m^2 with partial arches round $> \frac{1}{4}$ of the perimeter - <i>0,4 Anker pro m^2 mit Teilbögen auf $> \frac{1}{4}$ des Kreisumfangs</i> - Net and shotcrete or shotcrete with fibre reinforcement $\leq \frac{1}{2}$ of the perimeter - <i>Netz und Spritzbeton oder Spritzbeton mit Faserbewehrung auf $\leq \frac{1}{2}$ des Kreisumfangs</i>
SK 3	<ul style="list-style-type: none"> - Net covering $> \frac{1}{3}$ of the perimeter and fixed with > 0.4 anchors and/or bolts per m^2 - <i>Netz auf $> \frac{1}{3}$ des Kreisumfangs mit $> 0,4$ Ankern und/oder Bolzen pro m^2 befestigt</i> - Partial arches round $\leq \frac{3}{4}$ of the perimeter¹ - <i>Teilbögen auf $\leq \frac{3}{4}$ des Kreisumfangs¹</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Net with > 0.4 anchors per m^2 and shotcrete or shotcrete with fibre reinforcement round entire perimeter except invert - <i>Netz mit $> 0,4$ Anker pro m^2 und Spritzbeton oder Spritzbeton mit Faserbewehrung auf dem gesamten Kreisumfang exkl. Sohle</i> - Partial arches round $\leq \frac{3}{4}$ of the perimeter¹ - <i>Teilbögen auf $\leq \frac{3}{4}$ des Kreisumfangs²</i>
SK 4	<ul style="list-style-type: none"> - Closed steel inserts with net or isolated lagging plates - <i>Geschlossener Stahleinbau mit Netz oder einzelnen Verzugsblechen¹</i> - Lattice beams on partial arches round $\geq \frac{3}{4}$ of the perimeter with nets and anchors - <i>Gitterträger auf Teilbögen auf $\geq \frac{3}{4}$ des Kreisumfangs mit Netzen und Ankern¹</i> - Shotcrete as sealing round $> \frac{1}{4}$ of the perimeter - <i>Spritzbeton als Versiegelung auf $> \frac{1}{4}$ des Kreisumfangs</i> - Pressure-distributing elements by the lagging boards - <i>Druckverteilende Elemente im Bereich der Verspannplatten</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Invert support with sprayed or poured concrete, if no invert segments are intended - <i>Sohlensicherung mit Spritz- oder Ortbeton, falls keine Sohltübbinge vorgesehen sind</i> - Closed steel inserts, poss supported on invert segment² - <i>Geschlossener Stahleinbau evtl. auf Sohltübbing abgestützt²</i> - Lattice beam round $\geq \frac{3}{4}$ of the perimeter with net and anchors² - <i>Gitterträger auf $\geq \frac{3}{4}$ des Kreisumfangs mit Netz und Ankern²</i>
SK 5	<ul style="list-style-type: none"> - Closed steel inserts with lagging - <i>Geschlossener Stahleinbau mit Verzug</i> - Full-area steel elements - <i>Vollflächige Stahlelemente</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Not applicable - <i>Nicht Maßgebend</i>
SK T	<ul style="list-style-type: none"> - Closed segment lining - <i>Geschlossener Tübbingausbau</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Not applicable - <i>Nicht maßgebend</i>

¹ for tunnel diameters > 6 m / bei Tunneldurchmesser > 6 m

² for tunnel diameters ≤ 6 m / bei Tunneldurchmesser ≤ 6 m

with a test stroke. Wear is included up to CAI 4.0. For CAI values > 4.0 , additional items (graded from 4.0 to 4.5 and 4.5 to 5.0) are to be provided. The type and quantity of support measures for the excavation classes were specified for the specific project based on SIA 198.

- Commentary:

All in all, a tender that is mostly in accordance with the standard with a fair distribution of risks. However, an alternative proposal mostly based on fixed prices was actually awarded the contract.

Geotechnical parameters

The results of all laboratory tests on drill cores are given in the geotechnical report. The tests performed were UCS

Aufbau LV

- Baustellengemeinkosten:

Pauschalpositionen für Antransport, Montage, Vorhalten und Demontage der TBM

- Vortriebspositionen:

Es werden fünf Bohrklassen (V, W, X, Y, Z) und fünf Ausbruchklassen (TBM I bis V) unterschieden. Die Bestimmung der Bohrklassen (Penetration) erfolgt durch Testhübe. Verschleiß bis CAI 4,0 ist einzurechnen. Bei CAI-Werten $> 4,0$ sind Zuschlagspositionen (gestaffelt von 4,0 bis 4,5 und 4,5 bis 5,0) vorgesehen. Art und Menge der Stützmittel für die Ausbruchklassen wurden in Anlehnung an die SIA 198 projektspezifisch festgelegt.

(the results of the laboratory tests standardised with regard to diameter, height and angle), σ_z and CAI. No average values or contractually binding values were given. The bedding conditions and the jointing structure are not, as is usual in Austria, displayed as hemisphere diagrams but as block diagrams. The geotechnical report contains an exact description of the abrasivity with a statement of ranges.

Variations

In the contract, there are no provisions for price variations for variable geology, especially for variations of the rock mechanical parameters UCS and CAI from the forecast values.

4 Comparison Austria – Switzerland

Comparing the standards for underground construction of Austria and Switzerland, there is indeed general agreement in essential points, but there are grave differences in the handling of details. These are mainly the result of the historical differences and the different horizon of experience, but also the pragmatic procedure determined through experience of the authors of the Swiss standards. Many aspects, which proved successful in mechanised tunnelling in Switzerland in the 1970s and 1980s, e.g. the determination of the penetration with a test stroke, have been retained in the new revision of 2007. In Austria, the starting point was quite different, with the ÖNORM for conventional tunnelling being taken as the foundation. The newly created standard for mechanised tunnelling has been closely based on the standard produced some years earlier for conventional tunnels.

Neither of the two standards contains unambiguous provisions stating how price variations in the event of geological variations, particularly in case of differences of the rock mechanical parameters UCS and CAI from the forecast values, are to be dealt with. The usual practice in Switzerland of tendering tunnelling classes, each of which covers a defined range of penetration, e.g. from 6 to 8 mm per revolution determined through a test stroke, defuses the conflict potential regarding cuttability. In the Swiss model, the client accepts most of the risk regarding the cuttability of the rock.

For the contractor, this model can have a disadvantage under certain circumstances – depending on the conditions prevailing for the test stroke – as the advantages of a machine, which is capable of better performance than tendered and can be used to achieve better performance due to its technological superiority, will mainly profit the client because the rock mass will be categorised into a more favourable tunnelling class with lower unit prices.

5 New developments and perspectives

One attempt to defuse the conflict potential that usually results from contract and price variations in case of geological variations could be a model currently being developed in Innsbruck. At the suggestion of K. Mitteregger (construction manager for the Tiroler Wasserkraft AG, Innsbruck), the Innsbruck consultant SSP BauConsult Ingenieurbüro für Baubetrieb und Bauwirtschaft has devel-

– Kommentar:

Summa summarum eine weitgehend normgemäße Ausschreibung mit fairer Risikoverteilung. Beauftragt wurde allerdings ein Alternativangebot, das auf einer weitgehenden Pauschalierung beruht.

Geotechnische Kennwerte

Die Ergebnisse sämtlicher Laborprüfungen an Bohrkerne sind im geotechnischen Bericht aufgeführt. Untersucht wurden UCS (Ergebnisse der Laborprüfungen normiert bezüglich Durchmesser, Höhe und Winkel), σ_z und CAI. Mittelwerte und vertraglich verbindliche Werte wurden nicht angegeben. Die Lagerungsverhältnisse und das Trennflächengefüge sind nicht wie in Österreich üblich mittels Lagenhalbkugel sondern durch Blockdiagramme dargestellt. Der geotechnische Bericht enthält eine genaue Beschreibung der Abrasivität mit Angabe der Bandbreiten.

Abweichungen

Im Vertrag sind keine Regelungen für Preisanpassung bei abweichender Geologie, insbesondere bei Abweichungen der felsmechanischen Parameter UCS und CAI von den prognostizierten Werten enthalten.

4 Vergleich Österreich – Schweiz

Beim Vergleich der Untertagebaunormen für TVM-Vortriebe zwischen Österreich und der Schweiz ist zwar eine grundsätzliche Übereinstimmung in wesentlichen Punkten festzustellen, in der Ausformung der Details gibt es jedoch gravierende Unterschiede. Diese sind hauptsächlich auf die unterschiedliche Historie und den unterschiedlichen Erfahrungshorizont zurückzuführen, aber auch auf die pragmatische, durch Erfahrung bestimmte Herangehensweise der Schweizer Normenmacher. Vieles, was sich in der Schweiz bei den maschinellen Vortrieben der 1970er und 1980er-Jahre bewährt hat, z. B. die Bestimmung der Penetration durch Testhübe, wurde bei der Neufassung 2007 beibehalten. In Österreich war die Ausgangssituation eine andere. Hier war die ÖNORM für konventionellen Vortrieb als Ausgangsbasis vorgegeben. Die neu geschaffene Norm für maschinelle Vortriebe wurde eng an die einige Jahre früher erarbeitete Norm für konventionellen Vortrieb angelehnt.

Eindeutige Regelungen dafür, wie Preisanpassungen bei abweichender Geologie, insbesondere bei Abweichung der felsmechanischen Parameter UCS und CAI von den prognostizierten Werten durchzuführen sind, enthält keine der beiden Normen. Bei der in der Schweiz üblichen Praxis der Ausschreibung von Bohrklassen, von denen jede einen bestimmten Bereich der Penetration, z.B. von 6 bis 8 mm pro Umdrehung, abdeckt und die durch Testhübe bestimmt werden, ist das Konfliktpotenzial in punkto Bohrbarkeit entschärft. Der Auftraggeber übernimmt beim Schweizer Modell hinsichtlich der Lösbarkeit des Gesteins einen Großteil des Risikos.

Für den Auftragnehmer besteht unter Umständen – abhängig von den für den Testhub vorgegebenen Bedingungen – ein Nachteil dieses Modells darin, dass die Vorteile einer Maschine, die leistungsfähiger ist als ausgeschrieben und mit der aufgrund technologischer Überlegenheit höhere Leistungen erzielt werden können, über

oped a simply applied model (engineer model), which is intended to unambiguously regulate payment for changed values of penetration, wear and advance rate starting from contractually specified values.

The model assumes that the client specifies binding values for penetration, wear and advance rate for each rock type. If during execution one or several geotechnical parameters differ from the prognosis, the difference between the original and the adapted value of advance rate will be calculated according to the model. This calculation is first performed in absolute values and then in percent. The same percentage is added to the guaranteed values of the contractor, which is intended to taken upward and downward variations into account. In order that slight variations do not lead to extra or reduced payment, a range is provided, within which the risk of variations remains with the contractor.

References

- [1] ON B 2203-2. ON B 2203-2: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb. Wien: Österreichisches Normungsinstitut, 2005.
- [2] SIA 198. SIA 198: Allgemeine Bedingungen für Untertagebauarbeiten. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2007.
- [3] Schneider, E.: The Austrian Tunnelling Contract. Tunnels & Tunnelling International, pp. 37-39, Dec. 2005.
- [4] Schneider, E., Erlmoser, J. & Fedorcio, M.: Musterkalkulation für TVM-Vortriebe. Felsbau. 25 (2007), No. 6.
- [5] ON B 2061. ON B 2061: Preisermittlung für Bauleistungen – Verfahrensnorm. Wien Österr. Normungsinstitut, 1999.
- [6] ON B 2118. ON B 2118: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere Großprojekte – Werkvertragsnorm. Wien: Österr. Normungsinstitut, 2009.
- [7] Schneider, E. et al.: Innovatives Konzept für den Bau des Brenner Basistunnels. Tunnel, Heft 1/2007, S. 21–33.
- [8] SIA 118. SIA 118: Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2006.



em. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Eckart Schneider
e.schneider@sspbaconsult.at



Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Spiegl
m.spiegl@sspbaconsult.at

die Einstufung des Gebirges in günstigere Bohrklassen mit niedrigeren Einheitspreisen zu einem großen Teil dem Auftraggeber zugutekommen.

5 Neue Entwicklungen und Perspektiven

Einen Versuch, das Konfliktpotenzial zu entschärfen, das bei Vertrags- bzw. Preisanpassungen in Folge abweichender geologischer Verhältnisse praktisch immer vorhanden ist, könnte ein Modell bieten, das zurzeit in Innsbruck entwickelt wird. Auf Anregung von K. Mitteregger (Leiter Ausführungsmanagement Tiroler Wasserkraft AG, Innsbruck) wurde von dem Innsbrucker Ingenieurbüro SSP BauConsult Ingenieurbüro für Baubetrieb und Bauwirtschaft ein einfach zu handhabendes Modell (Ingenieurmodell) entwickelt, das ausgehend von vertraglich festgelegten Werten die Berechnung der geänderten Werte von Penetration, Verschleiß und Vortriebsgeschwindigkeit eindeutig regeln soll.

Das Modell setzt voraus, dass der Auftragnehmer für jede Gesteinsart verbindliche Werte für Penetration, Verschleiß und Vortriebsgeschwindigkeit angibt. Im Falle von Abweichung eines oder mehrerer geotechnischer Parameter wird die Differenz zwischen theoretischem „Soll“ und theoretischem „Sollte“ mittels des im Vertrag verankerten Modells zuerst absolut und dann in Prozenten ermittelt. Mit dem gleichen Prozentsatz werden die garantierten Werte des Auftragnehmers beaufschlagt, wobei Abweichungen nach oben und nach unten berücksichtigt werden sollen. Damit geringfügige Abweichungen nicht zu Mehr- oder Minderkostenforderungen führen, ist eine Bandbreite vorgesehen, innerhalb derer das Risiko von Abweichungen beim Auftragnehmer verbleibt.