



**DIPLOMARBEIT**  
Master Thesis

**Variantenstudie zur Kosten- und Leistungsermittlung im Tunnelbau**

**Erstellung eines Berechnungsprogramms**

**Variant study for cost and time evaluation in tunneling**

**Design of a calculation program**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

O.Univ.Prof. DI Dr.techn. Hans-Georg Jodl

und als verantwortlich mitwirkende Assistenten

Univ.Ass. DI Daniel Resch

DI Dr.techn. Christian Schranz MSc.

am

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Arthur Schönwälder

0525420

Dadlergasse 13/22, 1150 Wien

Wien, am 13.10.2010

.....  
Arthur Schönwälder

## I Vorwort

*Anno 1643 wurden die Löcher im Freiburger Reviere meist 40 Zoll tief und nicht unter 2 bis 2 1/2 Zoll Durchmesser gebohrt. Jedes Loch wurde mit ca. 2 Pfund Pulver geladen und kostete im Abbohren 16 gGr. 3 Pf. Einen Schuss anzustecken wurde mit 3 gGr. bezahlt. Eine achtstündige Schicht wurde mit 4 2/5 gGr. belohnt. Ein Leipziger Pfund Pulver kostete in Freiberg 8 bis 9 gGr.<sup>1</sup>*

Seit jeher beschäftigt sich die Menschheit intensiv mit einem Thema „Geld“. Insbesondere die Baubranche ist – nicht nur heutzutage, wie obiges Zitat beweist – davon geprägt.

Im Zuge meiner Diplomarbeit habe ich die Möglichkeit gehabt, diesen Aspekt mit der Faszination des Tunnelbaus zu verbinden.

Mein Dank gilt Herrn O.Univ.Prof. DI Dr.techn. Hans-Georg Jodl, der mein bereits vorhandenes Interesse am Tunnelbau durch seine lebendigen und äußerst praxisnahen Vorlesungen weiter intensiviert hat und sich zur Übernahme der Betreuung meiner Diplomarbeit bereit erklärt hat. Weiters möchte ich mich besonders bei den Herren Univ.Ass. DI Daniel Resch und DI Dr.techn. Christian Schranz MSc. bedanken, die mir während der gesamten Zeit der Diplomarbeitserstellung jederzeit mit ihrem Rat zur Seite gestanden sind und mir zahlreiche Hilfestellungen geboten haben.

Nicht zuletzt gilt der Dank meiner Familie, die mir dieses Studium ermöglicht und mich während der gesamten Zeit meines Studiums in jeder Hinsicht unterstützt hat, sowie meiner Freundin Sandra, die mir während meinem Studium zur Seite gestanden ist.

---

<sup>1</sup> Vgl. Rziha F., Tunnelbaukunst, 1867

## **II Kurzfassung**

In der Frühphase der Projektbearbeitung ist es wichtig, sich einen Überblick über die Rahmenbedingungen eines anzubietenden Projekts zu verschaffen. Aufgrund der wirtschaftlichen und technischen Leistungsfähigkeit eines Unternehmens kann somit über die Weiterverfolgung und detaillierte Bearbeitung entschieden werden. Dafür ist es jedoch notwendig, sich möglichst frühzeitig einen aussagekräftigen Überblick hinsichtlich der zeitlichen und kostenmäßigen Größenordnung eines Projekts verschaffen zu können. Das im Zuge dieser Diplomarbeit erstellte Berechnungsprogramm hat die Ermittlung solcher Bandbreiten zur Abschätzung des Projektvolumens zum Inhalt.

Einleitend werden die theoretischen Grundlagen und Charakteristika der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise beschrieben sowie auf die Besonderheiten von Tunnelbaustellen im zyklischen Vortrieb eingegangen.

Der Hauptteil der Arbeit beinhaltet die Erstellung eines Berechnungsprogramms zur kosten- und leistungsmäßigen Einschätzung verschiedener Tunnelbauprojekte. Als Basis diente eine Berechnungstabelle zur Zykluszeitermittlung der Porr Tunnelbau GmbH. Durch diverse Erweiterungen und Adaptionen sowie die Möglichkeit der gleichzeitigen Betrachtung verschiedener Varianten in der Kosten- und Leistungsermittlung können erste Entwicklungstendenzen des Projektumfangs abgebildet werden. Somit wurde ein praktisches Instrument für strategische Entscheidungen in der Frühphase der Projektbearbeitung geschaffen.

Im analytischen Teil der Arbeit wurden anhand dieses Berechnungsprogramms die Ergebnisse der Berechnung den Kalkulationsergebnissen eines bereits errichteten Tunnels gegenübergestellt und ausgewertet. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Bandbreite der Berechnungsergebnisse zum großen Teil den kalkulierten Werten entspricht.

### **III Abstract**

In the early stages of project planning, an overview of the general conditions is vital. Depending on the economic and technical capability, a company can then decide whether or not to persuade a project. Hence, an early knowledge of the financial scale and the time scale of a project is very important. In the course of this thesis an Excel program was designed. This program helps to estimate the costs of the project.

This thesis starts with the basics of the New Austrian Tunneling Method (NATM) and specifications of cyclic propulsion in tunneling.

The main part of the thesis was the design of the program. The starting point has been an existing program used at the company Porr Tunnelbau GmbH. Extensions and adaptations were applied – especially in the feature to compare several variants at the same time. Hence, the program provides a practical tool for strategic decisions in the early stage of the project planning.

The analytical part of the thesis compares the results of the program with a standard calculation of a real tunneling project. A very good correlation of the results has been found.

## IV Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung	lt.	laut
abh.	abhängig	LV	Leistungsverzeichnis
AG	Auftraggeber	ML	Mittelohn
AK	Ausbruchsklasse(n)	MLK	Mittelohnkosten
allg.	allgemein(en/er)	MLP	Mittelohnpreis
AN	Auftragnehmer	MVF	Mehrverbrauchsfaktor
AT	Arbeitstag	NATM	New Austrian Tunneling Method
AV	Entgelt für Abschreibung und Verzinsung	NÖT	Neue Österreichische Tunnelbauweise
BE	Baustelleneinrichtung	ÖBA	örtliche Bauaufsicht
BGK	Baustellengemeinkosten	ÖGBL	Österreichische Baugeräteliste
bzw.	beziehungsweise	ÖN	Österreichische Norm
DSV	Düsenstrahlverfahren	Pkt.	Punkt
dynam.	dynamisch	Rep	Reparaturentgelt
EKS	Erkundungsstollen	SK	Sicherungsklasse(n)
EKT	Erkundungstunnel	sog.	sogenannte(n)
etc.	et cetera	SpB	Spritzbeton
GA	Gebirgsart(en)	Tab.	Tabelle(n)
gem.	gemäß	tlw.	teilweise
geschl.	geschlossen	TSM	Teilschnittmaschine
GVT	Gebirgsverhaltenstyp(en)	u.	und
hinsichtl.	hinsichtlich	u.ä.	und ähnliche(s)
i.A.	im Allgemeinen	u.U.	unter Umständen
i.d.F.	in der Fassung	v.a.	vor allem
i.d.R.	in der Regel	VKL	Vortriebsklasse(n)
inkl.	inklusive	z.B.	zum Beispiel
kalk.	kalkulatorisch(e/er)	zw.	zwischen
konst.	konstant		
KT	Kalendertag		
LT	Lainzer Tunnel		

# V Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>VORWORT</b> .....	<b>II</b>
<b>II</b>	<b>KURZFASSUNG</b> .....	<b>III</b>
<b>III</b>	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>IV</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>V</b>
<b>V</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>I</b>
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>3</b>
1.1	AUSGANGSSITUATION .....	3
1.2	ZIELSETZUNG .....	3
1.3	AUFBAU UND GLIEDERUNG .....	3
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN</b> .....	<b>4</b>
2.1	DIE NEUE ÖSTERREICHISCHE TUNNELBAUWEISE NÖT .....	4
2.1.1	<i>Historische Entwicklung der NÖT/NATM</i> .....	4
2.1.2	<i>Berechnungsmodelle</i> .....	6
2.1.3	<i>Beobachtung und Feldmessung</i> .....	7
2.2	DAS WESEN DER NÖT/NATM .....	7
2.2.1	<i>Voraussetzungen für die Anwendbarkeit</i> .....	8
2.2.2	<i>Baubetriebliche Besonderheiten</i> .....	8
2.2.3	<i>Geotechnische Besonderheiten</i> .....	12
2.2.4	<i>Vor- und Nachteile der NÖT</i> .....	14
2.3	ÖNORM B 2203 .....	15
2.4	VERGÜTUNGSMODELLE .....	16
2.4.1	<i>MATRIX-Modell</i> .....	16
2.4.2	<i>KLIMT-Modell</i> .....	18
2.4.3	<i>Gegenüberstellung und Vergleich</i> .....	20
<b>3</b>	<b>KOSTENERMITTLUNG IM TUNNELBAU</b> .....	<b>21</b>
3.1	BESONDERHEITEN VON TUNNELBAUSTELLEN .....	21
3.1.1	<i>Verkehrsanbindung, Lage und örtliche Platzverhältnisse</i> .....	21
3.1.2	<i>Logistische Probleme</i> .....	23
3.1.3	<i>Tiefenlage des Tunnels</i> .....	24
3.1.4	<i>Streuung von Materialparametern</i> .....	25
3.1.5	<i>Interaktion verschiedener Fachgebiete</i> .....	26
3.1.6	<i>Auswahl des optimalen Bauverfahrens</i> .....	26
3.1.7	<i>Wasserhaltung</i> .....	29
3.2	GERÄTE IM ZYKLISCHEN VORTRIEB .....	32
3.2.1	<i>Geräte für das mechanische Lösen</i> .....	33
3.2.2	<i>Geräte für Ladearbeiten</i> .....	35
3.2.3	<i>Geräte für Anker- und Sprenglochbohrungen</i> .....	37
3.2.4	<i>Geräte für Materialtransport</i> .....	38
3.2.5	<i>Geräte für den Einbau der Stütz- und Sicherungsmittel</i> .....	40
3.2.6	<i>Geräte für die Materialversorgung im Tunnel</i> .....	43
3.2.7	<i>Sonstige Geräte</i> .....	43
3.3	GRUNDLAGEN DER KOSTENERMITTLUNG IM TUNNELBAU .....	44
3.3.1	<i>Personalkosten</i> .....	44
3.3.2	<i>Gerätekosten</i> .....	45
3.3.3	<i>Materialkosten</i> .....	46
3.3.4	<i>Baustellengemeinkosten</i> .....	46
<b>4</b>	<b>BESCHREIBUNG DES BERECHNUNGSPROGRAMMS</b> .....	<b>49</b>
4.1	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN .....	49
4.2	BERECHNUNGSSCHRITTE .....	50
4.2.1	<i>Tabellenblatt „Parameter“</i> .....	53

## V Inhaltsverzeichnis

---

4.2.2	Tabellenblätter zur Ermittlung der Vortriebsklassen.....	56
4.2.3	Tabellenblätter zur Leistungsermittlung (Kalotte, Strosse, Sohle).....	57
4.2.4	Tabellenblatt „Übersicht“.....	61
4.2.5	Tabellenblatt „Materialkosten“ (Kalotte, Strosse, Sohle).....	61
4.2.6	Tabellenblatt „Personalkosten“.....	62
4.2.7	Tabellenblatt „Gerätekosten“.....	62
4.2.8	Tabellenblatt „Kostenübersicht“.....	63
4.2.9	Tabellenblätter für Druckausgabe.....	63
4.2.10	Tabellenblatt „Geräte“.....	63
4.2.11	Tabellenblatt „Grenzwerte OZ“.....	63
4.3	MÖGLICHKEITEN DES PROGRAMMS.....	64
<b>5</b>	<b>VALIDIERUNG UND BERECHNUNGSERGEBNISSE.....</b>	<b>67</b>
5.1	VALIDIERUNG DES BERECHNUNGSPROGRAMMS.....	67
5.2	ERGEBNISSE DER BERECHNUNG.....	72
5.3	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	74
5.4	WEITERENTWICKLUNG UND OPTIMIERUNGSPOTENTIAL.....	79
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>VERZEICHNISSE.....</b>	<b>83</b>
7.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	83
7.2	TABELLENVERZEICHNIS.....	84
7.3	FORMELVERZEICHNIS.....	84
7.4	QUELLENVERZEICHNIS.....	85
<b>8</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>87</b>
8.1	ANHANG A – BERECHNUNGSPARAMETER.....	87
8.2	ANHANG B – BERECHNUNGSERGEBNISSE.....	87
8.3	ANHANG C – STÜTZMITTELPLÄNE.....	87
8.4	ANHANG D – AUSZÜGE AUS DER ÖNORM B 2203-1.....	87

# **1 Einleitung**

## **1.1 Ausgangssituation**

Basierend auf einer im Wintersemester 2009 ausgearbeiteten Interdisziplinären Seminararbeit zum Thema „Fortschreibung der tatsächlichen Vortriebsmaßnahmen bei zyklischem Vortrieb“ gemeinsam mit meinem Kollegen Andreas Makovec soll eine Berechnungsmethode zur Kostenabschätzung für Tunnelbauprojekte entwickelt werden.

Für die Berechnung wurden einheitliche Leistungsansätze für die Teilquerschnitte Kalotte, Strosse und Sohle verwendet, wohlwissend dass dies nur für Vollausbuch gilt. Diese Einschränkungen werden in der vorliegenden Arbeit bewusst in Kauf genommen.

## **1.2 Zielsetzung**

Der erste Schritt bei der Bearbeitung eines Projektes ist die Erstellung einer Kostenschätzung zur überschlagsmäßigen Abschätzung des Bauvolumens des Projekts. Dies ist besonders wichtig, um sich bereits in der Anfangsphase der Kalkulation darüber klar zu werden, ob die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit eines Unternehmens ausreichend für die erfolgreiche Abwicklung des jeweiligen Projekts ist. Da im Tunnelbau die Kosten des bergmännischen Vortriebs einen großen Teil der Gesamtbaukosten betragen, ist dies der maßgebende Faktor für die Entscheidung über die Bearbeitung eines Projekts. Die überschlagsmäßige Ermittlung dieses Kostenanteils ist das Thema dieser Arbeit.

## **1.3 Aufbau und Gliederung**

Der Beginn dieser Diplomarbeit befasst sich mit den Grundlagen der „Neuen Österreichischen Tunnelmethode – NÖT“ sowie deren historischer Entwicklung und den Besonderheiten dieser Bauweise. Danach wird auf die Regelung der Durchführung von Untertagebauarbeiten in der ÖNORM B 2203-1 und das darin enthaltene „MATRIX“-Vergütungsmodell eingegangen. Zusätzlich wird das alternative Vergütungsmodell „KLIMT“ besprochen. In Kapitel 3.1 werden die Charakteristiken von Tunnelbaustellen und deren Einfluss auf die Kalkulation behandelt.

Hauptteil der vorliegenden Arbeit ist die Beschreibung des entwickelten Berechnungsprogramms, die Durchführung von Parameterstudien und die Behandlung der sich dadurch ergebenden Möglichkeiten für die Kalkulation. Abschließend wird auf die Ergebnisse der Berechnungen eingegangen. Diesbezüglich werden auch Berechnungsergebnisse mit den Kalkulationsergebnissen eines bereits abgewickelten Tunnelbauprojekts in Österreich verglichen und das Potential für zukünftige Weiterentwicklungen aufgezeigt.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Die Neue Österreichische Tunnelbauweise NÖT

#### 2.1.1 Historische Entwicklung der NÖT/NATM

Die Bezeichnung „Spritzbetonmethode“ wurde im deutschsprachigen Raum bereits in den 20er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts verwendet, wobei sich ab den 50er-Jahren der Ausdruck „Spritzbetonbauweise“ durchsetzen konnte. Das Kuriose an diesem Begriff war jedoch, dass sich dahinter weder ein spezielles theoretisches Konzept noch eine besondere Ausbruchstechnik verbarg, sondern einzig und allein die Bestrebung, eine eindeutige Abgrenzung vorerst zu allen anderen Tunnelbaumethoden mit Zimmerung, danach insbesondere zum Schildvortrieb zu schaffen. Das Ersetzen der zimmermannsmäßigen Abstützung beim Tunnelvortrieb durch den Einsatz von Ausbaumitteln aus Stahl, Ankern und Spritzbeton stellt eine der größten Leistungen in der Geschichte des Tunnelbaus dar und war für den Siegeszug dieser Bauweise mitverantwortlich. Dabei ist die NÖT jedoch nicht als Bauweise im klassischen Sinn (Vorgangsfolge zur Herstellung eines Tunnels) zu sehen, sondern eher als Konzept zur wirtschaftlichen und sicheren Herstellung eines Tunnels.<sup>2</sup>

Das zentrale Problem im Tunnelbau war, die Reaktion des Gebirges auf den Ausbau und die Sicherung dermaßen zu beeinflussen, dass während der gesamten Bau- und Betriebszeit nicht nur die Standsicherheit sondern auch die Gebrauchstauglichkeit gewährleistet ist. Dafür müssen sowohl in der Planung als auch bei der Ausführung spezielle Aspekte berücksichtigt werden. Auch die Erfüllung wirtschaftlicher Kriterien muss gegeben sein. Deshalb bemüht sich der ingenieurmäßige Tunnelbau seit seinen Anfängen, die im Gebirge stattfindenden Prozesse beim Ausbruch eines Hohlraums zu erforschen und das Gebirgsverhalten zu prognostizieren. Dabei wirken sich unter anderem folgende Faktoren beträchtlich auf das Gebirgsverhalten aus:

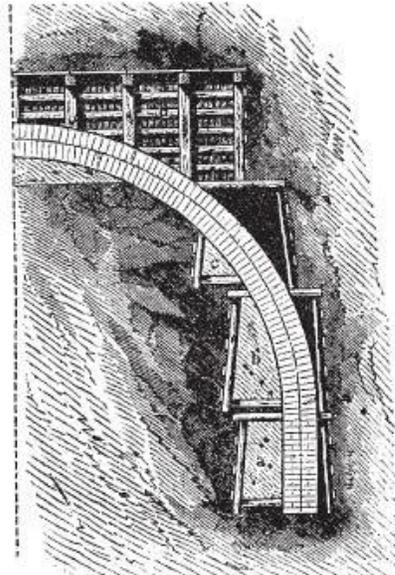
- ◆ Beschaffenheit des Gebirges
- ◆ Profilform des Hohlraums
- ◆ Reihenfolge und Größe der einzelnen Ausbruchsschritte
- ◆ Eingesetzte Sicherungsmittel (Typ, Ort, Anzahl)

Am Beginn des ingenieurmäßigen Tunnelbaus steht der Tronquoy-Tunnel (siehe Abb. 2.1) im Kanal von St. Quentin in Frankreich, der sich über eine Länge von 1,1 km erstreckte

---

<sup>2</sup> Vgl. Quellmelz F., Die Neue Österreichische Tunnelbauweise, 1987, S. 1.

und damals bereits eine lichte Weite von 8 m besaß.<sup>3</sup> Beim Vortrieb wurde nach dem Prinzip vorgegangen, mit Hilfe einiger kleinerer Stollen das Tunnelgewölbe von unten nach oben zu erstellen um im Anschluss den Kern aufzufahren. Der hierfür erforderliche Arbeitsaufwand für die Ausbruchsicherung war damals enorm und wäre unter heutigen Umständen unvorstellbar bzw. unbezahlbar.



**Abb. 2.1: Tronquoy-Tunnel im Kanal St. Quentin (Frankreich, 1803)<sup>4</sup>**

Die wichtigsten Impulse für die Entwicklung des Tunnelbaus kamen von jeher aus dem Bergbau, später auch aus dem Eisenbahnbau, der jedoch erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts einsetzte. Zum selben Zeitpunkt entstand auch die Notwendigkeit für lange, tiefliegende Eisenbahntunnel im Alpenraum wie

- ◆ den Mt. Cenis- bzw. Fréjus-Tunnel (Bauzeit 1857-1871, Länge seit 1946: 13,657 km),
- ◆ den Gotthard-Tunnel (Bauzeit 1871-1881, Länge 14,982 km),
- ◆ den Simplon-Tunnel (Bauzeit 1898-1906, Länge 19,803 km)<sup>5</sup> und
- ◆ den Arlberg-tunnel (Bauzeit 1880-1884, Länge 10,648 km).<sup>6</sup>

Mit dem Ende des Zweiten Weltkrieges setzte – nicht nur im Alpenraum, sondern auch in den skandinavischen Ländern, den USA, Australien und Japan – eine ansteigende Bautätigkeit im Tunnelbau ein. Gleichzeitig stieg die Produktion im Bergbau ständig an und bewirkte dadurch neue Entwicklungen, die auch für den Tunnelbau entscheidend waren. Die beiden wichtigsten Gemeinsamkeiten zwischen Bergbau und Tunnelbau stellten die

---

<sup>3</sup> Vgl. Kovári K., Tunnel 1/2002, S. 14.

<sup>4</sup> Ebd., S. 14.

<sup>5</sup> Quelle: <http://www.alpentunnel.de> (21.02.2010, 15:36).

<sup>6</sup> Quelle: <http://www.arlbergbahn.at/chronik-01.html> (21.02.2010, 15:43).

Erforschung der Gebirgsdruckphänomene und die Entwicklung wirtschaftlicher Methoden der Ausbruchsicherung dar. Unterschiedliche Anforderungen ergaben sich im Tunnelbau jedoch von Beginn an aufgrund der größeren Querschnitte und durch die dauerhafte Verkleidung.

### **2.1.2 Berechnungsmodelle**

Eine möglichste genaue Einschätzung des zu erwartenden Gebirgsverhaltens bei Ausbruch und Sicherung sowie während der Betriebszeit war bereits beim Bau der ersten Eisenbahntunnel von großer Bedeutung. Durch geologische Überraschungen und Fehleinschätzungen war jederzeit mit einer möglichen Zerstörung der Zimmerung zu rechnen. Ingenieure, die mit der Bauleitung beauftragt waren, befassten sich daher als Erste mit Fragen zur Stabilität des Hohlraums, wobei sie sich dabei an den Methoden der Naturwissenschaften orientierten.

Etwa zu Mitte des 19. Jahrhunderts waren die wichtigsten Erscheinungsformen des Gebirgsdrucks erkannt und entsprechend gegliedert in Auflockerungsdruck, Quelldruck und echten Gebirgsdruck. Bereits Franz Ržiha stellte 1874 fest:

*Großen Gebirgsdruck fernzuhalten,  
das heißt nicht entstehen zu lassen,  
eine weit größere Kunst als jene,  
einmal vorhandenen Gebirgsdruck zu bewältigen.  
Und möchten wir das erstere mit geistiger,  
das letztere mit roher materieller Arbeit zu vergleichen wagen.<sup>7</sup>*

Erste Versuche zur rechnerischen Ermittlung der Belastung auf die Zimmerung oder das definitive Gewölbe wurden bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durchgeführt. In all den Modellen wurden jedoch nur die Vorgänge in der unmittelbaren Umgebung des Hohlraums betrachtet. Betreffend Bruchmechanismen und Materialeigenschaften wurden vereinfachende Annahmen getroffen. So entwickelte Culmann (1866) ein Verfahren nach der damals bereits bekannten Erddrucktheorie und Ritter (1879) modifizierte dieses Modell durch die Einführung eines „Domes“ über dem Tunnel. Weitere ähnliche Modelle wurden von Engesser (1882) und Janssen (1895) verfolgt.

Die Gemeinsamkeit all dieser Modelle war, dass sie eine Verformung des Gebirges in Form von Verschiebungen in Richtung des Hohlraums voraussetzten. Wesentliche Probleme, wie z.B. der Einfluss der Überlagerungshöhe, der Quelldruck am Sohlgewölbe oder der allseitig auf das Gewölbe wirkende echte Gebirgsdruck, blieben zunächst ungeklärt.

---

<sup>7</sup> Vgl. Maidl B., Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band I, 2004, S. 7.

Mohr hat gezeigt, wie die Interaktion von Gebirge und Ausbau anhand der Gebirgs- und Ausbaukennlinien ermittelt werden kann. Weitere Entwicklungen führten zum „Kennlinienverfahren“ zur Ermittlung von Gebirgsdruck und Gebirgsverformung, welches heute das gängige Verfahren zur Ermittlung des Zeitpunkts des Ausbaus ist.

### **2.1.3 Beobachtung und Feldmessung**

Bereits sehr früh wurden systematische Messungen der Gebirgsverformung im Tunnel durchgeführt. Den auftretenden Gebirgsdruck leitete man jedoch aus dem Verhalten der Zimmerung ab. Seit den 1920er Jahren erlangten Messungen immer mehr Bedeutung und wurden oft in eigenen Versuchsstollen durchgeführt, beispielsweise beim Bau des New Croton Aqueduct unter dem Harlem River in New York (Terzaghi 1946).<sup>8</sup>

Heute noch ist die Beobachtung und ständige Messung im Tunnel ein wesentlicher Bestandteil der NÖT. Durch die gemessenen Verformungen können Rückschlüsse auf das tatsächliche Gebirgsverhalten getätigt und somit der Ausbau dementsprechend angepasst werden. Dadurch wird die NÖT zu einer sehr flexiblen Bauweise, die unter verschiedensten geologischen Verhältnissen eingesetzt werden kann und sich bisher sehr gut bewährt hat.

## **2.2 Das Wesen der NÖT/NATM**

Das Konzept der „Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“ (benannt von Dr. Ladislaus Rabczewic<sup>9</sup>) beruht darauf, das den Hohlraum umgebende Gebirge durch die Aktivierung eines Gebirgstragringes zu einem tragenden Bauteil zu machen. Einige Grundsätze müssen dazu beachtet werden<sup>10</sup>:

- ◆ Berücksichtigung des geomechanischen Gebirgsverhaltens
- ◆ Vermeidung von ungünstigen Spannungs- und Verformungszuständen durch den zeitlich richtigen Einbau von geeigneten Stützmitteln
- ◆ Rechtzeitig eingebrachter und statisch wirksamer Sohlschluss, um dem Gebirgstragring die statische Funktion einer geschlossenen Röhre zu verleihen
- ◆ Optimierung des Ausbauwiderstandes abhängig von den zulässigen Hohlraumdeformationen
- ◆ Messtechnische Beobachtung und Überwachung zur Kontrolle der Optimierungsmaßnahmen

---

<sup>8</sup> Vgl. Kovári K., Tunnel 1/2002, S. 23.

<sup>9</sup> Vgl. ITA-Austria, 2008, S. 17.

<sup>10</sup> Vgl. Skriptum Fels- und Tunnelbau, TU Wien, S. 63.

### 2.2.1 Voraussetzungen für die Anwendbarkeit

Grundsätzlich ist eine freie Standzeit des Gebirges bis zum Einbau der Sicherungsmittel notwendig. Falls dies nicht möglich ist, müssen Zusatzmaßnahmen ergriffen werden. Dabei werden unmittelbar in den Sicherheitsausbau integrierbare Maßnahmen und spezielle Bauhilfsmaßnahmen unterschieden (siehe Abb. 2.2).

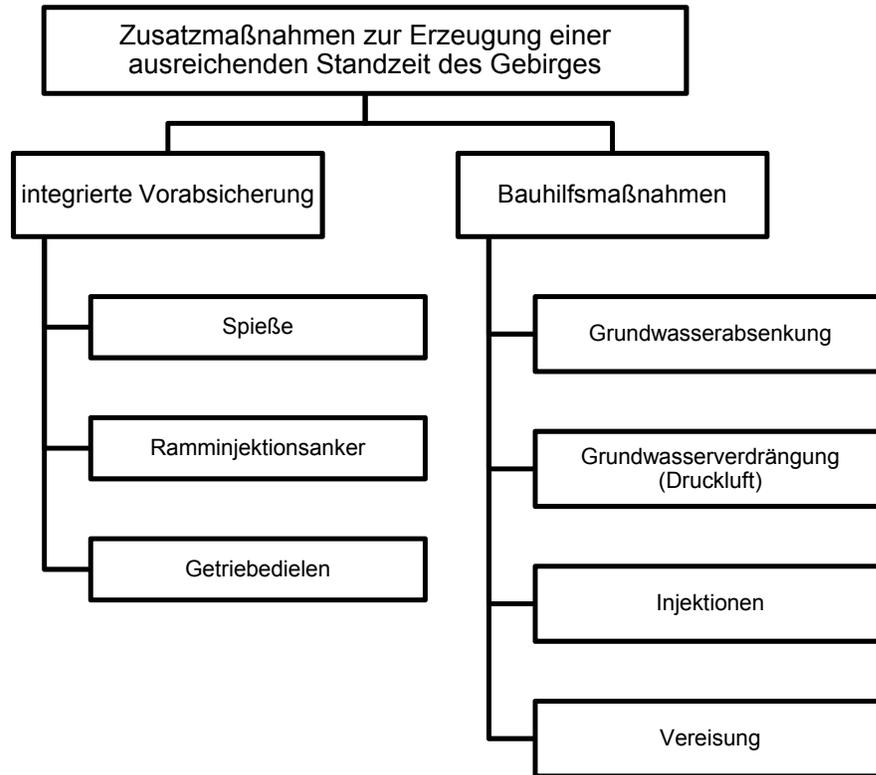


Abb. 2.2: Voraussetzungen für die NÖT<sup>11</sup>

### 2.2.2 Baubetriebliche Besonderheiten

Durch die ununterbrochenen Mess- und Überwachungsarbeiten kann der Ausbau auf die jeweils vorherrschenden geologischen Verhältnisse angepasst werden. Dieses Überwachungsprogramm spiegelt zeitnah die Reaktion des Gebirges auf die zuvor getroffene Ausbaufestlegung wider. Es kann somit sofort beim nächsten Abschlag auf die Ergebnisse der geotechnischen Messung reagiert werden.

Für den Fall, dass der Tunnel in Teilquerschnitten aufgefahren wird, können sowohl für den Kalotten- als auch den Strossen- und Sohlvortrieb dieselben Geräte eingesetzt werden, sofern diese in der Arbeitsvorbereitung optimal gewählt wurden. Durch die kontinuierliche Betriebsweise der NÖT ist eine Taktplanung für die Vortriebsarbeiten möglich (Bsp.: 2 x Kalotte, 1 x Doppel-Strosse, 1 x Doppel-Sohle). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich bei sehr kurzer Kalotte der sofort nacheilende Strossenvortrieb nachteilig auf die

<sup>11</sup> Vgl. Quellmelz F., Die Neue Österreichische Tunnelbauweise, 1987, S. 6.

Sicherung in der Kalotte auswirken kann. Durch die kurzen Zeitabstände wird die noch nicht vollständig ausgehärtete Spritzbetonschale bereits belastet. Die Spannungsumlagerungen im Gebirge sind ebenfalls noch nicht zur Gänze abgeklungen. Zusätzlich bewirkt ein kurzer Kalottenvorlauf i.d.R. einen sog. Inselbetrieb in der Kalotte, d.h. die Geräte agieren isoliert vom restlichen Vortrieb.

Das bringt folgende baubetrieblichen Auswirkungen mit sich:

- ◆ Durch die strikte Trennung der Vortriebsangriffe in Kalotten- bzw. Strossen- und Sohlbereich müssen alle für die Vortriebsarbeiten benötigten Geräte (Tunnelbagger, Bohrwagen, Spritzmobil etc.) doppelt vorhanden sein.
- ◆ Bei größeren Reparaturen, die Geräte in der Kalotte betreffen, muss extra eine Rampe geschüttet werden, um die Werkstatt erreichen zu können. Dadurch ist nicht nur der Kalottenvortrieb beeinträchtigt, sondern auch der Strossenvortrieb kann in der Zeit der Rampenschüttung bis zum vollständigen Rückbau der Rampe nicht fortgeführt werden.
- ◆ Die Schutterung des Ausbruchmaterials aus dem Kalottenvortrieb erfolgt – falls kein Transport mittels Förderband vorgesehen ist – mittels Radlader bis zur Ortsbrust der Strosse und wird dort abgeworfen. Dadurch entsteht ein zusätzlicher Aufwand für die Ladearbeiten zum endgültigen Abtransport. Während des Materialabwurfs kann der Strossenvortrieb nicht fortgesetzt werden.
- ◆ Für die Versorgung der Kalotte mit Beton ist eine eigene Betonpumpe in der Nähe der Strossen-Ortsbrust notwendig. Durch das ständige Umsetzen und Verlängern der Versorgungsleitungen (Beton, Wasser, Strom, Belüftung, Druckluft) entstehen zusätzliche unproduktive Zeiten.

Eine völlig andere Situation ergibt sich für einen weit vorseilenden Kalottenvortrieb. In diesem Fall ist es möglich, bei Stillstand in der Kalotte – zumindest eine gewisse Zeit – die Vortriebsarbeiten auf den Strossen- und Sohlvortrieb umzustellen und somit einen völligen Vortriebsstopp zu verhindern und Bauzeitverzögerungen zu reduzieren. Die Vortriebsmannschaften können also in einem gewissen Ausmaß je nach baubetrieblichem Erfordernis anderweitig eingesetzt werden.

Bei statischem Erfordernis bzw. um Bauzeitverluste aus den Vortriebsarbeiten eventuell wieder zu egalisieren, kann u.U. bereits während der Vortriebsarbeiten mit einem naheilenden Innenschaleneinbau die Bauzeit verkürzt werden. Falls dies nicht bereits Bestandteil der ursprünglichen Planung war, sind dabei jedoch einige Umstände zu berücksichtigen, die sich ev. nachteilig auf den Vortrieb auswirken:

- ◆ Der eingeeigte Querschnitt durch den Schalwagen ist v.a. bei Schütterungsarbeiten zu berücksichtigen.
- ◆ Ständiger Umbau der Lüftung durch den Schalwagen ist notwendig.
- ◆ Erschütterungen durch Sprengungen im Vortrieb können sich eventuell schlecht auf die Betonierarbeiten der Innenschale auswirken. Gegebenenfalls muss hier ein gesonderter betontechnischer Nachweis gebracht werden.
- ◆ Die Abdichtung bei Einsatz eines Regenschirmabdichtungssystems muss bereits vollständig eingebaut und geprüft sein.

Durch die zuvor erwähnten Punkte und zusätzliche baubetriebliche Erfordernisse kann mit den für den Einbau der Innenschale notwendigen Arbeiten erst mit einem Mindestnachlauf von ca. 500 m (gemessen ab Ortsbrust Kalotte) begonnen werden. Ein mögliches Arbeitsschema ist in Abb. 2.3 dargestellt.

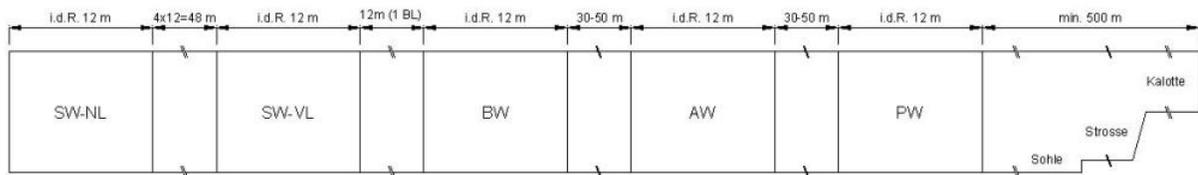


Abb. 2.3: Schema Einbau bewehrte Innenschale

Dabei ist:

- PW Profilierungswagen: zum Nachprofilieren des Querschnitts, um eventuelles Unterprofil zu entfernen
- AW Abdichtungswagen: zum Einbau der Folienabdichtung
- BW Bewehrungswagen: zum Verlegen der Bewehrung
- SW-VL Schalwagen-Vorläufer: zum Betonieren jedes zweiten Blocks der Innenschale
- SW-NL Schalwagen-Nachläufer: zum Lückenschluss der fehlenden Blöcke der Innenschale

Der Mindestabstand zwischen Schalwagen-Vorläufer und Schalwagen-Nachläufer ergibt sich daraus, dass vom Vorläufer vorab nur jeder zweite Block betoniert wird. Der Nachläufer schließt daraufhin die Lücken der fehlenden Blöcke (siehe Abb. 2.4). Um einen gewissen zeitlichen Spielraum aufrecht zu erhalten, werden zwischen Vor- und Nachläufer einige Blöcke frei gelassen und nicht direkt nacheinander hergestellt. Dadurch kann verhindert werden, dass bei Betonierproblemen beim Vorläufer der gesamte Innenschalenausbau zum Stillstand kommt.

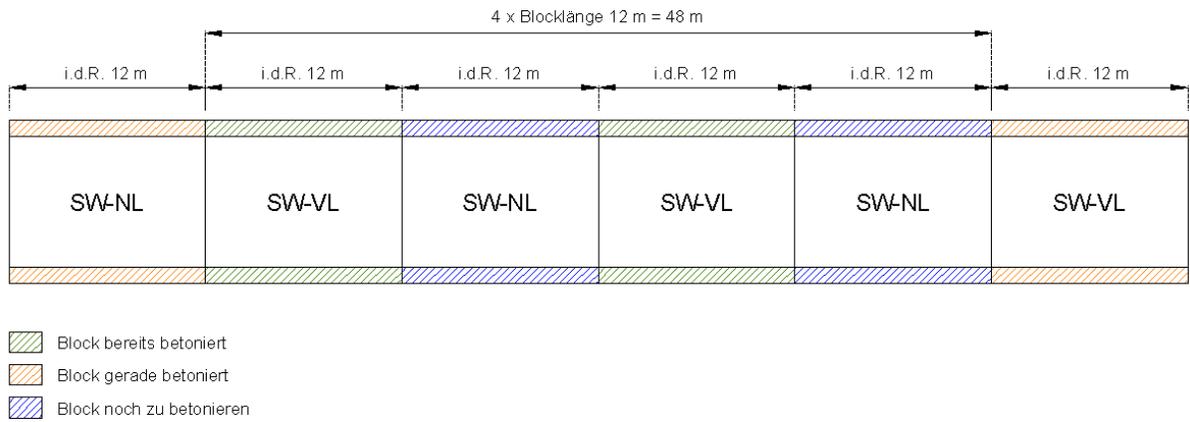


Abb. 2.4: Betonierschema Schalwagen

Bei Einsatz einer wasserdichten Innenschale WDI und Verwendung von Faserbeton anstelle von konventionellem Stahlbeton können diese beiden Arbeitsschritte entfallen. Da in Österreich im Großteil aller Tunnelbauten eine unbewehrte Innenschale mit Regenschirmabdichtung zum Einsatz kommt, sieht das Standardschema dafür wie folgt aus (siehe Abb. 2.5):

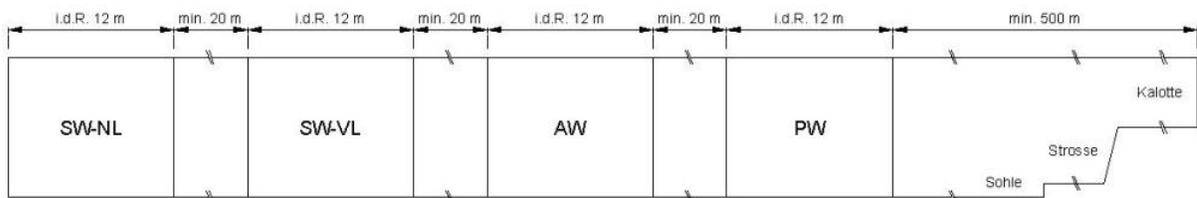


Abb. 2.5: Standardschema Innenschaleneinbau WDI – Österreich

Im Vergleich dazu ist es in Deutschland lt. ZTV-ING<sup>12</sup> notwendig, direkt an den Schalwagen anschließend einen Bereich für Nachbehandlung vorzusehen. Dieser ist in verschiedene sog. Klimazonen unterteilt und muss mind. drei Blöcke der Innenschale abdecken. Für eventuell notwendige Betonsanierungen kann der Nachbehandlungsgruppe noch ein Sanierungswagen nachgeschaltet werden (siehe Abb. 2.6).

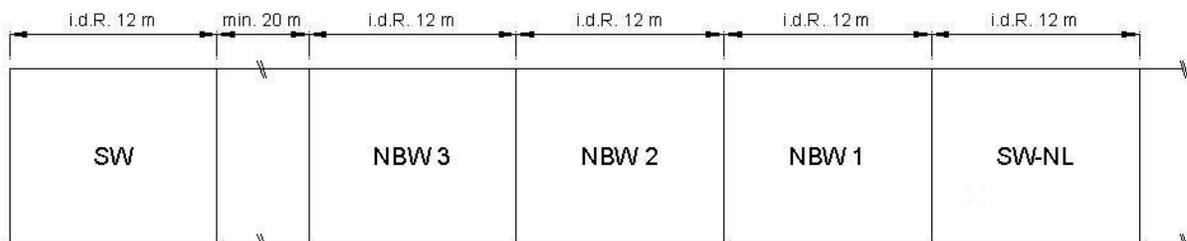


Abb. 2.6: Standardschema Innenschaleneinbau – Deutschland

Dabei ist:

- NBW 1-3 Nachbehandlungswagen mit drei eigenen Klimazonen
- SW Sanierungswagen: für sofortige Sanierungsarbeiten von kleineren Fehlstellen

<sup>12</sup> ZTV-ING, Teil 5 „Tunnelbau“, Abschnitt 1 „Geschlossene Bauweise“, S. 12

### 2.2.3 Geotechnische Besonderheiten

Das Wesentliche an der „Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode“ bzw. dem modernen Tunnelbau im Allgemeinen ist, dass der Gebirgsteil um den Hohlraum zum Mittragen herangezogen wird. Dadurch kommt es zu einer Modifikation des Gebirges, das ursprünglich „nur“ als Baustoff und Belastung gesehen wird, hin zum Gebirge als eigenständiger Bauteil. Die dafür notwendigen Sicherungsarbeiten werden daher möglichst rasch nach dem Ausbruch durchgeführt, um eine Entspannung und unnötige Auflockerung des Gebirges zu vermeiden. Aus diesem Grund werden größere Tunnelprofile sowohl entlang ihrer Längserstreckung als auch im Querschnitt abschnittsweise ausgebrochen (siehe Abb. 2.7 und Abb. 2.8).

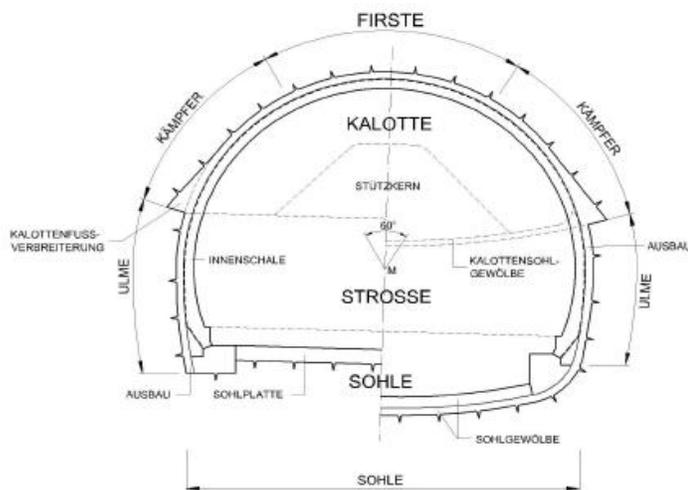


Abb. 2.7: Tunnelbautechnische Begriffe – Querschnitt<sup>13</sup>

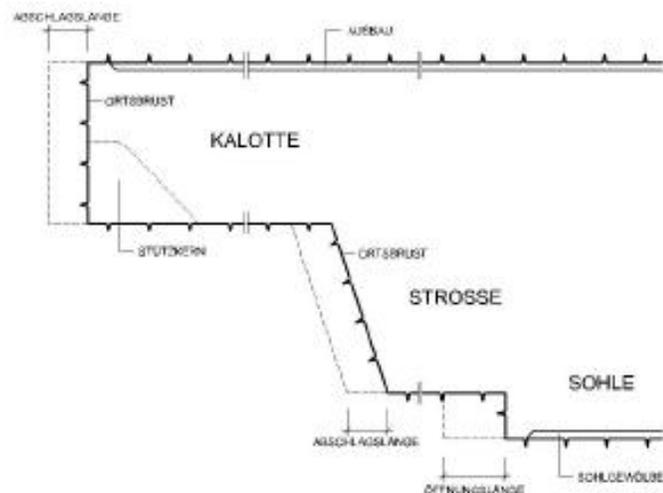


Abb. 2.8: Tunnelbautechnische Begriffe – Längsschnitt<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1, Anhang A.

<sup>14</sup> Ebd., Anhang A.

Die verwendeten Stützmittel zur Ausbruchsicherung bei Anwendung der NÖT sind<sup>15</sup>:

- ◆ Spritzbeton (mit Einlagen aus Baustahlgitter)
- ◆ Systemankerung
- ◆ Injektionen
- ◆ Streckenbögen

Durch den Einsatz dieser Stützmittel ist im Außengewölbe während des Bauzustandes (Zeitraum vom Ausbruch bis zum Einbau der Innenschale) ein Sicherheitsfaktor  $F=1,0$  anzustreben. Erst der endgültige Einbau der Stahlbeton-Innenschale vermag den Sicherheitsfaktor entsprechend anzuheben. Dadurch nimmt man jedoch in Kauf, dass je nach Heterogenität des Gebirges stellenweise Verdrückungen, Rissbildungen u.ä. auftreten können. In solchen Fällen muss an den entsprechenden Stellen eine rasche Verstärkung des Verbaus vorgenommen werden, beispielsweise durch Nachankerung mit längeren Ankern.

Zur Erreichung eines Gleichgewichtszustandes im Außengewölbe bzw. eines akzeptablen Verformungszustandes ist ein Zusammenwirken von innerer Auskleidung (Spritzbeton, Baustahlgitter, Streckenbögen) sowie ins Gebirge reichender Stützmittel notwendig. Alle Stützmittel zusammen bilden mit dem Gebirgstragring, der durch Anker und Injektionen aktiviert wird, einen Verbundkörper. Im Gegensatz zu früheren Tunnelbauten ist dieser jedoch nicht steif, sondern weist auch eine erforderliche Verformbarkeit auf. Dadurch kann das für einen wirtschaftlichen Gesamtausbau notwendige Maß an Druckumlagerungen bzw. Spannungsabbau erreicht werden.

Der Zusammenhang zwischen den Hohlraumdeformationen und dem Ausbauwiderstand ist in Abb. 2.9 dargestellt. Aus dieser Abbildung ist ersichtlich, dass der notwendige Ausbauwiderstand umso größer sein muss, je schneller ein Gleichgewichtszustand erreicht werden soll. Werden Deformationen länger zugelassen, sinkt der Ausbauwiderstand für das Gleichgewicht. Problematisch wird die Situation erst ab einer gewissen Größe der Deformationen, weil dann die schädliche Auflockerung des Gebirges um den Hohlraum beginnt. Diese Zustände sind äußerst unerwünscht und bewirken einen wieder ansteigenden Ausbauwiderstand. Es erscheint daher theoretisch sinnvoll, nur solche Deformationen zuzulassen, bei denen der notwendige Ausbauwiderstand ein Minimum erreicht. Praktisch ist es jedoch schwierig genau diesen Zeitpunkt zu treffen. Aus sicherheitstechnischen Gründen liegt das Optimum daher auf Seiten etwas geringerer Deformationen.

---

<sup>15</sup> Vgl. Skriptum Fels- und Tunnelbau, TU Wien, S. 64.

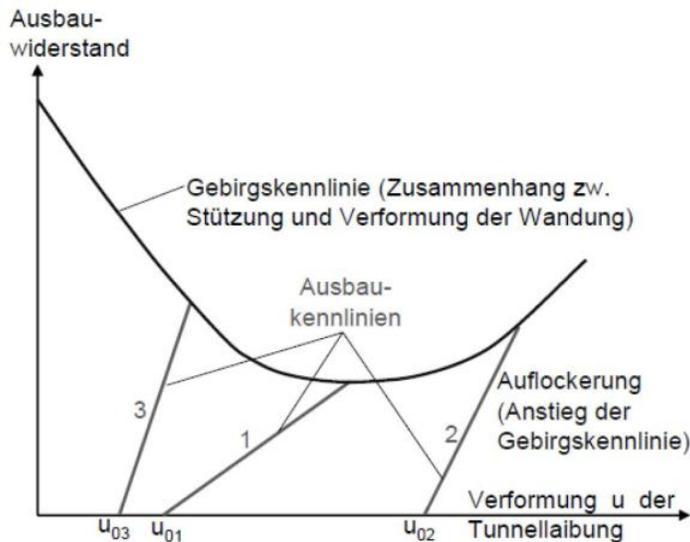


Abb. 2.9: Ausbaukennlinien (Zusammenhang zw. Verformung und Ausbauwiderstand)<sup>16</sup>

weicher Ausbau: minimal erforderlicher Ausbauwiderstand

steifer Ausbau, spät eingebaut: große Verformungen, hoher Ausbauwiderstand erforderlich

steifer Ausbau, früh eingebaut: geringe Verformungen, hoher Ausbauwiderstand erforderlich

### 2.2.4 Vor- und Nachteile der NÖT

Vorteile	Nachteile
Verringerung bzw. Reduzierung des Auflockerungs- und Umlagerungsdrucks des Gebirges	Umfangreiche Spezialerfahrung notwendig
Gebirgsfestigkeit bleibt durch vergleichsweise schonendes Verfahren weitgehend erhalten	Verschiedene Gebirgsarten und starke Gebirgsdruckerscheinungen erfordern z.T. zusätzliche Gutachten
Gute Anpassung des Ausbaus an den Ausbruch ohne Querschnittsänderung	Ständige Anwesenheit eines Ingenieurgeologen auf der Baustelle, da die Gebirgskonturen schnell vom Spritzbeton überdeckt werden
Keine störenden Einbauten (Messtechnik u.ä.) im Ausbruchquerschnitt; günstig für Schutterungs- und Transportlogistik	
Reduzierung der lichten Tunnelweiten und Einsparung von Ausbruchmassen durch Spritzbetonsicherung	

Tab. 2.1: Vor- und Nachteile der NÖT<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Vgl. Skriptum Fels- und Tunnelbau, TU Wien, S. 28.

<sup>17</sup> Vgl. Striegler W., Tunnelbau, 1993, S. 121.

## **2.3 ÖNORM B 2203**

Die ÖNORM B 2203 setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Teil 1 behandelt den sog. „Zyklischen Vortrieb“ und Teil 2 setzt sich mit dem „Kontinuierlichen Vortrieb mit Tunnelvortriebsmaschinen“ auseinander. Da in dieser Arbeit ausschließlich Tunnelvortriebe mit zyklischem Vortrieb betrachtet werden, ist nur die ÖNORM B 2203-1, Untertagebauarbeiten - Werkvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb, i.d.F. 2001-12-01 von Bedeutung.

Diese ÖNORM gliedert sich in fünf Kapitel:

- 1) Anwendungsbereich
- 2) Normative Verweisungen
- 3) Begriffe
- 4) Verfahrensbestimmungen
- 5) Vertragsbestimmungen

Im Kapitel „Anwendungsbereich“ wird die Verwendung dieser Norm für die Ausführung von Untertagebauarbeiten im zyklischen Vortrieb definiert, wobei Pressvortriebe und Hohlräume, die in offener Bauweise hergestellt werden, dezidiert ausgenommen werden.

Das Kapitel „Normative Verweisungen“ zählt Normen und Richtlinien auf, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser ÖNORM sind.

Der Abschnitt „Begriffe“ macht bereits in der ÖNORM B 2110 „Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen“ i.d.F. 2009-01-01 und ÖNORM B 2117 „Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen an Verkehrswegen sowie für den damit im Zusammenhang stehenden Landschaftsbau – Werkvertragsnorm“ i.d.F. 200-04-01 enthaltene Begriffe geltend und enthält ergänzend dazu tunnelbauspezifische Bezeichnungen.

Abschnitt 4 „Verfahrensbestimmungen“ enthält ergänzend zu den Bestimmungen in ÖNORM A 2050 „Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm“ und ÖNORM A 2051 „Vergabe von Aufträgen über Leistungen im Bereich der Wasser-, Energie- und Verkehrsversorgung sowie der Postdienste - Ausschreibung, Angebot und Zuschlag – Verfahrensnorm“ weitere Hinweise für die Ausschreibung und für die Erstellung von Angeboten sowie für den Aufbau der Ausschreibungsunterlagen. Insbesondere wird in diesem Teil auf die für die Ausführung wesentliche Einteilung in Vortriebsklassen eingegangen.

Im letzten Teil über „Vertragsbestimmungen“ werden zusätzlich zu den Bestimmungen der ÖNORM B 2110 weitere Vertragsbestandteile für AG und AN festgelegt.

## 2.4 Vergütungsmodelle

Dieser Abschnitt behandelt die in Österreich bekannten Vergütungsmodelle im Tunnelbau, wobei der Fokus auf der Vergütung nach dem MATRIX-Modell lt. ÖNORM B 2203-1 bzw. dem KLIMT-Modell liegt. Das LAST-Modell wird hierbei nicht behandelt, da diese Methode der Vergütung in Österreich nicht mehr angewendet wird.

### 2.4.1 MATRIX-Modell

Das MATRIX-Modell basiert auf einzelnen sog. Vortriebsklassen, welche für die Abrechnung der Vortriebsleistung herangezogen werden. Im Gegensatz zur Vortriebsklassifizierung steht die Gebirgsklassifizierung, die jedoch rein auf die geologischen Eigenschaften des Gebirges im Bereich des Tunnelbauwerks eingeht. Diese Klassifizierung erfolgt anhand der „Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauwerken mit zyklischem Vortrieb“<sup>18</sup> und ist notwendig für die Festlegung sämtlicher bautechnisch erforderlicher Maßnahmen für die verschiedenen Gebirgsverhaltenstypen. Basierend auf dieser Einteilung kann die Berechnung der Vortriebsklassen vorgenommen werden. *Jede Vortriebsklasse repräsentiert dabei einen vergleichbaren Homogenbereich innerhalb der prognostizierten Gebirgsverhaltenstypen, für den dieselbe Anzahl an Stützmittel und Zusatzmaßnahmen zur Sicherung notwendig ist.*<sup>19</sup>

Eine Vortriebsklasse wird durch die 1. und 2. Ordnungszahl genauer beschrieben (siehe Abb. 2.10). Die 1. Ordnungszahl gibt dabei Auskunft über die Abschlagslänge im jeweiligen Ausbruchsbereich, die 2. Ordnungszahl wird auch als Stützmittelzahl bezeichnet und ist ein Parameter für die Menge der eingebauten Stützmittel im jeweiligen Abschlag. Für den Kalottenvortrieb ist die Einteilung der einzelnen Vortriebsklassen in der ÖNORM geregelt, für den Strossenvortrieb ist diese Einteilung jedoch projektspezifisch vorzunehmen. Die Berechnung der 2. Ordnungszahl erfolgt anhand der Menge an eingebauten Stütz- und Zusatzmaßnahmen, die gemäß ÖNORM B 2203-1, Tab. 3 (siehe Anhang) bewertet werden. Dafür wird die Summe der einzelnen bewerteten Stützmittel gebildet und durch die Bewertungsfläche geteilt<sup>20</sup>.

$$s_f = \frac{\sum(s_q * r_f)}{a_r}$$

(1) Ermittlung der Stützmittelzahl

<sup>18</sup> Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2008

<sup>19</sup> Vgl. Amon, W., Diplomarbeit, 2009, S. 11.

<sup>20</sup> Vgl. Maidl, B., Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band II, 2004, S. 74.

Dabei ist:

$s_f$  Stützmittellanzahl (support factor)

$s_q$  Menge der Stützmittel pro laufenden Tunnelmeter (quantities of supporting elements per m)

$r_f$  Bewertungsfaktor gem. ÖNORM B 2203-1, Tab. 3 (rating factor)

$a_r$  Bewertungsfläche gem. ÖNORM B 2203-1, Bild 1 (rating area)

*Anmerkung: Mathematisch gesehen ist die Formel nicht dimensionsrein!*

Durch diese beiden Variablen ist ein Schnittpunkt in der Matrix definiert. Der Geltungsbereich abseits dieses Punktes ist abhängig von der Abschlagslänge und ist in der ÖNORM B 2203-1, Tab. 4 definiert. Durch die Festlegung dieses Bereiches kann eine sofortige Vortriebsklassenänderung durch geringe Änderungen der Abschlagslänge bzw. dem Ausmaß an Sicherungs- und Stützmaßnahmen ausgeschlossen werden. Damit einhergehend wird auch die Kostensicherheit erhöht.

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

Abb. 2.10: Vortriebsklassenmatrix für Vortrieb der Kalotte, der Strosse oder der Kalotte mit Strosse<sup>21</sup>

Bei der Ermittlung der Vortriebsklassen für den Ausbruch der Sohle wird die 2. Ordnungszahl durch die Ausbauart festgelegt (siehe Abb. 2.11).

<sup>21</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1:2001, S. 12.

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

Abb. 2.11: Vortriebsklassenmatrix für Vortrieb der Sohle<sup>22</sup>

### 2.4.2 KLIMT-Modell

Das KLIMT-Modell ist eine Weiterentwicklung des LAST<sup>23</sup>-Modells und wurde im Zuge des Westbahnausbaus bei der Errichtung des Lainzer Tunnels, Baulos LT 31, erstmalig angewendet; daraus (Startschacht „Klimtgasse“) ergab sich der Name. Der ursprüngliche Entwurf dieses Vergütungsmodells war für *einen seicht liegenden, städtischen Tunnel im Lockergestein mit Vorkommen von gespanntem Grundwasserhorizonten*<sup>24</sup> mit Ulmenstolenvortrieb gedacht, ist jedoch auch schon bei anderen Vortriebsmethoden zum Einsatz gekommen.

Die ÖNORM B 2203-1 nennt unter Pkt. 4.3.4 bereits die Möglichkeit der Anwendung von alternativen Modellen zur Vortriebsklassifizierung und Abrechnung. Änderungen im Vortriebsablauf hinsichtlich der Art und Anzahl der eingebauten Stützmittel sind dabei in *einer dem Matrixmodell gleichwertigen*<sup>25</sup> Form zu regeln.

<sup>22</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1:2001, S. 12.

<sup>23</sup> LAST = Lohnstundenausgleich für Asbruch und Stützung, Einsatz bei Bau der zweiten Röhre des Selzthaltunnels.

<sup>24</sup> Vgl. Schlosser W., Dissertation, 2005, S. 265.

<sup>25</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1: 2001, S. 15.

Anwendungen des KLIMT-Modells:

- ◆ Lainzer Tunnel, Baulos LT 44 „Güterschleife“
- ◆ Erkundungsarbeiten für den Koralmtunnel
  - EKT Leibenfeld
  - EKT Mitterpichling
  - EKT Paierdorf
- ◆ Koralmtunnel, Baulos KAT 1 (in modifizierter Form)

Erläuterung des Vergütungsmodells:

In der Ausschreibung werden für einzelne, geotechnisch gesehen homogene Bereiche anhand der Abschlags- bzw. Öffnungslänge ein oder mehrere sog. Basisvortriebe, kurz BVT, festgelegt. Anhand dieser Basisvortriebe werden die Mengen für Ausbruch und Sicherung im entsprechenden Vortriebsabschnitt ermittelt. Jeder Basisvortrieb entspricht einem punktförmigen Eintrag in der Matrix. Ähnlich dem MATRIX-Modell werden vom Bieter für jeden Basisvortrieb vertraglich festgelegte Soll-Vortriebsdauern pro Abschlag bzw. pro Laufmeter angegeben. Zusätzlich müssen aber auch noch Zeitangaben für einen erhöhten oder reduzierten Stützmitteleinbau (inkl. Arbeiten für Zusatzmaßnahmen, Erschwernisse etc.) offengelegt werden. Dadurch können Änderungen in Art und Menge der Sicherungsmaßnahmen durch eine einfache Addition bzw. Subtraktion der Zeitangaben berücksichtigt und somit eine neue Sollte-Vortriebsdauer für den Basisvortrieb ermittelt werden. In der Ausschreibung werden jedoch projektspezifisch für die Zeitwerte sowohl Ober- als auch Untergrenzen angegeben.

Die Problematik bei dieser Mehr-Weniger-Rechnung liegt jedoch in der Schwierigkeit, diese Zeitangaben für einzelne Stützmittel genau festzulegen. Durch die sinkenden Leistungswerte aufgrund der Gleichzeitigkeit der Arbeiten können die Ansätze nicht linear hochgerechnet werden; korrekterweise müsste eigentlich ein Durchschnittswert gebildet werden, der empirisch zu ermitteln wäre.

### 2.4.3 Gegenüberstellung und Vergleich

Nr.		Kriterium	Eigenschaft	ÖN B 2203-1	KLIMT
<u>VT-Klassifikation</u>					
1	Geologie	Erkundungsgrad und Prognosesicherheit hinsichtl. der Klassenverteilung (Feedback auf geologische Variation, Störzonen, etc.)	hoch	++	++
			gering	o	+
2	Konstruktion	plangem. Ausbruchprofil (Feedback auf Anwendungsgebiet im Zusammenhang mit der Stabilität der Matrix)	≤ 25 m <sup>2</sup>	-	++
			25 – 75 m <sup>2</sup>	+	++
			≥ 75 m <sup>2</sup>	++	++
3	Verfahren	Bau- und Betriebsweise	einfach	++	gem. ÖN B 2203-1
3a		Sonderbauweisen (Firststollen, Ulmenstollen, etc.)		-	
3b		Betriebsweise (Längsentwicklung bzw. -ablauf)	völlig entkoppelt	++	o
3c	Bauhilfsmaßnahmen u. Zusatzmaßnahmen (Rohrschirm, DSV, Vereisung, etc.)	kurzer Ringschluss	o	++	
4	Erschwernis	Mehrausbruch	vorhanden	++	gem. ÖN B 2203-1
5		Wasserschwernisse	vorhanden	++	
6		Mixed-Face-Bedingungen	vorhanden	++	
<u>Parameter für die Regelung der leistungsabhängigen Vergütung</u>					
7		VT-Geschwindigkeit bzw. Soll-Vortriebszeit		- vertraglich - konst./VKL	- vertraglich - variabel/VKL
8		Regeleinbau-Aufwandswert bzw. Soll-Einbauzeit		?	- vertraglich - bauzeitlich
9		Variables Bauzeitmodell während Vortrieb		+	+
10		Eindeutigkeit des Geltungsbereichs einer VKL, AK, SK, ...		+(+)	++
11		Grundlage der leistungsabhängigen Vergütung		2 Klassifikationen: - Angebot, Vergabe - Vergütung	1 Klassifikation: - Angebot, Vergabe - dynam. Anpassung durch Bieterangaben
<u>leistungsabhängige Vergütung</u>					
12	VKL bezogen	Variation der Abschlagslänge	hoch	-	gem. ÖN B 2203-1
			gering	o	
13	VKL bezogen	Variation der Stützmaßnahmen	hoch	o	++
			gering	+	++
14	Bauzeit bezogen	Variation des Übermaßes ( $\dot{u}_m$ ) und Überprofils ( $\dot{u}_p$ )	hoch	+	gem. ÖN B 2203-1
			gering	++	
15	Bauzeit bezogen	Variation der VKL (VKL-Wechsel)	hoch	o	gem. ÖN B 2203-1
			gering	+	
16	Bauzeit bezogen	Variation der Lösemethode	hoch	-	gem. ÖN B 2203-1
			gering	+	
<u>Auswirkungen</u>					
17		Lohnkosten Ausbruch		- konst in VKL - sprunghaft	- In VP ZGLK - sprunghaft
18		Lohnkosten Stützmaßnahmen		- konst in VKL - sprunghaft	- In VP ZGLK - anpassbar
19		zeitgebundene Kosten		sprunghaft	linear
20		Ermittlung des zeitkritischen Wegs bei VKL-bestimmenden Leistungsänderungen		o	+

Tab. 2.2: Vergleichsdarstellung ÖNORM B 2203-1 - KLIMT<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Vgl. Schlosser W., Dissertation, 2005, S. 326.

## **3 Kostenermittlung im Tunnelbau**

### **3.1 Besonderheiten von Tunnelbaustellen**

Der Tunnelbau gehört zu den interessantesten, aber auch schwierigsten Aufgaben, die das Bauingenieurwesen zu bieten hat. Die Interaktion zwischen Gebirge, Konstruktion und Bauverfahren ist hier besonders intensiv und nicht nur punktuell (z.B. Fundamente bei Brückenbauten) beschränkt, sondern erstreckt sich über die gesamte Länge des Bauwerks. Weiters unterscheidet sich der Tunnelbau durch eine Vielzahl an externen Einflüssen und Wechselwirkungen maßgeblich von anderen Baukonstruktionen.

#### **3.1.1 Verkehrsanbindung, Lage und örtliche Platzverhältnisse**

Da sich die geographische Lage und die örtlichen Platzverhältnisse der Baustelle massiv auf die Kosten (v.a. die zeitgebundenen Kosten) auswirken, werden in diesem Kapitel die unterschiedlichen Typen an Tunnel- und Stollenbauwerken klassifiziert und die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale herausgearbeitet.

Grundsätzlich gilt es drei verschiedene Typen zu unterscheiden:

##### 1) Innerstädtische Bauwerke

Das schwierigste Kriterium des innerstädtischen Tunnelbaus ist das geringe Platzangebot im meist dicht verbauten Siedlungsgebiet. Dadurch ist es sehr schwierig, sämtliche für die reibungslose Abwicklung der Baustelle notwendigen Geräte und Infrastruktureinrichtungen möglichst zentral und kompakt zu situieren. Oftmals kann dies nur mit einem hohen Mehraufwand erreicht werden (siehe Abb. 3.1).

Meist handelt es sich bei solchen Bauwerken auch um äußerst seicht liegende Tunnels (siehe Abb. 3.2) und daher ist mit einer erhöhten Setzungsproblematik zu rechnen.

Von Vorteil bei diesen Typen ist jedoch die meist sehr gute Verkehrsanbindung, so dass sämtliche Transporte und Lieferungen problemlos und rasch erfolgen können. Dadurch können kurzfristig entstandene Engpässe behoben bzw. vermieden werden.

##### 2) Bauwerke im semi-alpinen Gelände

Tunnelbauwerke in diesen Gebieten stellen i.d.R. kein Problem hinsichtlich Platzangebots dar.



Abb. 3.1: BE-Fläche im innerstädtischen Bereich<sup>27</sup>

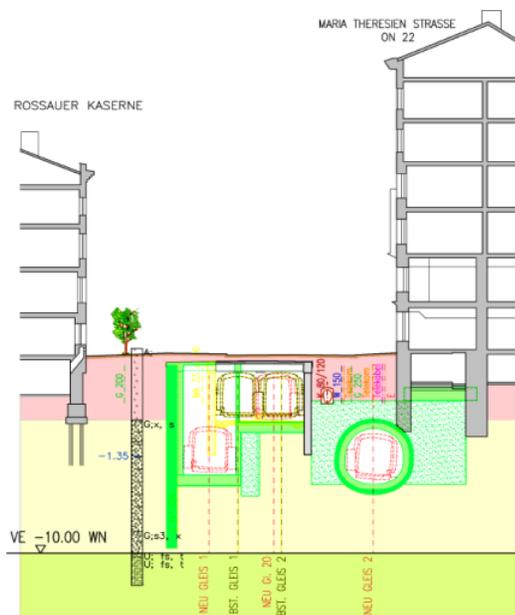


Abb. 3.2: Seicht liegender, innerstädtischer Tunnel<sup>28</sup>

### 3) Bauwerke im hochalpinen Gelände

Tunnel- und Stollenbauwerke in extrem alpinen Lagen sind die am schwierigsten abzuwickelnden Baustellen, da hier eine Kombination von schlechter bzw. anfänglich teilweise sogar nicht vorhandener Verkehrsanbindung und äußerst exponierter Lage auftritt.

<sup>27</sup> Quelle: U2/2 – Taborstraße

<sup>28</sup> Quelle: U2/1 – Schottenring

Nicht selten tritt der Fall ein, dass vor Baubeginn der Tunnelbauarbeiten erst eine adäquate Zufahrtsstraße errichtet bzw. bestehende Forstwege u.ä. adaptiert werden müssen, um die erforderlichen Geräte, Maschinen und Materialien anliefern zu können. Dabei sind vor allem die enormen Transportgewichte der Großgeräte zu berücksichtigen.

Dieser Typ kommt hauptsächlich bei der Errichtung von Stollen, Schächten und Kavernen im Wasserkraftwerksbau vor und stellt für Verkehrstunnelbauten eher die Ausnahme dar.

### 3.1.2 Logistische Probleme

Im Gegensatz zum allgemeinen Hoch- oder Tiefbau weisen Tunnelbauwerke mitunter eine sehr hohe Längserstreckung auf. Der derzeit längste Tunnel der Welt ist der Seikan-Tunnel<sup>29</sup> (Japan) mit 53,94 km Länge und verbindet die Inseln Hokkaido und Honshu. Mit Ende des Jahres 2010 wird jedoch der Gotthard-Basistunnel mit einer Gesamtlänge von ca. 57 km den Seikan-Tunnel als längsten Tunnel der Welt ablösen.

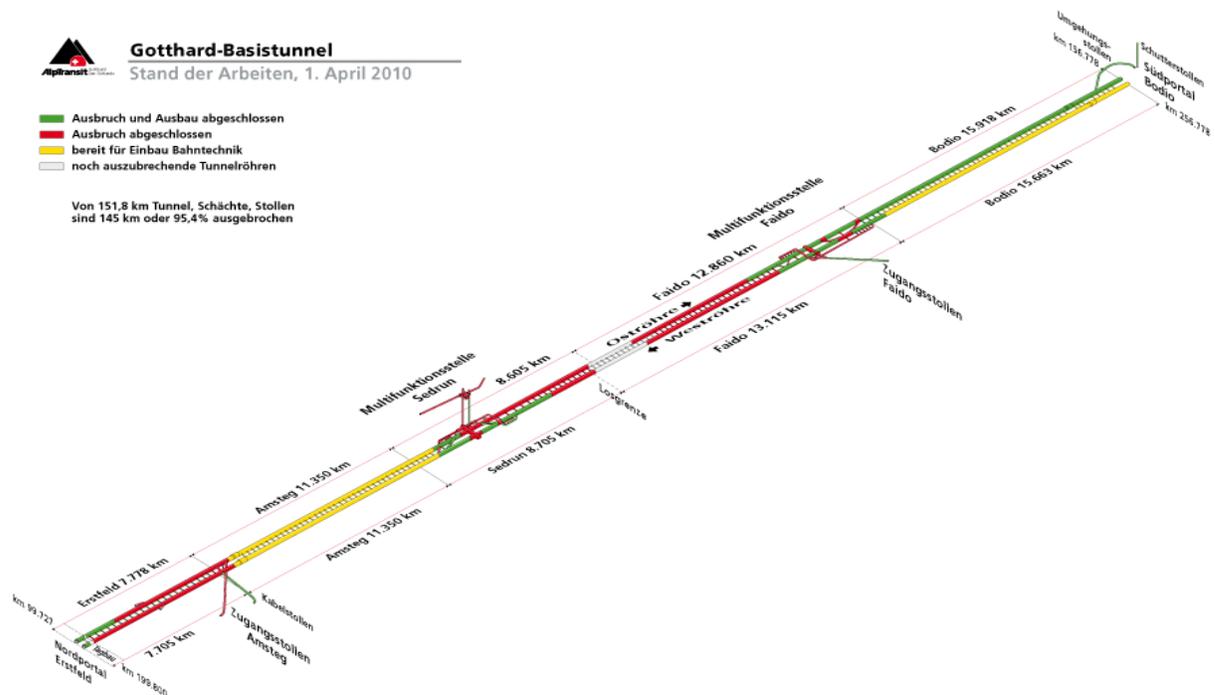


Abb. 3.3: Übersichtsplan Gotthard-Basistunnel<sup>30</sup>

Auch wenn solch gigantische Projekte in mehreren Baulosen und von verschiedenen Angriffspunkten aus aufgeföhren werden, sind jedoch die logistischen Überlegungen für die einzelnen, mehrere Kilometer langen Abschnitte äußerst wichtig für einen optimalen

<sup>29</sup> Quelle: <http://www.lotsberg.net/data/rail.html> (16.04.2010, 12:26).

<sup>30</sup> Quelle: <http://www.alptransit.ch/de/news/article/2010/04/09/gotthard-basistunnel-weltrekord-am-15-oktober-2010-geplant/> (16.04.2010, 12:36).

Bauablauf. Sowohl im zyklischen als auch im kontinuierlichen Vortrieb ist die Logistik für die Materialver- und -entsorgung im Tunnel ein erheblicher Erfolgsfaktor für den Vortrieb.

Eine weitere Problematik für die Materiallogistik bilden gesetzliche Einschränkungen für Materialtransporte (z.B. Nacht- und Wochenendfahrverbote). Abtransporte von Tunnelausbruchsmaterial können nur während bestimmter Tageszeiten durchgeführt werden. Da aber die Vortriebsarbeiten im Normalfall ohne Unterbrechung laufen, müssen für die restliche Dauer Zwischenlagerflächen geschaffen werden. Dies bedeutet eine weitere Einengung der meistens ohnehin schon sehr knappen Baustelleneinrichtungsfläche oder – falls dies nicht möglich ist – die teure Anmietung von zusätzlichen Zwischenlagern.

### **3.1.3 Tiefenlage des Tunnels**

Grundsätzlich können Tunnel aufgrund ihrer Lage im Gebirge und der Überdeckung des Tunnels von der Tunnelfirste bis zur Geländeoberkante in sog. seichtliegende bzw. tiefliegende Tunnels eingeteilt werden.

Bei seichtliegenden Tunnels befindet sich das Tunnelportal oftmals direkt an einer durch einen Voreinschnitt vorbereiteten Hangböschung. Dadurch können sämtliche Geräte direkt bis zur Ortsbrust vorfahren und auch die Materiallogistik stellt im Normalfall kein Problem dar. Die Problematik bei solchen Bauwerken liegt eher auf Seiten der maximal zulässigen Setzungen sowie in der Festlegung von maximalen Sprengerschütterungen, um bestehende Gebäude nicht zu beschädigen und Anrainer nicht zu beeinträchtigen. Meist müssen dafür aufwändige Messprogramme in angrenzenden Gebäuden installiert werden.

Bei tiefliegenden Tunnels sind die soeben genannten Probleme meist vernachlässigbar. Dafür ist besonderes Augenmerk auf die Logistik für die Vortriebsarbeiten zu legen. Der Zugang erfolgt in diesen Fällen meist über einen oder mehrere Zugangsschächte bzw. Zugangsstollen. Diese Bauwerke stellen Kapazitätsengpässe für die Ver- und Entsorgung dar. Sämtliche Arbeitsvorgänge müssen daher auf das Schlüsselgerät am Zugangsschacht – meist ein Portalkran – abgestimmt werden. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass eventuell alle im Vortrieb tätigen Geräte über den Schacht in den Tunnel und nach Vortriebsende bzw. möglicherweise auch für größere Reparaturen wieder hinauf gehoben werden müssen.

Da das gesamte Ausbruchsmaterial ebenfalls über den Schacht abtransportiert werden muss, ist für den Fall eines Geräteausfalls ein ausreichend großes Zwischenlager unter Tage bereitzuhalten.

Weiters ist bei tiefliegenden Tunnels zu berücksichtigen, dass geologisch bedingt die Temperatur mit der Überdeckung des Tunnels zunimmt. Als Richtwert ist dabei von einer Temperaturzunahme um ca. 3 K pro 100 m auszugehen.

Zusätzliche Wärmequellen stellen die eingesetzten Geräte dar, sowie die abgegebene Hydratationswärme des Betons. Dadurch ergeben sich sowohl erschwerte Arbeitsbedingungen für die Vortriebsmannschaft mit einhergehendem Leistungsverlust als auch materialtechnologische Probleme (ev. Kühlung des Betons notwendig). Aufgrund des Arbeitnehmerschutzes kann es u.U. notwendig sein den Vortrieb zu kühlen – so geschehen etwa beim Vortrieb des Gotthard-Basistunnels. Hier beträgt die höchste Überlagerung mehr als 2000 m, Fels und Wasser sind in dieser Tiefe ca. 43°C heiß. Gemäß Vorschriften ist hier eine Kühlung auf max. 28°C notwendig gewesen.<sup>31</sup>

#### **3.1.4 Streuung von Materialparametern**

Aufgrund der sehr hohen Längserstreckung von Tunnelbauwerken ist eine aufwendige geologische Untersuchung des Projektgebiets notwendig. Erschwerend dabei ist jedoch die tlw. schwierige Zugänglichkeit um Versuche durchzuführen und Proben zu entnehmen – einerseits durch Bebauung im innerstädtischen Bereich oder andererseits durch die Lage im alpinen Gelände. Selbst durch großflächige Erkundungsmaßnahmen (z.B. geophysikalische Untersuchungen) und punktuelle Aufschlüsse mittels Bohrungen können für den nicht erkundeten Bereich nur Annahmen innerhalb gewisser Bandbreiten getroffen werden. Aufgrund dieser Voruntersuchungen wird daraufhin die Klassifizierung des Gebirges vorgenommen.

Durch die Gebirgsbildung ging bei den meisten Gebirgsformationen jedoch die Homogenität verloren. Es entstanden durch Schichtung und Faltung heterogene Bereiche, welche schwer einschätzbar sind. Die Berücksichtigung dieser Streuungen sollte bei der Vorermittlung der geotechnischen Gebirgsparameter berücksichtigt werden. Im Vergleich zu künstlich hergestellten Baumaterialien, wie beispielsweise Beton oder Stahl, ist die Abweichung vom Normalwert jedoch enorm.

In Stahlbeton- bzw. Stahlbau können einerseits solche Qualitätsschwankungen auf Seiten des Baustoffs durch umfangreiche Qualitätssicherungsmaßnahmen ausgeschlossen werden. Andererseits sind die Belastungen i.A. leichter zu erfassen und größtenteils auch genormt (siehe z.B. EC 1: Einwirkungen auf Tragwerke).

---

<sup>31</sup> Quelle: [www.swissinfo.ch](http://www.swissinfo.ch) (23.09.2010, 16:35)

Die Streuung der Materialparameter ist auch ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Arbeitssicherheit der Personen, die mit den Vortriebsarbeiten beschäftigt sind bzw. die sich aus anderen Gründen im Tunnel befinden.

Ein Leitsatz der Tunnelbauer trifft die Problematik der Ermittlung bestimmter Materialparameter ganz gut:

*Vor der Ortsbrust ist es schwarz.*<sup>32</sup>

### **3.1.5 Interaktion verschiedener Fachgebiete**

Verschiedene Merkmale grenzen den Tunnelbau von den anderen Sparten des Bauingenieurwesens ab und machen deutlich, dass besonders im Tunnelbau eine enge Interaktion zwischen verschiedenen Sparten des Bauingenieurwesens notwendig ist und besonders intensives interdisziplinäres Denken erfordert.

Die Bedeutung des Tunnelbaus etwas anders formuliert:

*Der Tunnelbau vereinigt Theorie und Praxis zu einer eigenen Ingenieurbaukunst. Bei Wichtung der vielen Einflüsse steht je nach dem Stand der eigenen Kenntnisse einmal die Praxis, das andere Mal mehr die Theorie im Vordergrund. Der Ingenieurtunnelbau wird heute weitgehend von Bauingenieuren betrieben, doch sollte sich jeder bewusst sein, dass Statik- und Massivbaukenntnisse allein nicht ausreichen. Geologie, Geomechanik, Maschinentechnik und insbesondere Bauverfahrenstechnik gehören gleichwertig dazu.*<sup>33</sup>

### **3.1.6 Auswahl des optimalen Bauverfahrens**

Aufgrund wechselnder Gebirgsverhältnisse und der daraus resultierenden Streubreite von Materialparametern ergeben sich hohe Projektrisiken hinsichtlich Termin- und Kosteneinhaltung. Daher müssen bei der Wahl des geeigneten Bauverfahrens sämtliche Einflussfaktoren auf den Tunnelvortrieb abgewogen werden, um das geeignetste Bauverfahren auszuwählen. Schließlich ist das gewählte Verfahren maßgebend für den technischen und wirtschaftlichen Erfolg des Projekts verantwortlich.

Die Auswahl des optimalen Bauverfahrens wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

- ◆ Geologische Faktoren
  - Gesteinsart
  - Gesteinsfestigkeit
  - Trennflächengefüge
  - Abrasivität
  - Berg- bzw. Grundwasserverhältnisse

---

<sup>32</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 2.

<sup>33</sup> Ebd., S. 2.

#### ◆ Projektspezifische Faktoren

- Aufzufahrende Länge des Tunnels (siehe Abb. 3.4)
- Querschnittsgröße und -geometrie
- Gradientenneigung
- Standortverhältnisse (v.a. hinsichtlich Antransport von Geräten und Material und Aufbau von Maschinen)

#### ◆ Baubetriebliche Faktoren

- Mögliche Vortriebsmethoden (Voll- oder Teilausbruch)
- Maximale Abschlagslänge, freie Standzeit des Gebirges
- Tunnellogistik (Materialver- und -entsorgung)
- eventuelle Wiederverwertung von Tunnelausbruchmaterial
- Begrenzung der max. zulässigen Lärm- und Erschütterungsemissionen
- Geringe Setzungstoleranzen aufgrund besonders empfindlicher Bauwerke in direkter Umgebung

#### ◆ Menschliche Faktoren

- Erfahrung der Mannschaft mit der entsprechenden Vortriebstechnik

Die bestehenden Wechselwirkungen zwischen diesen Merkmalen sollten so gut als möglich bereits in der Projektierungsphase berücksichtigt werden. Aufgrund der bereits erwähnten Spezifika des Tunnelbaus sind die Auswirkungen der oben genannten Punkte zur Gänze jedoch erst während der Baudurchführung erkennbar.

Die geologischen Einflussmerkmale sind vorrangig für die Auswahl des Bauverfahrens ausschlaggebend. Daneben zählen die sog. „hard-facts“ (Tunnellänge, Standortverhältnisse) zu den wichtigen Entscheidungskriterien. Im Gegensatz dazu wird den „soft-facts“ bei der Bauverfahrensauswahl leider wenig Bedeutung entgegengebracht. Da jedoch der Tunnelbau zu einem großen Anteil auf Erfahrungswerten der Vortriebsmannschaft beruht, sollte das Augenmerk verstärkt auf den Faktor „Mensch“ gerichtet werden, um schlussendlich den gewünschten Projekterfolg zu erreichen.

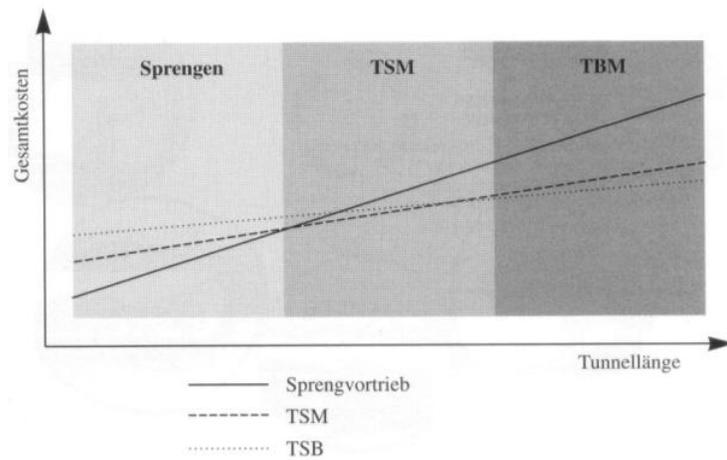


Abb. 3.4: Wirtschaftl. Einsatzbereich der Vortriebsverfahren (abh. von der Projektlänge)<sup>34</sup>

Eine weitere Entscheidungshilfe sowohl für den Vortrieb im Lockergestein als auch im Fels bietet Girmscheid (2000, S. 63f):

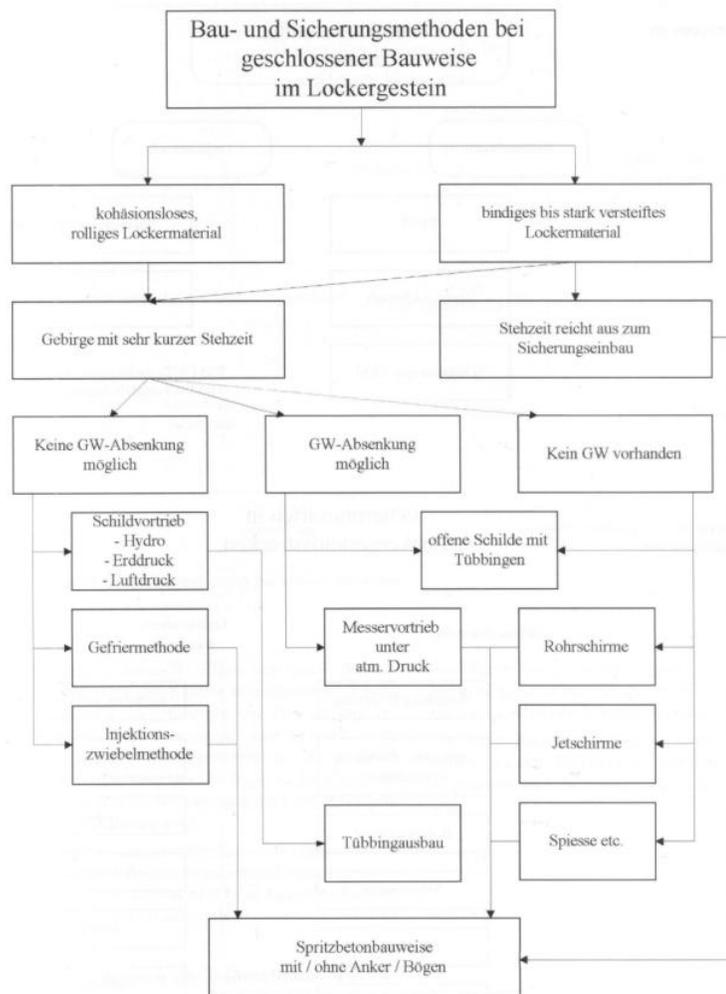


Abb. 3.5: Bau- und Sicherungsmethoden bei geschl. Bauweise im Lockergestein<sup>35</sup>

<sup>34</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 69.

<sup>35</sup> Ebd., S. 63.

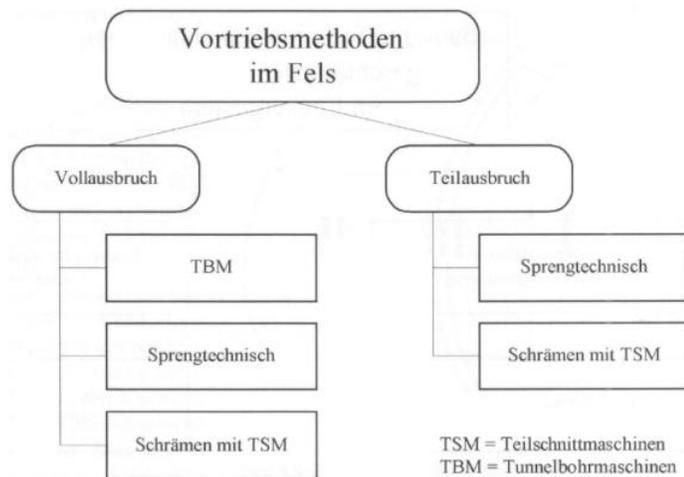


Abb. 3.6: Bau- und Sicherungsmethoden bei geschl. Bauweise im Fels<sup>36</sup>

### 3.1.7 Wasserhaltung

Bei sämtlichen Bauwerken unter Tage ist mit Wasserzutritten aus dem aufgefahrenen Gebirge zu rechnen, wodurch nicht nur die Errichtung, sondern auch der Betrieb von unterirdischen Anlagen beeinflusst wird. Daher liegt ein Hauptaugenmerk bei der Herstellung solcher Bauten auf einer zuverlässigen und effektiven Wasserhaltung zur Sammlung bzw. Ausleitung der anfallenden Bergwässer. Durch diese Maßnahmen können einerseits gefährliche Wassereinbrüche vermieden, andererseits Behinderungen durch Wasserzutritte reduziert und so ein sicherer und rascher Vortrieb ermöglicht werden.

Im Zuge der Erkundungen zur Feststellung der geologischen Verhältnisse im Projektgebiet bedarf es zusätzlich auch hydrologischer und chemischer Untersuchungen, um Menge und Beschaffenheit des zu erwartenden Wasserzuflusses möglichst genau zu bestimmen. Eine Bestimmung des Wasserchemismus ist insofern notwendig, da aggressive Wässer (pH <6,5)<sup>37</sup> die beiden häufigst eingesetzten Baustoffe – Beton und Stahl – angreifen und zerstören können. Dass dies jedoch nicht ausschließlich ein neuzeitliches Problem darstellt, sondern bereits von Anbeginn des Tunnelbaus eine Herausforderung darstellt, zeigt Abb. 3.7.

<sup>36</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 64.

<sup>37</sup> Vgl. Maidl B., Tunnelbau im Sprengvortrieb, 1997, S. 143.

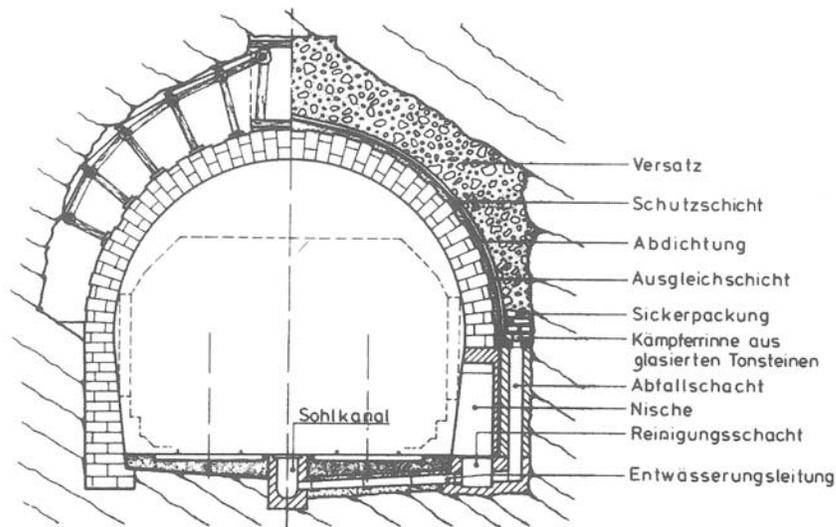


Abb. 3.7: Entwässerungssystem eines alten Eisenbahntunnels<sup>38</sup>

Aufgrund vielfältiger Schäden in den letzten Jahren rückt das Thema der Wasserableitung zunehmend in den Vordergrund und es wird verstärkt darauf Rücksicht genommen, diese Problematik in den Griff zu bekommen.

Für die Abrechnung der Erschwernisse durch Wasserzutritte während des Vortriebs müssen im Bauvertrag eindeutige Regelungen hinsichtlich der Bezugsgröße bzw. des Ortes der Messung der anfallenden Wassermenge [l/s] festgelegt werden. Die Festlegung der Bezugsgröße ist dabei abhängig von den Verhältnissen auf der Baustelle, [Maidl] nennt als Beispiele „je Vortriebsort“, „je 10 m Tunnel“, „je 30 m hinter der Ortsbrust“ oder „Gesamtwassermenge am Tunnelausgang“<sup>39</sup>.

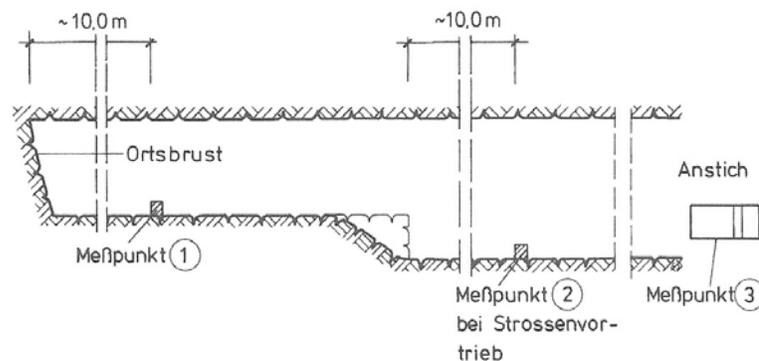


Abb. 3.8: Wassermessstellen bei der Auffahrung eines Tunnels<sup>40</sup>

Nach ÖNORM B 2203-1 ist eine projektbezogene vertragliche Regelung für Erschwernisse durch Wasserzutritt vorzunehmen. Um dabei möglichst genau vorzugehen, werden ver-

<sup>38</sup> Vgl. Maidl B., Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band II, 2004, S. 201.

<sup>39</sup> Ebd., S. 181.

<sup>40</sup> Ebd., S. 187.

schiedene Wassererschwerfnisklassen definiert, abhängig vom Ort des Wassereintritts und dem Einfluss des Wassers auf das Gebirge.

Einfluss des Wassers auf das Gebirge	Ort des Wasserzutritts im Teilquerschnitt	
	Sohle	Laibung und Ortsbrust
Vernachlässigbar	1	2
Mittel	2	3
Stark	3	4

**Anmerkung:** Bei dieser Tabelle ist der jeweilige Ort wie folgt definiert:  
Laibung und Ortsbrust ist der Bereich ab 1,0 m über der jeweiligen tatsächlichen Sohle (Kalottensohle) bis Firste, Sohle ist der Bereich von der jeweiligen tatsächlichen Sohle (Kalottensohle) bis 1,0 m darüber.

Tab. 3.1: Wassererschwerfnisklassen<sup>41</sup>

Die zu erwartende Anzahl an Arbeitstagen, an denen mit Wasserzutritt zu rechnen ist, sowie die Wassermenge und die Neigung des Vortriebs (Unterscheidung steigend/fallend) werden vom AG angegeben (siehe Tab. 3.2). Anhand dieser Parameter müssen Bieterangaben für Wassererschwerfnisse gemacht werden. Die Erschwerfnisse während des Vortriebs werden damit über zusätzliche Vortriebszeiten (Verrechnungseinheiten) abgegolten. Dabei sind die durch die Wassererschwerfnisse anfallenden Kosten in Positionen für die zeitgebundenen Kosten der Baustelle und in Positionen für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft aufzugliedern. Sofern die Teilquerschnitte Strosse und Sohle nicht am zeitkritischen Weg liegen, d.h. parallel mit dem Kalottenvortrieb mitlaufen müssen nur Positionen für die Vortriebsmannschaft vorgesehen werden, da die zeitgebundenen Kosten bereits über die Positionen des Kalottenvortriebs abgegolten sind.

Für die Kalkulation ist projektspezifisch die maximal einzurechnende Wassermenge und falls notwendig, auch die untere Grenze der Wasserspende festzulegen. Erst nach Überschreitung dieser Mindestwassermenge, werden die Erschwerfnisse durch Wasserzutritt gesondert vergütet; bis dahin sind entsprechende Behinderungen in die Ausbruchspreise einzurechnen. Bei fehlenden Angaben dieser beiden Grenzwerte, werden die Vorgaben lt. Tab. 3.2 herangezogen.

Die zusätzlichen Vortriebszeiten aufgrund von Wassererschwerfnissen werden wie folgt in der Gesamtvortriebszeit berücksichtigt:

$$VE \text{ Vortrieb}_{\text{trocken}} + VE \text{ Wassererschwerfniss} = VE \text{ Vortrieb}_{\text{gesamt}}$$

(2) Vortriebszeit mit Wassererschwerfnis

<sup>41</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1, S. 19.

Erschwer- nisklas- sen	günstig				mittel				ungünstig				sehr ungünstig			
	1				2				3				4			
Wassersp ende	Angabe AG			Angabe AN	Angabe AG			Angabe AN	Angabe AG			Angabe AN	Angabe AG			Angabe AN
		min.	max.			min.	max.			min.	max.			min.	max.	
[l/s]	AT	%	%	%	AT	%	%	%	AT	%	%	%	AT	%	%	%
0,5 bis 2,0																
> 2,0 bis 5,0																
> 5,0 bis 10,0																
> 10,0 bis 20,0																
> 20,0 bis 40,0																
> 40,0																

**Anmerkung:**  
 Vom AG sind projektspezifisch, in Abhängigkeit von der Bergwasserspense und von den Wassererschwer-nisklassen Arbeitstage 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 Wassererschwer-nis nur 80 % der Vortriebsgeschwindigkeit ohne Wassererschwer-nisse beträgt.

Tab. 3.2: Abminderungsfaktoren bei Wassererschwer-nis<sup>42</sup>

### 3.2 Geräte im zyklischen Vortrieb

Der zyklische Vortrieb basiert auf einer Kombination von „ingenieurgeologischen Konzepten mit handwerklichen Arbeitsmethoden“<sup>43</sup>. Dadurch ergibt sich die hohe Flexibilität der NÖT hinsichtlich Änderungen bei Querschnittsform und/oder -größe. Aus diesem Grund unterliegt jedoch der Bauablauf stärkeren Schwankungen als beispielsweise beim maschinellen Vortrieb und es kommt zu unterschiedlichen Vortriebsleistungen durch Mengenerhöhungen bzw. einem erhöhten Aufwand an Sicherungs- und Stützmittel je Abschlag.

<sup>42</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1, S. 19.

<sup>43</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 71.

Diese verfahrensbedingten Änderungen können bei einem Sprengvortrieb nicht ausgeschlossen werden und somit muss das gewählte Gerätekonzept sämtliche Änderungen im Vortrieb ohne einen Verlust an Leistungs- und Funktionsfähigkeit flexibel ermöglichen.

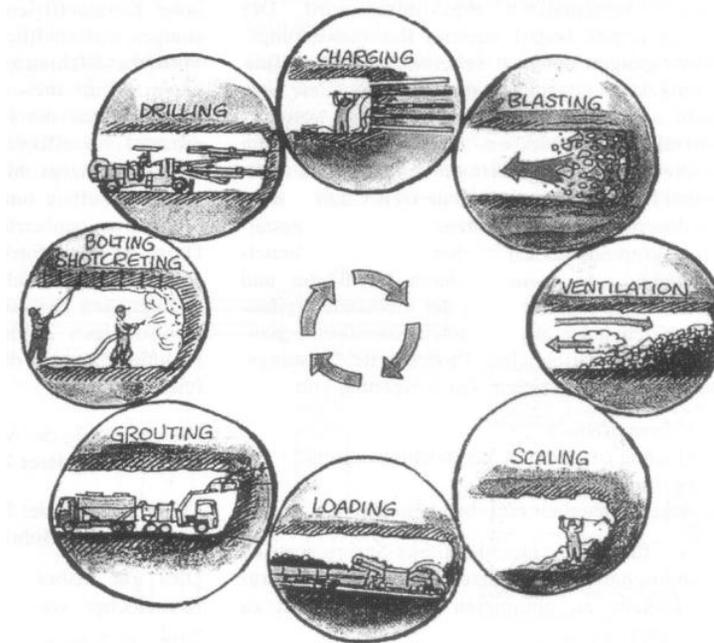


Abb. 3.9: Arbeitsschritte im zyklischen Vortrieb<sup>44</sup>

### 3.2.1 Geräte für das mechanische Lösen

Durch die anhaltende Mechanisierung und den Technologiefortschritt der letzten Jahrzehnte ist die händische Lösemethode weitestgehend in den Hintergrund gerückt und wird nur noch für extrem kleine Querschnitte und Sonderanwendungen mit geringem Umfang verwendet.

Das gängige Gerät für den Ausbruch ist der Hydraulikbagger (siehe Abb. Abb. 3.10), wobei die eingesetzten Geräte speziell für den Tunnelausbruch adaptiert sind, um auch in den tlw. sehr kleinen Querschnitten (Kalottenquerschnitt ab ca. 20 m<sup>2</sup>)<sup>45</sup> problemlos arbeiten zu können. Das Einsatzspektrum eines Tunnelbaggers reicht dabei vom direkten Baggervortrieb mittels Löffel oder Fräse bis hin zu Nachprofilierungsarbeiten im Sprengvortrieb.

In einigen Sonderfällen kommen sog. Teilschnittmaschinen zum Abbau der Ortsbrust zum Einsatz. Diese Geräte kombinieren die Arbeitsschritte *Material lösen*, *Material laden* und *Material übergeben*, sodass von einem „Abbau- und Schuttersystem“<sup>46</sup> gesprochen werden kann.

<sup>44</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 71.

<sup>45</sup> Vgl. Maidl B., Tunnelbau im Sprengvortrieb, 1997, S. 93

<sup>46</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 133.



Abb. 3.10: Hydraulikbagger beim Öffnen der Ortsbrust<sup>47</sup>

Ein auf einem beweglichen Ausleger montiertes Abbauwerkzeug verrichtet dabei die Lösearbeit. Als Abbauwerkzeuge kommen Excavatoren bzw. längs- oder querschneidende Schrämköpfe zum Einsatz (siehe Abb. 3.11).

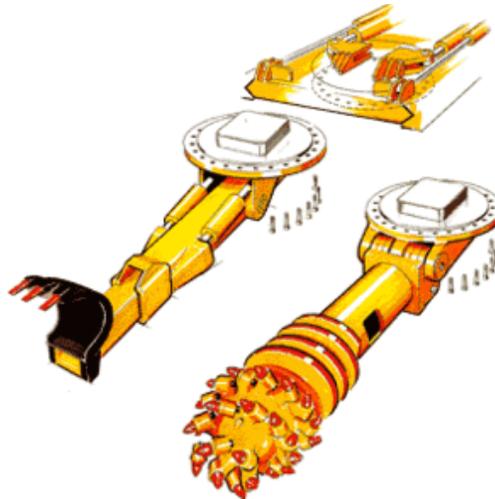


Abb. 3.11: TSM-Ausleger mit Excavator oder Schrämkopf<sup>48</sup>

Die Aufnahme des gelösten Materials erfolgt je nach Materialbeschaffenheit durch Ladeschaufeln oder Ladescheiben, die ein mittig durch das Gerät laufendes Förderband beschicken, welches das Gestein an ein Transportgerät oder eine Stetigförderanlage übergibt (siehe Abb. Abb. 3.12).

Teilschnittmaschinen können bis zu 120 N/mm<sup>2</sup> Gesteinsfestigkeit<sup>49</sup> eingesetzt werden, darüber stoßen sie an ihre technische und wirtschaftliche Leistungsgrenze. Durch den erschütterungsarmen Gesteinsabbau ergeben sich in bebautem Gebiet Vorteile gegen-

---

<sup>47</sup> Quelle: <http://www.liebherr.com> (26.04.2010, 12:32)

<sup>48</sup> Quelle: <http://www.herrenknecht.de> (04.09.2010, 16:13)

<sup>49</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 134.

über dem konventionellen Sprengvortrieb. Zusätzlich kann bei wechselnden Gebirgsverhältnissen kurzfristig zwischen verschiedenen Abbauwerkzeugen gewechselt werden.

In der Arbeitsvorbereitung sind folgende Punkte beim Einsatz einer Teilschnittmaschine zu berücksichtigen:<sup>50</sup>



Abb. 3.12: TSM mit Querschneidkopf<sup>51</sup>

- ◆ Die TSM ist das teuerste Gerät im Vortrieb, dementsprechend müssen alle anderen Arbeitsvorgänge darauf abgestimmt und optimiert werden
- ◆ Im TSM-Bereich werden nur die nötigsten Sicherungsmaßnahmen zum Schutz von Mannschaft und Gerät vorgenommen, weitere Maßnahmen erfolgen erst nach dem Verladebereich. Unter sehr beengten Platzverhältnissen können Geräte zum Anker- und Bogeneinbau auf der TSM installiert werden, in größeren Querschnitten werden zur Sicherung eigene Geräte parallel zu den Ausbruchsarbeiten eingesetzt.

Durch den vergleichsweise einfachen Transport, die unkomplizierte Montage auf der Baustelle und die Flexibilität der Teilschnittmaschine hinsichtlich dem aufzufahrenden Querschnitt ist eine Wiederverwendung bei ähnlichen Projekten mit Ausnahme einer generellen Überholung bzw. Schneidkopfbestückung ohne größere Veränderungen leicht möglich.

### 3.2.2 Geräte für Ladearbeiten

Aus selbigen Gründen wie bei Lösearbeiten kommen auch händische Ladearbeiten nur in wenigen Spezialfällen zur Anwendung und sind im modernen Tunnelbau praktisch bedeutungslos.

Die Aufgabe der Ladegeräte ist die Aufnahme und Übergabe des gelockerten Gesteinsmaterials an die Transportgeräte, wobei die Übergabe direkt in die Gefäße der Transportgeräte oder indirekt durch Zwischenschaltung einer Übergabeeinrichtung erfolgen kann.

---

<sup>50</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 143.

<sup>51</sup> Quelle: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/images/roadheader.jpg> (04.09.2010, 16:40)

Eine grundsätzliche Klassifikation von Ladegeräten kann nach ihrer „Ladekontinuität“ in kontinuierlich und diskontinuierlich ladende Geräte erfolgen. Erstere haben ihre Bezeichnung aber eher den nachgeschalteten Förderbändern als dem Ladegerät selbst zuzuschreiben, da das Laden nichtsdestotrotz diskontinuierlich erfolgt.

Als Geräte können für Ladearbeiten eingesetzt werden:

◆ Konventionelle Hydraulikbagger

Einsatz nur in sehr großen Querschnitten, in denen sie auch Lösearbeiten durchführen können, z.B. Strossenvortrieb

◆ Tunnelbagger

Durch hohe Anzahl an Freiheitsgraden sehr flexibel einsetzbar

◆ Spezialbagger im Tunnelbau

• Hochlöffel-Ladebagger<sup>52</sup>

Kein eigener Fahrantrieb, Fortbewegung durch Ziehen bzw. Abstoßen mit der Ladeschaufel, hohe Standsicherheit durch gedrungene Bauweise

• Tunnelladebagger

Ähnlich einem konventionellen Hydraulikbagger, jedoch mit Materialförderband an die Rückseite zur Materialübergabe. Einsatz bei besonders beengten Platzverhältnissen. Nachteilig sind die hohen Kosten eines Tunnelladebaggers.

◆ Lader

• Radlader

Sehr beweglich, universell einsetzbar, hoher Platzbedarf zum Beladen notwendig

• Raupenlader

Für beengte Verhältnisse, da durch den Raupenantrieb auf der Stelle gewendet werden kann, nachteilig dabei sind ein hoher Verschleiß und steigende Reparaturkosten. Im Sprengvortrieb kaum eingesetzt.

• Lader mit Schaufelonderformen

Überkopf-, Seitenkipp- und Schwenkschaufellader

◆ Häggloader

Ähnlich einem Tunnelladebagger, jedoch ausschließlich für Ladearbeiten einsetzbar, Anwendung in kleinem Querschnitten

---

<sup>52</sup> Vgl. Maidl B., Tunnelbau im Sprengvortrieb, 1997, S. 93.



Abb. 3.13: Häggloader<sup>53</sup>

### 3.2.3 Geräte für Anker- und Sprenglochbohrungen

Sowohl bei der Herstellung der Bohrlöcher für den Ausbruch der Ortsbrust durch Sprengstoff, als auch für die Einbringung der Sicherungsmittel im Kalotten-, Ulmen- und Ortsbrustbereich kommen sog. Bohrwägen zum Einsatz. Je nach Größe des auszubrechenden Querschnitts und erforderlicher Bohrleistung werden Geräte mit bis zu drei Bohrlafetten verwendet; optional ist bei größeren Geräten der Einsatz von Personenkörben für verschiedene Arbeiten an der Ortsbrust möglich. Das Anwendungsspektrum reicht von sehr kleinen Stollen mit 6 m<sup>2</sup> bis hin zu Tunnels mit max. 206 m<sup>2</sup> Ausbruchsquerschnitt.

Durch Computersteuerung können die Bohrlöcher an der Ortsbrust vollautomatisch angesteuert und gebohrt werden.



Abb. 3.14: Bohrwagen beim Einbringen von Ortsbrustankern<sup>54</sup>

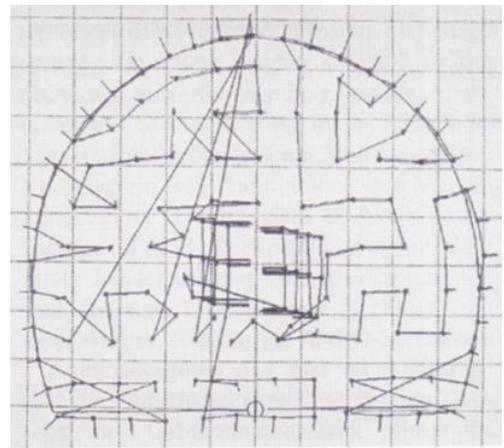


Abb. 3.15: Bohrschema mit Bohrarmspuren<sup>55</sup>

<sup>53</sup> Quelle: [www.gia.se](http://www.gia.se) (21.09.2010, 14:38)

<sup>54</sup> Quelle: <http://www.atlascopco.com> (26.04.2010, 13:02)

<sup>55</sup> Vgl. Girmscheid G., Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau, 2000, S. 79.

### 3.2.4 Geräte für Materialtransport

Die Schutterung des Ausbruchmaterials aus dem Tunnel kann grundsätzlich auf drei verschiedene Arten durchgeführt werden:

- 1) Schutterung mit Radfahrzeugen
  - 1.1) Muldenkipper, Dumper
  - 1.2) Fahrlader
- 2) Gleisgebundene Schutterung
  - 2.1) Schutterzüge
  - 2.2) Bunker- oder Förderbandzüge
- 3) Schutterung über Förderbänder

Die jeweilige Gerätegruppierung für den Schutterbetrieb richtet sich dabei nach<sup>56</sup>

- ◆ dem vorhandenen Lichtraum im Quer- und Längsschnitt inkl. Einschränkungen durch Ver- und Entsorgungsinstallationen
- ◆ den Transportentfernungen und Neigungsverhältnissen
- ◆ den Bewetterungsmöglichkeiten
- ◆ den Ausbruchkubaturen pro Abschlag
- ◆ den Bodenkennwerten (Korngröße, Kornform und Kornverteilung)
- ◆ der Möglichkeit der Durchführung von weiteren Arbeiten (z.B. Mithilfe bei Sicherungsarbeiten, Durchführung von allg. Versorgungsarbeiten, etc.)
- ◆ der erforderlichen Transportleistung je Zeiteinheit

Bei Vortrieben mit großen Sohlbreiten, in denen ein gleichzeitiges Arbeiten von Löse- und Ladegeräten nebeneinander möglich ist, kann schon ein Teil des bereits gelösten Materials während der restlichen Ausbrucharbeiten geschuttert werden. Eventuell können auch Sicherungsarbeiten im soeben ausgebrochenen Querschnittsteil durchgeführt werden. Somit kann der Zeitanteil für Schutterung gering gehalten werden und wirkt sich kaum auf die gesamte Zykluszeit aus.

Falls die Querschnittsverhältnisse keinen Platz für ein Ladegerät bieten, muss das ausgebrochene Material vom Lösegerät selbst von der Ortsbrust hinter das Gerät geschafft werden um eine Beladung der Transportgeräte zu ermöglichen. Dies kann vom Tunnelbagger selbst ausgeführt werden (die Beladung erfolgt dann mittels Radlader oder Laderaupe) oder durch den Einsatz einer Teilschnittmaschine (Beladung über Förderband der

---

<sup>56</sup> Vgl. Quellmelz F., Die Neue Österreichische Tunnelbauweise, 1987, S. 102

TSM) erfolgen. Im Normalfall jedoch geschieht die Beladung der Transportgeräte durch Radlader oder Laderaupen; nur in Ausnahmesituationen (z.B. beengte Lichtraumverhältnisse) kommen Spezialgeräte wie Überkopflader, Häggloader, Schwenkschaufellader o.ä. zum Einsatz.

In Tab. 3.3 ist eine Übersicht der vorhandenen Möglichkeiten der Schutterung dargestellt.

Schutterungsart		Voraussetzungen	Vorteile	Nachteile
pneu-radgebunden	Muldenkipper, Dumper	ausreichend großer Querschnitt, um Vorbeifahren von zwei Geräten zu erlauben Knicklenkung für Wendemanöver bei geringen Fahrsohlenbreiten Vollintegrierte Abgasreinigung	- Einsatz von gängigen Erdbaugeräten - großer Einsatzbereich aufgrund hoher Beweglichkeit und Ungebundenheit - gutes Steigvermögen	Wendemanöver notwendig Wendenischen notwendig bei engem Querschnitt hohe Abgasemission aufwendige Herstellung und Pflege der Fahrbahn
	Fahrlader	kurze Transportentfernungen (bis ca. 200 m) Niedrige Bauhöhe für Einsatz in engen Profilen	keine Wendemanöver erforderlich durch seitliche Sitzposition	nur geringe Geschwindigkeiten möglich hohe Abgasemission aufwendige Herstellung und Pflege der Fahrbahn
gleisgebunden	Schutterzug	Einsatz im Stollenbau bis ca. 20 m <sup>2</sup> Durchführung von ständigen Erhaltungsarbeiten auf der ges. Gleislänge	Zuglänge theoretisch nur durch max. Lokzugkraft beschränkt Geringerer Bewetterungsaufwand durch Emissionsfreiheit	Steigung max. 3% (6%) Ortsgebundenheit durch Schienen Betriebsbehinderung durch Schienen mögl. Gleistrasse teuer in Herstellung
	Bunker- oder Förderbandzug	(Aufweichen der Schwelenaufgabe durch Tropfwasser, Unebenheiten und Lockern der Verbindungsmittel durch Materialverluste)	kein Rangierbetrieb zum Beladen erforderlich Verdichtung des Materials hohes Fassungsvermögen für sehr lange Vortriebe geeignet	
Förderband		keine Einschränkung des Lichtraumprofils für die Vortriebsarbeiten durch die Förderbänder	gleichbleibende, hohe Förderleistung Trennung des Materialflusses wartungs-, geräusch- und staubarmer Transport Einsatz als Übergabesystem im Vortriebsbereich möglich, Pufferfunktion zw. einzelnen Transporteinheiten Nachschaltung eines Zwischenspeichers für diskontinuierliche Beladung von Wagen	hohe Investitionskosten

Tab. 3.3: Übersicht der Schuttermöglichkeiten (Quellen: [6], [17])

Die Schutterung mit Förderbändern wird normalerweise nur für den maschinellen Vortrieb eingesetzt, da hier der kontinuierliche Materialanfall ein Problem für die diskontinuierliche Schutterung darstellen würde. In Ausnahmefällen (sehr lange Transportwege, Schutter-schächte und Fensterstollen > 15%, sofortige Übergabe des Ausbruchmaterials auf eine Deponie) kommen jedoch auch im zyklischen Vortrieb durchaus Bandförderer zum Ein-satz.

Vorteile des gleislosen Betriebs	Vorteile des gleisgebundenen Betriebs
Hohe Beweglichkeit und Flexibilität	Geringe Bewetterungskosten
Wiederverwendbarkeit der Geräte bei ande-ren Projekten	Geringe Wartungs- und Energiekosten
Hohe Förderkapazität bei großen Quer-schnitten	Geringe Personalkosten bei langen Förder-strecken
Größere Steigungen können bewältigt wer-den	Größere Kapazitäten bei kleineren Durch-messern

Tab. 3.4: Gegenüberstellung von gleisloser und gleisgebundener Schutterung<sup>57</sup>

Die optimalen Verhältnisse für eine gleisgebundene Schutterung finden sich bei einem TBM-Vortrieb mit vorgefertigten Sohlübblingen. Dadurch ist eine gute Gleisverbindung möglich und es kann auch eine Rinne für die Wasserableitung in den Sohlübbling integ-riert werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass – unabhängig von der Schutterungsart – das Schut-tern aus Kostengründen so schnell wie möglich erfolgen soll. Daher werden die Transport-gerätegröße und -anzahl auf die praktische Maximalleistung des Ladegeräts abgestimmt, um eine optimale Auslastung des Ladegeräts zu erreichen. Bei schlechter Abstimmung dieser Geräte-kette ergeben sich unproduktive Stehzeiten für das Ladegerät und die För-derleistung wird maßgebend für die Dauer der Schutterung.

### 3.2.5 Geräte für den Einbau der Stütz- und Sicherungsmittel

Da es für die Hohlraumsicherung bei Anwendung der NÖT eine große Auswahl und Kom-binationsmöglichkeit von verschiedenen Stütz- und Sicherungsmittel gibt, ist eine ebenso große Anzahl an Geräten zur Ein- bzw. Aufbringung selbiger notwendig.

<sup>57</sup> Vgl. Maidl B., Tunnelbau im Sprengvortrieb, 1997, S. 101.

◆ Spritzbeton

Im Tunnelbau werden für die Hohlräumeicherung jedes Abschlags große Mengen an Spritzbeton benötigt. Deshalb und auch aufgrund einer möglichst geringen Staubbildung während der Aufbringung kommt das Nassspritzverfahren zur Anwendung mittels Spritzmobilen. Das Trockenspritzverfahren wird nur bei kleinen Querschnitten und Sicherungsabschnitten eingesetzt. Bevorzugte Einsatzgebiete sind Abschnitte mit Arbeitsunterbrechungen, langen Förderwegen und häufigen Reinigungszyklen.<sup>58</sup>



Abb. 3.16: Spritzmobil beim Aufbringen des Spritzbetons in der Kalottenlaibung<sup>59</sup>

In der folgenden Gegenüberstellung werden einige Merkmale der verschiedenen Verfahren zur Aufbringung von Spritzbeton dargestellt.

	<b>Trockenspritzverfahren</b>	<b>Nassspritzverfahren</b>
Spritzleistung	ca. 8 m <sup>3</sup> /h	ca. 20m <sup>3</sup> /h
Beeinträchtigung anderer Betriebsabläufe	gering (durch hohe Flexibilität)	hoch (durch begrenzte Flexibilität)
Gleichmäßigkeit der Betonqualität	mäßig, schwankende WB-Werte	hoch, WB-Wert konstant, kontinuierliche Zugabe von Erstarrungsbeschleuniger notwendig
Gerätekosten	niedrig durch geringen techn. Aufwand	Hoch aufgrund kostenintensiver Betonpumpen
Materialkosten	hoch (durch erhöhten Rückprall)	niedrig (geringerer Rückprall, jedoch höherer Zementbedarf)

Tab. 3.5: Gegenüberstellung von Trocken- und Nassspritzverfahren<sup>60</sup>

<sup>58</sup> Vgl. Maidl B., Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band I, S. 68.

<sup>59</sup> Vgl. Produktkatalog BASF – Meyco Potenza (<http://www.meyco.basf.com>, 21.06.2010, 14:37)

<sup>60</sup> Vgl. Maidl B., Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band I, S. 68f.

◆ Tunnelbögen, Baustahlgittermatten

Der Einbau kann entweder mit einem Radlader durchgeführt werden oder es kommen spezielle Hebebühnen zum Einsatz.



Abb. 3.17: Hebebühne<sup>61</sup>

◆ konventionelle Sicherungsmittel

Diese dienen der unmittelbaren Ausbruchssicherung und der Unterstützung des Gebirges beim Aufbau seiner Eigentragswirkung im Zuge des Vortriebszyklus. Die Wirkungsweise dieser Maßnahmen beschränkt sich i.A. auf die vorausseilende Länge von etwa einer Abschlagstiefe. Zu den konventionellen Sicherungsmitteln zählen Spritzbeton, Bewehrung, Anker, Spieße, Dielen und Tunnelbögen (in Sonderfällen mit Stauchelementen).<sup>62</sup>

Die Einbringung dieser Sicherungsmittel ist mit konventionellen Geräten für die Anker- und Sprenglochbohrung möglich. Auch eventuell notwendige Rohrschirmbohrungen können mit diesen Geräten durchgeführt werden.

◆ Spezielle Sicherungsmaßnahmen

Diese Sicherungsmaßnahmen kommen in Bereichen mit geringer Überdeckung, bei Unterfahrungen von bestehenden Bauwerken sowie teilweise im Grundwasserbereich zum Einsatz. Die Wirkungsweise dabei besteht i.d.R. darin, ein weit vorausseilendes und vor die Ortsbrust wirkendes Schirmgewölbe herzustellen, unter dessen Schutz der weitere Vortrieb konventionell erfolgen kann. Dem Mehraufwand an diesen speziellen

---

<sup>61</sup> Vgl. <http://www.normet.fi> (21.06.2010, 14:39)

<sup>62</sup> Vgl. Skriptum Bauverfahren im Tunnel- und Hohlraumbau, TU Wien, S. 42ff.

Sicherungsmaßnahmen steht meist ein geringerer Aufwand an Spritzbeton, Baustahlgitter und Tunnelbögen gegenüber.

Die Herstellung kann entweder dem Vortrieb vorausgehend von Obertage oder von Untertage bei gleichzeitiger Einstellung der Vortriebsarbeiten geschehen. Für diese Arbeiten sind Spezialgeräte erforderlich, die Vortriebsmannschaft kann i.d.R. unverändert bleiben (je nach Know-how und Erfahrung). Spezielle Sicherungsmaßnahmen können Rohrschirm, DSV-Schirm, Injektionen oder Gefrierverfahren sein.<sup>63</sup>

### **3.2.6 Geräte für die Materialversorgung im Tunnel**

Für eine durchgängige und optimale Materialversorgung (Stütz- und Sicherungsmittel, Verpressmaterial, Material für Versorgungsleitungen) sind div. Kleintransportgeräte erforderlich.

Da durch die hohen Betonmengen sowohl für den Vortrieb als auch für den späteren Einbau der Innenschale meistens eine eigene Betonmischanlage errichtet wird, erfolgt der Transport in den überwiegenden Fällen mit Fahrmischern. Die Errichtung einer gesonderten Betonpumpleitung wird nur in logistisch sehr speziellen Fällen angewandt, da diese erhöhte Wartungskosten verursacht und die Flexibilität im Vergleich zum Einbau mit Fahrmischern deutlich eingeschränkt wird.

### **3.2.7 Sonstige Geräte**

Zusätzlich zu den Geräten, die direkt für die Vortriebsarbeiten benötigt werden, sind auch einige weitere Fahrzeuge für einen möglichst reibungslosen Vortriebsablauf notwendig.

- ◆ **Mannschaftstransporter**

Für den Transport der verschiedenen Vortriebsmannschaften bei Schichtwechsel, vor allem bei Tunnellängen ab ca. 500 m (Schacht bzw. Portal bis zur aktuellen Ortsbrust) unerlässlich.

- ◆ **Baustellenfahrzeuge für Bauleitung, Vermessung und Geotechnik**

Für die täglichen Kontrollfahrten notwendig

---

<sup>63</sup> Vgl. Skriptum Bauverfahren im Tunnel- und Hohlraumbau, S. 70ff.

◆ Fliegende Werkstättenwagen

Um kleinere Reparaturen direkt im Tunnel durchführen zu können. Dadurch können mitunter weite und somit zeitaufwändige Wege bis zur eigentlichen Werkstatt verhindert werden. Ein weiterer Vorteil dieser mobilen Werkstatt zeigt sich bei Baulosen mit mehreren Angriffspunkten bzw. dem gleichzeitigen Vortrieb von zwei Tunnelröhren. In diesen Fällen können kleinere Störfälle rasch und flexibel vor Ort behoben und somit mehrere Werkstättenstandpunkte vermieden und die Größe der Zentralwerkstatt etwas reduziert werden.

### 3.3 Grundlagen der Kostenermittlung im Tunnelbau

Die Kosten für Bauleistungen setzen sich aus vier verschiedenen Kostenanteilen zusammen, die in der Folge beschrieben werden. Mit Ausnahme der Baustellengemeinkosten spiegelt die Reihung der Kostenarten ihren Anteil an den Gesamtkosten wider.

#### 3.3.1 Personalkosten

Grundsätzlich ist bei den Personalkosten zwischen Angestellten und Arbeitern zu differenzieren, wobei bei den Arbeitern eine weitere Unterteilung in produktives und unproduktives Personal vorgenommen wird.

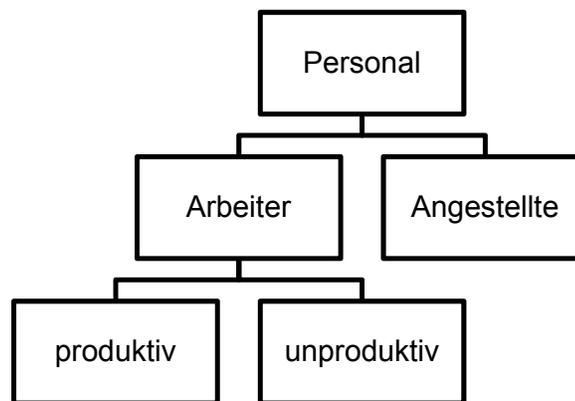


Abb. 3.18: Gliederung Personal

In den Personalkosten wird nur der produktive Anteil der Arbeiter berücksichtigt, da diese direkt über die Positionen für den Vortrieb auch abgerechnet werden können. Die unproduktiven Arbeiter (Polier) sowie die Angestellten müssten auf diese Positionen extra umgelegt werden, was jedoch schwierig ist. Daher wird sämtliches Personal, das nicht direkt an den Vortriebsarbeiten beteiligt ist, in die Baustellengemeinkosten (siehe Kapitel 3.3.4) einkalkuliert.

Die exakte Ermittlung einer Leistungsstunde erfolgt auf dem sog. Kalkulationsformblatt K3. Grob gesagt kann derzeit von einem Mittellohnpreis für eine Arbeitsstunde im Untertagebau von ca. € 40 bis € 45 ausgegangen werden.

Überschlägig kann der Mittellohnpreis nach folgender Grundformel berechnet werden:

Kollektivvertraglicher Mittellohn	
+ Aufzahlungen aus Zusatzkollektivverträgen	ca. 10 %
+ Überkollektivvertraglicher Mehrlohn	ca. 15-20 %
+ Mehrarbeit-, Schichtarbeit- und Erschwerniszulagen	ca. 5-10 %
+ andere abgabenpflichtige Lohnbestandteile	ca. 5-10 %
= Mittellohn (ML)	
+ andere nicht abgabenpflichtige Lohnbestandteile	ca. 5-10 %
+ Lohnnebenkosten	ca. 90-100 % auf ML
= Mittellohnkosten (MLK)	
+ Gesamtzuschlag	ca. 10-20 % auf MLK
= Mittellohnpreis (MLP)	

Tab. 3.6: Grundformel Mittellohnpreis<sup>64</sup>

### 3.3.2 Gerätekosten

Die Gerätekosten gliedern sich in einen Anteil für kalkulatorische Abschreibung und Verzinsung sowie einen Anteil an Rückstellungen für Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten. Beide Anteile sind entweder aus betriebsinternen Aufzeichnungen bekannt oder werden aus der Österreichischen Baugeräteliste ÖBGL (dzt. aktuelle Ausgabe: 2009) entnommen. Die Summe aus Abschreibungs- und Verzinsungs- sowie den Reparaturanteilen ergibt die monatlich anfallenden Gerätekosten (bei Eigengeräten) bzw. die Höhe der Gerätemiete (bei Fremdgeräten).

Zur Ermittlung dieser monatlichen Gerätekosten gibt es zwei verschiedene Berechnungsweisen.

#### 1) Neuwertmethode

Wie bereits der Name sagt, wird für die Berechnung der einzelnen Gerätekostenanteile der spezifische Neuwert eines Gerätes herangezogen.

kalk. Abschreibung [€/Mo] =	Neuwert [€] / Betriebsmonate [Mo]	(3) kalk. Abschreibung (NWM)
kalk. Verzinsung [€/Mo] =	(Neuwert [€] * Nutzungsjahre * kalk. Zinsfuß) / (2 * Betriebsmonate [Mo])	(4) kalk. Verzinsung (NWM)
Reparatur [€/Mo] =	(kalk. Abschreibung + kalk. Verzinsung) * Ansatz für Reparaturkosten	(5) Reparaturanteil (NWM)

Der Ansatz für die Reparaturkosten wird aus der Nachkalkulation vorangegangener Projekte ermittelt bzw. aus Erfahrungswerten abgeschätzt.

<sup>64</sup> Vgl. Skriptum Bauverfahrenstechnik, TU Wien, S. 20.

## 2) ÖBGL-Methode

In der ÖBGL sind alle gängigen Baugeräte aufgelistet und mit statistisch ermittelten Kosten hinterlegt. Da die ÖBGL-Werte traditionell zu hoch angesetzt sind, sollten Abminderungsfaktoren sowohl für Abschreibung und Verzinsung als auch für Reparaturentgelt eingerechnet werden.

kalk. Abschreibung u. Verzinsung [€/Mo] =	ÖBGL-Betrag AV [€/Mo] * $f_{AV}$	(6) kalk. AV (ÖBGL)
Reparatur [€/Mo] =	ÖBGL-Betrag Reparatur [€/Mo] * $f_{Rep}$	(7) Reparaturanteil (ÖBGL)

Weiters können die Geräte hinsichtlich ihrer Zuordnung im Leistungsverzeichnis in Leistungsgeräte und Vorhaltegeräte unterschieden werden.

Aus der Analyse verschiedener Kalkulationsformblätter ist hervorgegangen, dass die Gerätekosten nicht in die Positionen für den Ausbruch eingerechnet, sondern zur Gänze als Vorhaltegeräte über die zeitgebundenen Kosten verrechnet werden.

### 3.3.3 Materialkosten

Wie bereits erwähnt, spielt der Anteil der Materialkosten an den Gesamtkosten eher eine untergeordnete Rolle. Aber gerade bei den Materialpreisen bietet sich ein großer Spielraum zur Preisgestaltung durch spezielle Rabatte, Liefervereinbarungen, Rahmenverträge, die Lagerhaltung sowie die Ausnutzung von Skonti. Es liegt nicht zuletzt im Verhandlungsgeschick des Bauleiters oder Kaufmanns hier gute Preise zu vereinbaren. Fatal würde sich jedoch eine preisliche Unterdeckung bei den wesentlichen Positionen des Vortriebs (Spritzbeton, Tunnelbögen) auswirken, da hier im Vergleich zu den Personal- und Materialkosten keinerlei baubetriebliches Optimierungspotential besteht.

### 3.3.4 Baustellengemeinkosten

Baustellengemeinkosten sind Einmalkosten bzw. Sonderkosten der Baustelle, die einmalig über die gesamte Baudauer anfallen. Sie sind bei vorhandener Leistungsbeschreibung unabhängig von Ausschreibungsmengen und Bauzeit. Im Gegensatz dazu sind zeitgebundenen Baustellengemeinkosten oder Gerätevorhaltekosten mengenmäßig nicht gebunden jedoch bauzeitabhängig. Die Baustellengemeinkosten können in zwei verschiedenen Varianten im Leistungsverzeichnis berücksichtigt werden:

1) BGK als eigene Position im LV

Die Abrechnung der einmaligen BGK bzw. der Sonderkosten erfolgt als Pauschale. Zeitgebundene Kosten (z.B. Bauregie, Gerätevorhaltekosten) werden entweder nach Vorhaltezeit (meistens Monate) oder auch über eine Pauschale verrechnet.

Vorteile:

- ◆ Bezahlung erfolgt zum Zeitpunkt des Kostenanfalls
- ◆ BGK sind nicht von Mengenänderungen betroffen
- ◆ keine Probleme bei Bauzeitänderungen

Bei einigen Baustellen kam es vor, dass gewisse Leistungen, die erst verhältnismäßig spät im Bauzeitverlauf angeschafft wurden und zum Einsatz kamen (z.B. Schalwagen), in die Baustellengemeinkosten eingerechnet wurden. So kann sich die Baustelle einen erheblichen finanziellen Vorteil hinsichtlich der Bauzinsen verschaffen. Um dadurch ein fälschlicherweise besseres Baustellenergebnis zu verhindern, müssen dementsprechende Abgrenzungen in der Bauerfolgsrechnung vorgenommen werden.

Da diese Vorverrechnung von Leistungen jedoch auf Seiten der Auftraggeber nicht gerne gesehen ist, wird immer öfters ein Zahlungsplan für die Abgeltung der Baustellengemeinkosten vereinbart. Der Bauherr verhindert auf diese Weise ungerechtfertigte Überzahlungen von noch nicht erbrachten Leistungen und es ergeben sich keine unerwarteten Zahlungsspitzen, da die Kriterien für den Zahlungszeitpunkt bereits vor Baubeginn feststehen.

Ein Zahlungsplan für die Vergütung der Baustellengemeinkosten könnte folgendermaßen aussehen:

<b>Anteil der BGK</b>	<b>fällig bei</b>
20 %	Baubeginn
20 %	Fertigstellung der Baustelleneinrichtung
40 %	Beginn der Vortriebsarbeiten
20%	bestimmtem Vortriebsstand

**Tab. 3.7: Zahlungsplan für Baustellengemeinkosten**

Üblicherweise wird im Tunnelbau die Vergütung der Baustellengemeinkosten über eigene LV-Positionen abgewickelt, da für solche Baustellen i.d.R. einige Großgräte zu Baubeginn angeschafft werden müssen. Durch die Abrechnung über LV-Positionen können diese Kosten zeitnah an den Bauherrn weiterverrechnet werden und müssen nicht über lange Dauer von der Baustelle vorfinanziert werden, bis die auf Leistungspositionen umgelegten Kosten durch Bezahlung dieser Leistungen verdient wurden.

## 2) BGK als Umlage auf Leistungspositionen

In diesem Fall werden die anfallenden Baustellengemeinkosten auf die maßgebenden Leistungspositionen aufgeteilt. Die BGK werden somit jeweils zu gewissen Teilen mit den Leistungspositionen abgerechnet.

### Nachteile:

- ◆ Mengenänderungen bei umlagebetroffenen Leistungspositionen oder Bauzeitveränderungen können sich negativ auf die Umlagendeckung der BGK auswirken
- ◆ Äußerst riskante Vorgangsweise im Tunnelbau, da bei Wegfallen einer Vortriebsklasse bzw. Verschiebung in eine andere Vortriebsklasse ohne Umlage ein Teil der umgelegten BGK u.U. nicht erwirtschaftet werden kann

Die Umlage der Baustellengemeinkosten auf verschiedene Leistungspositionen wird daher im Normalfall nur bei Bauvorhaben angewendet, bei denen nur ein geringer Aufwand für die Baustelleneinrichtung notwendig ist und keine Großgeräte zum Einsatz kommen. Beispiel: Kanalbaubaustellen (meistens nur ein Baustellenwagen oder Container als BE, keine Vorhaltegeräte notwendig).

## 4 Beschreibung des Berechnungsprogramms

Das im Zuge dieser Arbeit entwickelte Berechnungsprogramm basiert auf einer Vorlage der PORR Tunnelbau GmbH zur Leistungsermittlung im Tunnelbau, jedoch sind im vorliegenden Programm einige Adaptionen und Erweiterungen integriert.

So ist beispielsweise die Möglichkeit der gleichzeitigen Berechnung von verschiedenen Varianten gegeben. Weiters wurde in der Berechnung neben der Leistungsermittlung auch besonderer Wert auf die kostenmäßige Berechnung der Vortriebsarbeiten gelegt. Die Benutzerfreundlichkeit wird in vielen Bereichen durch die Verwendung von Drop-Down-Menüs erhöht (z.B. Auswahl von Typen an Tunnelbögen und Bewehrungsmatten etc.).

### 4.1 Berechnungsgrundlagen

Drei verschiedene Szenarien stehen für die Berechnung zur Verfügung:

1) realistische Variante

In der sog. „realistischen Variante“ wird versucht möglichst realitätsnahe Leistungs- und Aufwandswerte sowie Kostenansätze für die Berechnung zu verwenden, um eine erste Abschätzung zu erhalten, in welcher Größenordnung sich die Vortriebsarbeiten des anzubietenden Projekts hinsichtlich Zeit und Kosten in etwa befinden.

2) offensive Variante

Dieses Szenario geht von äußerst optimistischen äußeren (geologische Bedingungen, Gebirgsverhalten, etc.) und inneren (Leistungs- und Aufwandswerte) Einflüssen aus. Die Ergebnisse dieser Variante können somit als technische und wirtschaftliche Untergrenze für die untersuchten Vortriebsarbeiten angesehen werden.

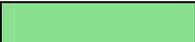
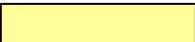
3) defensive Variante

Im Gegensatz dazu geht die sog. „defensive Variante“ von extrem schlechten Bedingungen aus. Dieser Fall behandelt sozusagen das Worst-Case-Szenario und die Berechnungsergebnisse stellen eine Obergrenze in zeitlicher und monetärer Hinsicht dar.

Mit diesen drei unterschiedlichen Berechnungsmodellen kann nun als erster Schritt in der Angebotsphase eine Bandbreite der Dauer und Kosten der Vortriebsarbeiten ermittelt werden.

Aufgrund dieser parallelen Berechnungsweisen müssen sämtliche Parameter, die in die Berechnung einfließen, für die verschiedenen Szenarien genau definiert werden.

Um die Eingabe zu erleichtern, wurden optische Unterscheidungsmerkmale zur Differenzierung zwischen den verschiedenen Berechnungsvarianten eingeführt.

	realistische Variante
	offensive Variante
	defensive Variante
	Eingabefeld für allgemeine Parameter (für alle drei Varianten gleich)

## 4.2 Berechnungsschritte

Die ÖGG-Richtlinie unterscheidet zwischen zwei Phasen der geotechnischen Planung. Phase 1 (Planung) behandelt die Ermittlung der erwarteten Gebirgseigenschaften, die Einteilung in Gebirgsarten sowie die Ermittlung des erwarteten Gebirgsverhaltens (Einteilung in übergeordnete Gebirgsverhaltenstypen), die Festlegung der bautechnischen Maßnahmen unter Berücksichtigung der aktuellen Randbedingungen, die Prognose des Systemverhaltens und die Ermittlung der Vortriebsklassen gemäß ÖNORM B2203-1. (siehe Abb. 4.1).

Statistische und/oder probabilistische Methoden sollen verwendet werden, um der Variabilität und den Unsicherheiten in Bezug auf Kennwerte, Einflussfaktoren und deren Verteilung entlang des Projektes Rechnung zu tragen. Diese können als Basis für Risikoanalysen dienen.

In Phase 2 (Bauausführung) werden die geotechnisch relevanten Gebirgsparameter zur Bestimmung der vorherrschenden Gebirgsart erfasst und analysiert. Basierend darauf und unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren wird das aktuelle Systemverhalten im Ausbruchsbereich nach den Planungsvorgaben abgeschätzt. Daraufhin werden die bautechnischen Maßnahmen unter Beachtung der Vorgaben des tunnelbautechnischen Rahmenplans und des geotechnischen Sicherheitsmanagementplans festgelegt (siehe Abb. 4.2).

Auf Basis der zunehmenden Erkenntnisse über den anstehenden Baugrund aufgrund der Vortriebsarbeiten sollte eine laufende Fortschreibung der geotechnischen Planung, insbesondere des tunnelbautechnischen Rahmenplans für noch aufzufahrende Bereiche, vorgenommen werden. Dadurch kann die notwendige Sicherheit gewährleistet werden und eine wirtschaftliche Optimierung wird möglich.

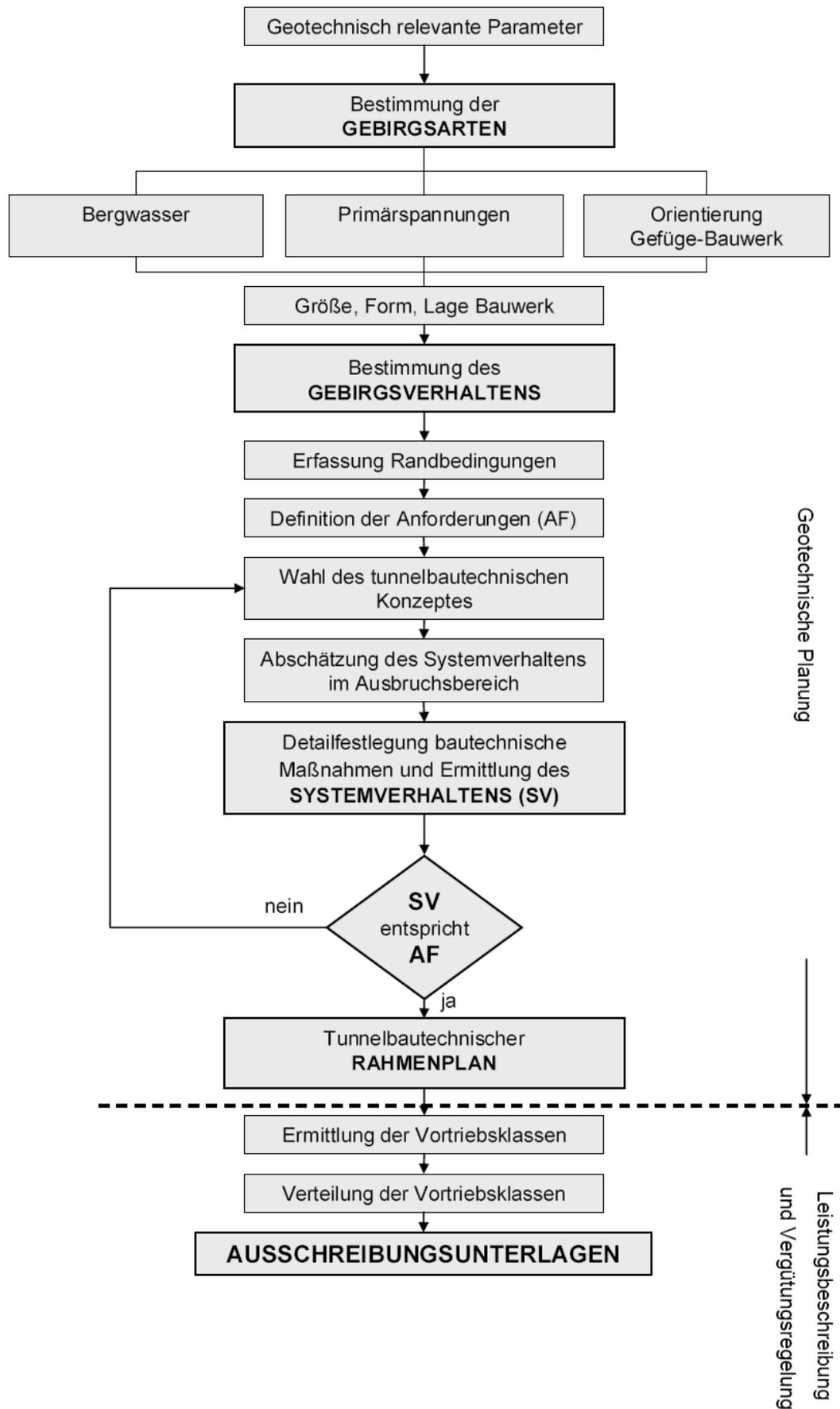


Abb. 4.1: ÖGG-Richtlinie – Phase 1 (Planung)

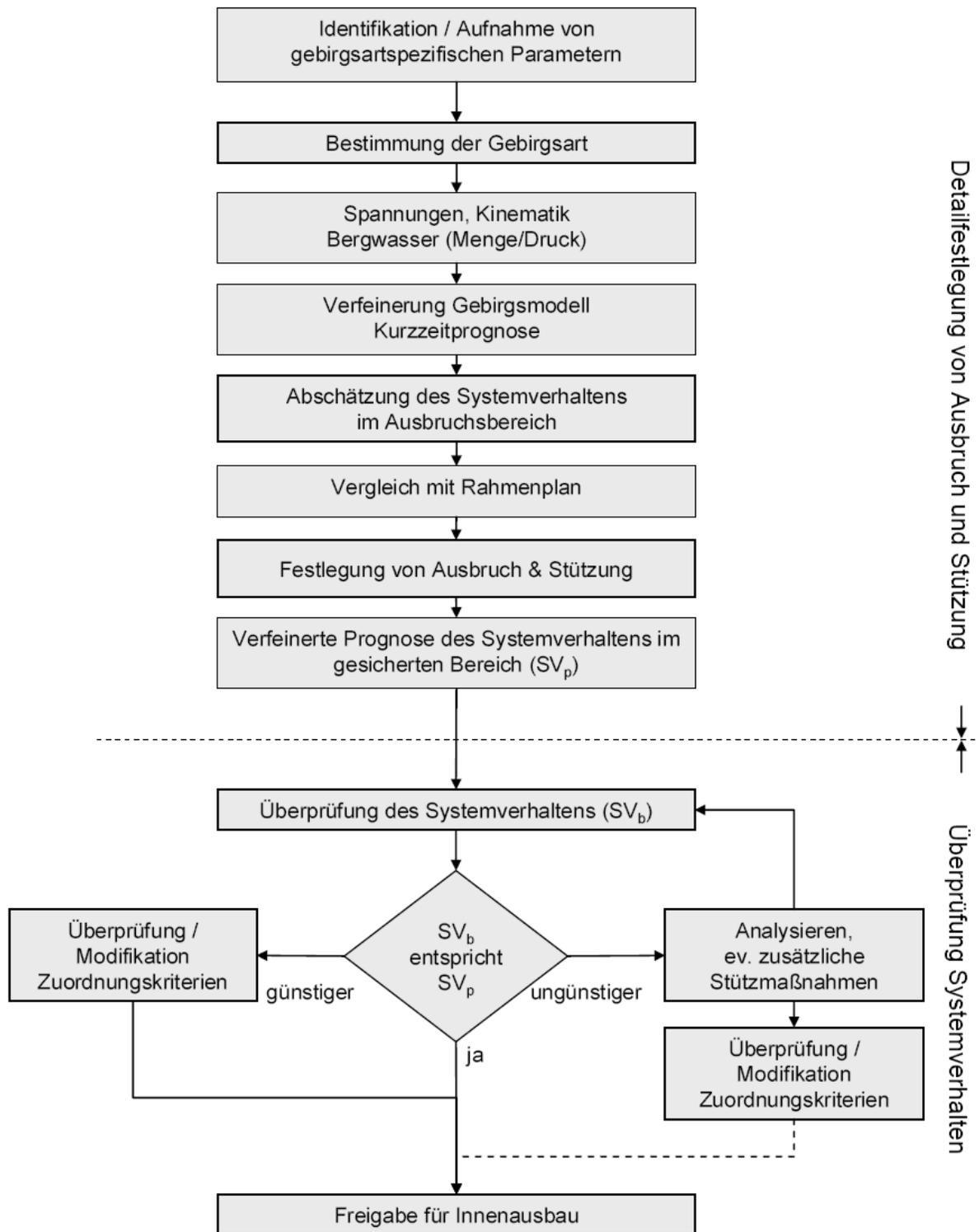


Abb. 4.2: ÖGG-Richtlinie – Phase 2 (Bauausführung)

Die bereits auf Seiten der geotechnischen Planung festgelegten Werte für die Vortriebsklassen bilden die elementare Grundlage für das Berechnungsprogramm, da die definierten Parameter die Basis für die Abschätzung der „realistischen Variante“ sind. Von diesen Basiswerten kann sodann eine Einschätzung nach oben und unten in Richtung der „defensiven“ bzw. „offensiven Variante“ vorgenommen werden.

#### **4.2.1 Tabellenblatt „Parameter“**

Hier werden – gruppiert nach den einzelnen Arbeitsschritten – einerseits die grundlegenden Leistungs- und Aufwandswerte und andererseits die Kostenansätze für die weiteren Berechnungsschritte definiert. Eine Steuerung des Berechnungsergebnisses ist daher nicht nur direkt über die mengenmäßige Variation der Sicherungs- und Stützmittel (sofern möglich; die Mengen für die realistische Variante sind durch die ausgeschriebenen VTKL bereits fixiert) in den einzelnen Vortriebsklassen sondern auch allgemein über die Veränderung der leistungsmäßigen Eingangswerte möglich. Ebenso können sämtliche Kostenansätze für die weiteren Berechnungen über diese Eingabetabelle variiert werden.

##### 1) Allgemeine Leistungsansätze

###### 1.1) Bohren

Für die Ermittlung der Bohrleistung ist es notwendig zu unterscheiden wo bzw. was gebohrt wird (Ortsbrust, Anker, Spieße), da sich diese Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit des Bohrwagens auswirken. Weiters ist die Anzahl an Bohrarmen festzulegen und für jeden Bohrarm Abminderungsfaktoren einzugeben, da durch die Gleichzeitigkeiten beim Bohren mit mehreren Lafetten gegenseitige Behinderungen entstehen und somit die Bohrleistung abnimmt.

Zusätzlich muss die Umsetzzeit pro Bohrloch angegeben werden.

###### 1.2) Lösen

Hier ist die Anzahl der gleichzeitig eingesetzten Tunnelbagger sowie deren Einzellöseleistung (in  $\text{m}^3_{\text{fest}}/\text{h}$ ) festzulegen. Beim Einsatz mehrerer Bagger für die Lösearbeiten ist zu berücksichtigen, dass die Löseleistung je Bagger aufgrund von gegenseitigen Behinderungen abgemindert werden muss.

###### 1.3) Schuttern

Um die Leistung dieser Gerätekette (Radlader, Muldenkipper) zu ermitteln, müssen die Transportentfernungen Ladegerät – Transportgerät bzw. Ladeort – Zwischenlager und die möglichen Transportgeschwindigkeiten auf diesen Strecken abgeschätzt werden. Weiters sind die Festzeiten auf Seiten des Ladegeräts (Fassen, Rangieren, Entleeren) zu überschlagen. Nach Festlegung der Gerätekapazität, des Fassungsvermögens und der Geräteanzahl ergibt sich die Geräteleistung des Ladegerätes.

Auf Seiten des Transportgeräts ergeben sich die Festzeiten aus der Dauer des Beladens und einem Überschlagswert für Rangieren und Entladen. Die geschätzte Dauer für diese Vorgänge kann individuell angepasst werden.

Die Anzahl der Transportgeräte muss so gewählt werden, dass die Transportleistung mindestens gleich hoch ist wie die Ladeleistung, um unproduktive Stehzeiten des Schlüsselgeräts (in diesem Fall das Ladegerät) zu vermeiden. Falls dies nicht zutrifft, wird eine optische Warnung ausgegeben.

##### 1.4) Bogen

Die Eingabe der Versetzleistung der Tunnelbögen kann entweder je Meter verlegtem Bogen oder je Kilogramm verlegtem Bogen erfolgen.

##### 1.5) Baustahlgitter

Die Eingabe der Verlegeleistung für Baustahlgitter erfolgt in Kilogramm je Stunde.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden, ob das Baustahlgitter ein- oder zweilagig verlegt wird, da sich dadurch unterschiedliche Verlegeleistungen ergeben. Durch die Möglichkeit der Befestigung der zweiten Lage an der bereits verlegten ersten Lage, können für die zweite Lage höhere Leistungen angesetzt werden. Weitere Unterschiede machen sich bemerkbar in der Verlegung mit oder ohne Tunnelbogen bzw. der Unterscheidung zwischen Verlegung in der Sohle oder an der Ortsbrust. Für kleinflächige Bewehrungsarbeiten kann der Leistungsansatz über die *Verlegeleistung Zusatzbewehrung* eingegeben werden.

##### 1.6) Spritzbeton

Die Leistung zum Einbau des Spritzbetons ist abhängig von der Spritzleistung des Spritzmanipulators, der Anzahl der eingesetzten Geräte und einem zu wählenden Abminderungsfaktor für die Geräteverfügbarkeit. Der ermittelte Wert setzt jedoch voraus, dass eine kontinuierliche Bereitstellung von Frischbeton gesichert ist.

##### 1.7) Ankern

Der Leistung des Ankereinbaus wird beeinflusst vom Ankertyp und der jeweiligen Einbaulänge. Weiters können auch Zeiten für das Versetzen von Ankerplatten (mit bzw. ohne Vorspannung) berücksichtigt werden.

##### 1.8) Spießen

Ähnlich wie bei den Ankern werden auch für die Spieße die Einbauzeiten differenziert nach Typ und Länge festgelegt.

1.9) Dielen

Die Einbauleistung von Dielen kann über Kilogramm je Stunde oder Quadratmeter je Stunde erfolgen.

1.10) Rüsten

Unter diesem Punkt werden Zeiten, die für das Bereitstellen von Geräten benötigt werden, sowie Randzeiten für den Vorgang des Sprengens zusammengefasst.

1.11) Sonstiges

Beinhaltet anderweitig bei den Vortriebsarbeiten anfallende Zeiten wie die Herstellung von Verformungsschlitzten (mit oder ohne Stauchelementen) sowie digitaler Ortsbrustaufnahmen. Zusätzlich können noch frei wählbare Vorgänge eingegeben werden. Bei der Notwendigkeit zusätzlicher Vorgänge muss jedoch das Berechnungsprogramm dementsprechend adaptiert werden, da diese in der derzeitigen Version in den Zykluszeiten nicht berücksichtigt werden würden.

2) Allgemeine Kostenansätze

2.1) Sprengen

Beinhaltet Felder für die Eingabe der Sprengstoff- und Zünderkosten sowie der benötigten Sprengstoffmenge für die Kranz- und Innenlöcher festzulegen, aufgrund derer die Kosten für die Sprengung berechnet werden.

2.2) Sicherungsmittel

Hier werden die Kosten für Sicherungsmittel, die nur mengenabhängig sind, eingegeben; das sind Tunnelbögen, Baustahlgittermatten, Zusatzbewehrung, Stauchelemente, Spritzbeton und Dielen.

2.3) Anker

Aufgrund der Unterscheidung sowohl hinsichtlich Ankertypen als auch wegen der Ankerlängen ergibt sich hier nicht nur eine mengenmäßige Abhängigkeit der Materialkosten. Deshalb sind die Kosten getrennt nach Typ und Länge einzugeben.

2.4) Spieße

Wie bei den Ankern, werden auch die Spieße nach Typ und Einbaulänge kostenmäßig unterschiedlich bewertet.

### 4.2.2 Tabellenblätter zur Ermittlung der Vortriebsklassen

Diese Tabellenblätter dienen der Ermittlung der Vortriebsklassen für den jeweiligen Teilquerschnitt auf Basis der Stützmittelpläne.

Als erster Schritt werden die allgemeinen Daten des jeweiligen Querschnittstyps (Abschlagslänge, Ausbruchsquerschnitt, Bewertungsfläche und Länge der sog. Linie 1a) eingegeben. Diese Eingabe erfolgt getrennt nach den Teilquerschnitten Kalotte, Strosse und Sohle in verschiedene Tabellenblätter. Für die Berechnungen der *offensiven* bzw. *defensiven Variante* werden alle Werte, bis auf die Abschlagslänge, automatisch übernommen. Dies hat den Grund, dass innerhalb einer Vortriebsklasse die Querschnittsgeometrien für verschiedene Varianten nicht verändert werden können, sondern die Variation nur über die Abschlagslänge und die Menge an eingebauten Sicherungsmitteln geschieht.

Basierend auf Tabelle 3 der ÖNORM B 2203-1 werden danach für jeden Teilquerschnitt die Menge an Stützmittel und Zusatzmaßnahmen je Abschlag festgelegt. Insbesondere für die Eingabe der Anker und Spieße ist eine spezielle Eingabemaske in die Tabelle integriert, sodass diese – nach den üblichen Einbaulängen < 4,0 m, 4,0 - 8,0 m, > 8,0 m gruppiert – möglichst rasch und unkompliziert eingegeben werden können.

	realistische Variante						
	Sicherungsmittel < 4,0m [stk]	Länge [m/stk]	Sicherungsmittel 4,0-8,0m [stk]	Länge [m/stk]	Sicherungsmittel > 8,0m [stk]	Länge [m/stk]	Gesamtstück alle Längen [stk]
Swellex oder gleichwertiges	6	3,5	6	8,0			12
SN Mörtelanker							0
Selbstbohranker							0
Verpressrohranker					5	10,0	5
Vorgespannte Mörtelanker							0
Rammspieße	10	3,0					10
unvermörtelte Spieße							0
vermörtelte Spieße			8	6,0			8
Selbstbohrspieße							0
Verpressrohrspieße							0

Abb. 4.3: Eingabe Anker und Spieße

In dieser Tabelle wird bereits die Menge an einzubauendem Baustahlgitter über ein einfaches DropDown-Menü festgelegt.

#### 4 Beschreibung des Berechnungsprogramms

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen			Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	3)	40,20	20,10	20,10
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	3)	40,20	20,10	30,15
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00
	Kalottensohle	kein Bstg.	0,8	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbe	zweilagig	2,0	m <sup>2</sup>	3), 4)	0,00	0,00	0,00

Abb. 4.4: Eingabe Baustahlgitter

Durch Eingabe der restlichen Mengen an Stützmittel und Zusatzmaßnahmen sowie Normierung der Werte auf eine Menge je Vortriebsmeter kann die Vortriebsklasse, bestehend aus 1. und 2. Ordnungszahl, ermittelt werden.

Wie bereits unter Pkt. 2.4.1 MATRIX-Modell erwähnt, wird die 1. Ordnungszahl durch die jeweilige Abschlagslänge bestimmt; für den Strossenvortrieb ist die Einteilung der Vortriebsklassen lt. ÖNORM projektbezogen festzulegen und im Tabellenblatt *Grenzwerte OZ* einzugeben. Die 2. Ordnungszahl berechnet sich nach (1) Ermittlung der Stützmittelzahl. Im Falle der Vortriebsklassifizierung eines Sohlvortriebs wird die 2. Ordnungszahl jedoch durch die Ausbauart der Sohle (offene Sohle, Sohlgewölbe, Sohlplatte mit bzw. ohne Längsteilung) bestimmt.

Die Mengen an Stütz- und Sicherungsmitteln werden aus den entsprechenden Stützmittelplänen entnommen. Beispielhaft sind solche Pläne in Anhang C – Stützmittelpläne abgebildet.

#### 4.2.3 Tabellenblätter zur Leistungsermittlung (Kalotte, Strosse, Sohle)

Diese Tabellenblätter behandeln die Ermittlung der Zykluszeit in der jeweiligen Vortriebsklasse. Dafür sind sämtliche Arbeitsschritte so weit als möglich aufgespalten, um die Berechnungsgenauigkeit zu erhöhen.

Die allgemeinen Querschnittsdaten im Kopf des Berechnungsblatts werden automatisch aus den zuvor bereits erstellten Blättern für die Vortriebsklassenermittlung übernommen. Nachstehend werden die einzelnen Arbeitsschritte und deren Eingang in die Berechnung gesondert erläutert.

##### 1) Bohren & Sprengen

Zu allererst muss ausgewählt werden, ob es in der vorliegenden Vortriebsklasse Mixed-Face-Bedingungen zum Auffahren des Gebirges gibt. Diese Einstellung schlägt sich in 8) Erschwernisse nieder. Daraufhin erfolgt die Eingabe des *Anteils Sprengvortrieb*, wobei auch bereits die Festlegung der Anzahl an *Kranz-* bzw. *Innenlöchern* sowie das Maß an geologisch bedingtem Überbohren des Bohrlochs vorgenommen wird. Die Zeitanteile an *Laden*, *Sprengen* und *Lüften* sowie *Vorfahren Bohrwagen* werden als globale Variablen im Tabellenblatt *Parameter* festgelegt.

## 2) Lösen & Schuttern

Der Bereich, der nicht bereits durch Sprengung gelöst wurde, muss mittels Bagger ausgebrochen werden. Der *Anteil Baggervortrieb* ergibt sich daher ausgehend vom *Anteil Sprengvortrieb* automatisch als Restwert auf 100%.

Das *Rüsten* für den Baggervortrieb ist ebenso wie die Dauer für die *Digitale OB-Aufnahme* als globale Variable vordefiniert. Der Anteil *Lösen* ist abhängig davon, ob unter *Abbruch EKS* ein Wert größer Null eingegeben ist. Ist dies der Fall, wird *Lösen* gleich Null gesetzt und die Lösearbeiten werden getrennt nach *Lösen SpB* und *Lösen Gebirge* berechnet. Dadurch kann in der Ermittlung der Zykluszeiten auch ein eventuell vorhandener Abbruch eines Erkundungsstollens berücksichtigt werden. Dem höheren Zeitbedarf für diese Abbrucharbeiten wird durch das Ansetzen von Abminderungsfaktoren für die Löseleistung Rechnung getragen.

Die Dauer für das *Schuttern* wird je nachdem, ob ein Erkundungsstollen abgebrochen wird oder nicht aufgrund der anfallenden Menge an Aus- und Abbruchmaterial ermittelt. Dabei ist die geringere Leistung von Lade- und Transportgerät maßgebend.

Die Berücksichtigung des *Zuschlag Teilflächen* wirkt sich nur auf Lösearbeiten mittels Bagger aus, da angenommen werden kann, dass bei völligem Sprengvortrieb der Querschnitt nicht in Teilflächen geöffnet wird.

## 3) Sicherung Bogen/Bstg.

Zuerst ist der Typ des zu versetzenden Tunnelbogens zu wählen (Bogen 3 Gurte, Bogen 4 Gurte, HEB-Profil, U-Profil, TH-Profil) und danach das erforderliche Modell, z.B. Bogen 3 Gurte, 70/10/30. Die Dauer für das Versetzen der Tunnelbögen wird daraufhin über einen Mittelwert aus den Leistungsansätzen für *Versetzen über kg* und *Versetzen über m* berechnet.

Falls in einer Vortriebsklasse kein Tunnelbogen notwendig ist, kann dies über die Option *kein Bogen* eingestellt werden. Sämtliche Werte dieser Zeile werden damit auf Null gestellt. Weiters wirkt sich diese Eingabe auf die Verlegeleistung für Baustahlgitter im *Profil* aus, da für die Verlegung ohne Tunnelbogen niedrigere Leistungswerte hinterlegt sind. Die Verlegeleistung in *Sohle*, *Kalottensohle* oder *Ortsbrüst* bleibt davon jedoch unbeeinträchtigt. Als Baustahlgitter sind Matten des Typs AQ 42 bis AQ 100 wählbar. Falls zusätzliche Mattentypen gewünscht bzw. notwendig sind, können diese im Register *Liste* ergänzt werden.

Der Zeitanteil für die *Verformungsschlitze* wird über die Stückanzahl (mit oder ohne Stauchelemente) und die Einbaudauer je Stück ermittelt.



ist, verschiedene Vortriebsklassen hinsichtlich Spritzbetonverbrauchs miteinander zu vergleichen.

Wie bereits im Punkt zuvor erwähnt, sind auch für die Spritzbetonarbeiten in den Teilquerschnitten Strosse und Sohle nur jene Felder in die Berechnung integriert, die aus baubetrieblicher Sicht auftreten können.

5) Anker

Zuerst muss die Häufigkeit des *Vorfahren Bohrwagen* eingegeben werden, dessen Dauer im Register *Parameter* festgelegt wird. Die Anzahl der verschiedenen Ankertypen und jeweilig korrespondierenden -längen werden automatisch aus der Eingabemaske übernommen; selbiges gilt für die Ortsbrustanker. Hierbei ist nur noch die maximal wirksame Länge festzulegen, aufgrund derer eine tatsächlich wirksame Länge im Abschlag berechnet wird.

Um Vergleichbarkeit mit anderen Vortriebsklassen zu ermöglichen, wird die Gesamtanzahl der Anker und die durchschnittliche Ankerlänge berechnet.

Standardmäßig sind alle Ankerplatten als *Ankerplatten ohne Vorspannung* in der Berechnung berücksichtigt. Falls jedoch *Ankerplatten mit Vorspannung* benötigt werden, muss dies in der Eingabemaske zur Vortriebsklassenermittlung eingegeben werden.

6) Spieße

Da Spieße ausschließlich als Voraussicherung in der Firste zum Einsatz kommen, wird dieser Arbeitsschritt nur im Teilquerschnitt Kalotte berücksichtigt. Die Anzahl je Spießtyp und die Spießlänge werden automatisch übernommen.

Die einzig notwendige Eingabe in diesem Schritt ist die Eingabe von *Vorfahren Bohrwagen*.

7) Dielen

Hinsichtlich Berücksichtigung dieser Zyklusteilzeit gilt dasselbe wie für die soeben erwähnten Spieße.

8) Erschwernisse

Wie bereits unter 1) Bohren & Sprengen erwähnt, werden in diesem Punkt die Erschwernisse aus einem eventuell auftretenden Mixed-Face-Vortrieb berücksichtigt. Dazu wird mit einer durch einen Abminderungsfaktor reduzierten Löseleistung ein *zusätzlicher Löseaufwand* errechnet, der in die Zykluszeit einfließt. Ebenso wird *ein zusätzliches Rüsten* von Geräten einberechnet.

Die Summe dieser Teilzeiten ergibt nach Einbeziehung eines Abminderungsfaktors die notwendige Dauer zur Herstellung eines Abschlags. Der Abminderungsfaktor dient der groben Abschätzung von unproduktiven bzw. verzögernden Leistungen während der Ausbruch- und Sicherungsarbeiten. Diese sind z.B. Erschwernissen, die nicht mit der Berechnung abgegolten sind (der Haupteinflussfaktor sind hierbei die Wassererschwernisse), sowie zusätzliche Reservezeiten für allfällige Störfälle und Stillstände.

Nach Eingabe der Arbeitsdauer je Tag können die theoretisch möglichen Abschläge pro Arbeitstag ermittelt und über die bereits bekannte Abschlagslänge die Vortriebsleistung je Arbeitstag ausgegeben werden.

#### **4.2.4 Tabellenblatt „Übersicht“**

Dieses Tabellenblatt stellt eine Zusammenfassung sämtlicher Vortriebsklassen dar und ermöglicht damit eine Ermittlung der Gesamtvortriebsdauer aller drei berechneten Varianten. Zu diesem Zweck muss die aufzufahrende Länge jedes Teilquerschnitts der verschiedenen Vortriebsklassen eingegeben werden. Die zuvor berechneten Vortriebsleistungen der einzelnen Teilquerschnitte können hier in eine durchschnittliche Vortriebsgeschwindigkeit der verschiedenen Vortriebsklasse zusammengefasst werden und es ergibt sich eine  $Dauer_{theor.}$  für jeden Teilquerschnitt. Damit ist es möglich, durch die Vorgabe eines bestimmten Datums für den Vortriebsbeginn das abgeschätzte Vortriebsende zu ermitteln.

Um Fehler bei der Eingabe zu verhindern, sind die Spalten *Länge Vortrieb* und *gewählte Zyklen* mit Gültigkeitsüberprüfungen bzw. optischen Warnhinweisen versehen. Dadurch wird einerseits sichergestellt, dass die Summe der aufgefahrenen Tunnellänge je Teilquerschnitt immer gleich ist und andererseits die gewählte Zyklusanzahl nicht größer als die berechnete Anzahl an Abschlagszyklen pro Tag ist.

Die Vor- bzw. Nachlaufzeiten der einzelnen Teilvortriebe ergeben sich durch die Festlegung von baubetrieblich bzw. geologisch bedingten Mindest- und Höchstabständen zwischen den einzelnen Vortrieben unter Einbeziehung der jeweiligen durchschnittlichen Vortriebsgeschwindigkeiten.

Weiters wird tabellarisch dargestellt, ob bei Eintreten der offensiven bzw. defensiven Variante eine Veränderung der Vortriebsklasse gegenüber der in der Ausschreibung festgelegten Vortriebsklasse entsteht.

#### **4.2.5 Tabellenblatt „Materialkosten“ (Kalotte, Strosse, Sohle)**

Auf drei verschiedenen Tabellenblättern für die einzelnen Teilquerschnitte werden entsprechend den Eingaben der jeweiligen Leistungsermittlung die Materialkosten jeder Vortriebsklasse ermittelt. Daher sind sämtliche Mengen an Sicherungs- und Stützmittel bereits

festgelegt und die Kosten können nur über Anpassung der *allgemeinen Kostenansätze* variiert werden.

#### **4.2.6 Tabellenblatt „Personalkosten“**

Für die Ermittlung der Personalkosten ist die Eingabe der *Personen je Vortriebsdrittel*, des *sonstigen Personals* sowie der *Arbeitszeit* erforderlich. Zusätzlich müssen für die Berechnung der verschiedenen Varianten die geschätzten *Mittellohnkosten* (*realistisch, offensiv, defensiv*) festgelegt werden. Durch Einbeziehung der *überschlägigen Vortriebsdauer* werden die Gesamtpersonalkosten berechnet. Das *sonstige Personal* wird durch Umlage auf alle Vortriebsdrittel in der Berechnung berücksichtigt.

Die grafische Auswertung der Personalkosten erfolgt einerseits für jede einzelnen Vortriebsklasse getrennt nach Teilquerschnitten, andererseits als vortriebsklassenübergreifender Vergleich der Gesamtpersonalkosten (Kalotte, Strosse, Sohle); in beiden Fällen gibt es eine Gliederung nach Berechnungsvarianten.

#### **4.2.7 Tabellenblatt „Gerätekosten“**

Zur Abminderung der angesetzten ÖBGL-Werte können Abminderungsfaktoren für Abschreibung und Verzinsung sowie Reparaturentgelt eingegeben werden. Diese Faktoren gelten jedoch für alle Geräte gleichermaßen und es kann daher u.U. dazu kommen, dass manche Gerätekosten im falschen Ausmaß reduziert werden. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, kann in der Spalte *Abminderungsart* zwischen den Optionen *allgemein* und *gerätespezifisch* gewählt werden. Bei Auswahl der zweiten Option können für jeden Gerätetyp spezifische Abminderungsfaktoren angegeben werden.

Die Auswahl der Geräte an sich erfolgt über die Eingabe der entsprechenden Gerätenummer laut ÖBGL 2009. Die dazugehörige Gerätebezeichnung sowie der ÖBGL-Neuwert werden daraufhin automatisch generiert. Sofern kein eigener Geräteneuwert eingegeben wird, bildet der Neuwert lt. ÖBGL die Basis für die Berechnung der AV- und Reparatur-Anteile.

Die Berechnung der Gerätekosten wird in dieser Tabelle exemplarisch für die realistische Variante durchgerechnet. Die Ermittlung der Gerätekosten für die beiden anderen Varianten erfolgt über das Verhältnis der verschiedenen Vortriebsdauern. Innerhalb der verschiedenen Varianten werden die Gerätekosten über die aufzufahrende Länge bzw. die Ausbruchskubaturen je Vortriebsklasse entsprechend aufgeteilt (siehe Kapitel 4.2.8).

Für die vorliegende Arbeit wurde eine Auswahl der am häufigsten verwendeten Geräte im Tunnelbau getroffen und der Gerätekostenberechnung zugrundegelegt.

### 4.2.8 Tabellenblatt „Kostenübersicht“

Dieses Tabellenblatt bietet einen Überblick über die geschätzten Kosten der Tunnelvortriebsarbeiten und dient rein zur Ausgabe der zusammengerechneten Kosten. Die Ausgabe erfolgt einerseits in *Kosten je m* und andererseits in *Kosten je m<sup>3</sup>*, um eine Vergleichsmöglichkeit mit Vortriebsklassen anderer Querschnittsabmessungen zu ermöglichen.

### 4.2.9 Tabellenblätter für Druckausgabe

Diese Tabellenblätter dienen dem Zweck, die Ausgabe der Vortriebsklassen- und Leistungs- sowie der Materialkostenermittlung für die verschiedenen Vortriebsklassen zu vereinfachen und übersichtlich zu gestalten.

Im Tabellenblatt *Drucken VTKL* kann im oberen Bereich zwischen den verschiedenen Teilquerschnitten, Ausbautypen und Varianten gewählt werden, welche Vortriebsklasse gedruckt werden soll.

Auf dieselbe Weise funktioniert dies in den Tabellenblättern *Drucken Leistung* und *Drucken Material*, wobei hier die Auswahl des Teilquerschnitts entfällt, da für jeden Teilquerschnitt ein eigenes Druckformular vorhanden ist. Die Auswahl des *Ausbautyps* und der *Variante* werden für alle Teilquerschnitte übernommen, womit die Übersichtlichkeit gewahrt bleibt.

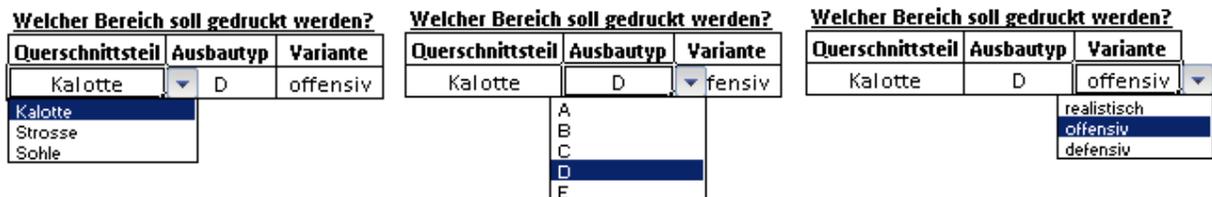


Abb. 4.6: Auswahl Druckbereich

### 4.2.10 Tabellenblatt „Geräte“

Dieses Tabellenblatt beinhaltet eine Liste an Geräten, die für den Tunnelbau benötigt werden, inkl. dazugehöriger Gerätedaten aus der ÖBGL 2009. Es sind jedoch nur Teile der Gruppe C sowie die Gruppen D und H angeführt, da sich in diesen Gruppen die in der Berechnung verwendeten, tunnelbaurelevanten Geräte befinden.

### 4.2.11 Tabellenblatt „Grenzwerte OZ“

In diesem Tabellenblatt sind die Grenzwerte für 1. und 2. Ordnungszahl lt. ÖNORM B 2203-1 festgelegt sowie die Grenzwerte der Gültigkeitsbereiche.

Für den Strossenvortrieb ist hier die projektspezifische Einteilung der einzelnen Vortriebsklassen vorzunehmen.

### 4.3 Möglichkeiten des Programms

Für jede Vortriebsklasse ist ein eigenes Tabellenblatt zur Ermittlung der 1. und 2. Ordnungszahl des jeweiligen Kalotten-, Strossen- bzw. Sohlvortriebs notwendig. Zusätzlich werden für jeden Teilquerschnitt drei verschiedene Varianten berechnet, woraus bereits bei einer geringen Anzahl an Vortriebsklassen eine hohe Datenmenge entsteht. Daher wurde für die Durchführung der Parameterstudien im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit das Berechnungsprogramm auf fünf verschiedene Vortriebsklassen jedes Teilquerschnitts (Kalotte, Strosse, Sohle) ausgelegt.

Um den Arbeitsaufwand für den Programmbenutzer weitestmöglich zu minimieren, sind gewisse Eingaben aus praktischen, baubetrieblichen oder aus logischen Gründen grundsätzlich nicht möglich. Aus diesen Gründen sind z.B. einige Sicherungsmittel bei der Leistungsermittlung für Strosse oder Sohle gar nicht mehr berücksichtigt, um die Komplexität nicht unnötigerweise zu erhöhen.

Der primäre Zweck dieses Berechnungsprogramms liegt in der Ermittlung von Zykluszeiten für verschiedene Vortriebsklassen sowie der darauf aufgesetzten Kosten- und Leistungsermittlung für Tunnelvortriebsarbeiten.

Für die Berechnung der Abschlagszyklen werden sämtliche Arbeitsvorgänge so weit als möglich aufgegliedert, um eine möglichst detaillierte Eingabe der Daten zu gewährleisten. Zusätzlich zu den üblichen Vorgängen für Ausbruch und Sicherung ist es auch möglich sowohl allfällige Mixed-Face-Bedingungen als auch einen Abbruch von eventuell vorhandenen Erkundungsstollen u.ä. in der Berechnung zu berücksichtigen. In beiden Fällen erfolgt dies über die Variation der Leistungsansätze durch Abminderungsfaktoren (siehe Abb. 4.7 und Abb. 4.8).

<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	65 %	1,149 h	100 %	1,149 h
Vorfahren Bohrwagen	1 x	Ja			0,167 h		
Bohren	Kranzlöcher	Nein	30 Stk	Überbohren	0,2 m		0,603 h
Laden, Sprengen							0,217 h
Lüften							0,163 h
<b>Erschwernisse</b>					0,000 h	100 %	0,000 h
Mixed-Face-Vortrieb							
zus. Löseaufwand	20 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.			0,000 h
zus. Rüsten	1 x						0,000 h

Abb. 4.7: Eingabe Mixed-Face-Vortrieb

#### 4 Beschreibung des Berechnungsprogramms

Lösen & Schüttern			Anteil Baggervortrieb	35 %	3,995 h	100 %	3,995 h
Rüsten					0,058 h		
Lösen					2,427 h		
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m		0 %	0,000 h		
Schüttern					1,343 h		
digitale OB-Aufnahme	1 Stk				0,167 h		
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	46,22 m <sup>2</sup>	QS neu			
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
Lösen Gebirge			46,22 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h

Abb. 4.8: Eingabe Abbruch EKS

Nach Festlegung sämtlicher Eingabewerte in der Leistungsermittlung ergibt sich die Zykluszeit für den jeweiligen Abschlag (siehe Abb. 4.9).

Vortriebsklasse	3 / 1,39		Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	3,00 m		Faktor	95 %
Querschnitt	46,22 m <sup>2</sup>	Kalotte - Ausbau A (realistisch)	Zykluszeit	7,905 h
Linie 1a	20,10 m	Vortriebsleistung	Zyklen/AT	3,04

Abb. 4.9: Zyklusdauer

Wenn die Eingabe sämtlicher Parameter für alle Vortriebsklassen erfolgt ist, kann daraus eine ungefähre Vortriebsdauer berechnet werden (Beschreibung siehe Kapitel 4.2.4). Dabei ist auch die unterschiedliche Vortriebsdauer der einzelnen Varianten ersichtlich und es kann damit das Einsparungspotential aufgezeigt werden.

Eine übersichtliche Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Vortriebsarbeiten ist beispielhaft in Abb. 4.10 ersichtlich.

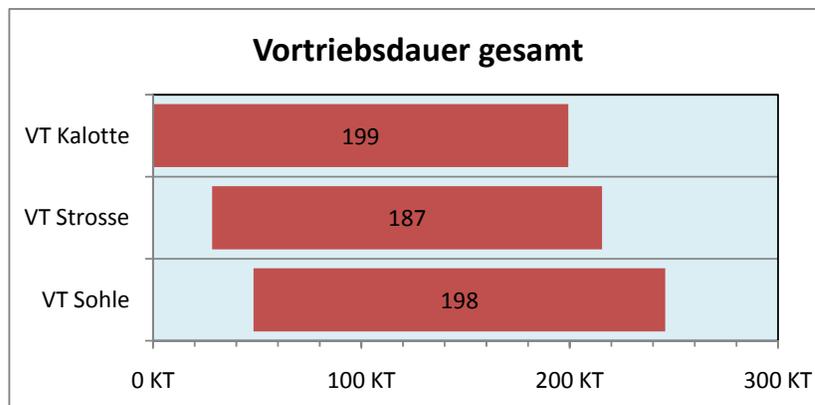


Abb. 4.10: Übersicht Vortriebsdauer

Zusätzlich zu den einzelnen Vortriebsklassen können die Personal-, Geräte- und Materialkosten mit Hilfe dieses Berechnungsprogramms größenordnungsmäßig bestimmt werden. Im Zuge der Analyse der Berechnungsergebnisse hat sich dabei ergeben, dass eine exakte Mittellohnkalkulation nicht notwendig ist. Einerseits wirkt sich der Mittellohn nur in geringem Ausmaß auf die Gesamtkosten aus. Andererseits ist eine solche Detailtiefe für die frühe Phase der Projektbearbeitung, für die dieses Programm vorgesehen ist, gar nicht notwendig. Die Auswirkungen auf die Personalkosten durch die Veränderung der Ansätze für die Mittellohnkosten bzw. die Vortriebsdauer sind in Abb. 4.11 dargestellt.

#### 4 Beschreibung des Berechnungsprogramms

	Variation Vortriebsdauer			Variation MLK		
<b>Personalkosten</b>						
Drittanzahl	4 Drittel			4 Drittel		
Personen je Drittel	6 Mann			6 Mann		
sonstiges Personal	5 Mann			5 Mann		
Personalstärke gesamt	29 Mann			29 Mann		
Arbeitszeit	24,00 h/AT			24,00 h/AT		
Variante	realistisch	offensiv	defensiv	realistisch	offensiv	defensiv
überschlägige Vortriebsdauer	246 KT	203 KT	263 KT	246 KT	246 KT	246 KT
Mittellohnkosten	40,00 €/h	40,00 €/h	40,00 €/h	40,00 €/h	38,00 €/h	42,00 €/h
Gesamt	6.848.640 €	5.651.520 €	7.321.920 €	6.848.640 €	6.506.208 €	7.191.072 €
	100%	83%	107%	100%	95%	105%

**Abb. 4.11: Gegenüberstellung Personalkosten**

Der Einfluss der unterschiedlichen Vortriebsdauern auf die Gerätekosten ist in der folgenden Abbildung ersichtlich. Der Gerätestand wurde dabei für alle Varianten gleich angesetzt und ist unter Anhang B – Berechnungsergebnisse ersichtlich.

Gerätekosten	VT-Beginn	VT-Ende	VT-Dauer	AV	Rep	gesamt
realistische Variante	01.10.2010	Feb 12	16,3 Mo	2.030.492 €	1.604.944 €	3.635.436 €
offensive Variante	01.10.2010	Okt 11	12,3 Mo	1.528.059 €	1.207.811 €	2.735.870 €
defensive Variante	01.10.2010	Aug 12	22,3 Mo	2.777.913 €	2.195.721 €	4.973.633 €

**Tab. 4.1: Übersicht Gerätekosten**

## **5 Validierung und Berechnungsergebnisse**

### **5.1 Validierung des Berechnungsprogramms**

Die Validierung des Berechnungsprogramms soll deren Ergebnisse hinsichtlich Plausibilität einer Kontrolle unterziehen. Dafür werden beispielhaft für jeden Teilquerschnitt (Kalotte, Strosse und Sohle) fünf Vortriebsklassen durchgerechnet und die Ergebnisse mit jenen eines tatsächlich errichteten Tunnels verglichen. Durch die Berechnung mehrerer Vortriebsklassen können Tendenzen abgebildet und hohe Einzelwertabweichungen vermieden werden. Die Daten für die Validierung stammen von einem Schnellstraßen-Tunnelbauprojekt in Österreich.

Da die Leistungsansätze als mittlere Leistungen gleichsam für sämtliche Teilquerschnitte in die Berechnung einfließen, entstehen entsprechende Abweichungen in den Berechnungsergebnissen. Tatsächlich wäre insbesondere die Löse- und Schutterleistung für den Vortrieb von Strosse und Sohle deutlich höher anzusetzen als für den Kalottenvortrieb. Für die Validierung dieses Berechnungsprogramms wurde jedoch der Fokus auf die bauzeitkritischen Arbeiten der Kalotte gelegt. Dadurch sind die hohen Zeiten für Löse- und Schuttervorgänge in Strosse und Sohle erklärbar.

<b>Vortriebsklasse - Kalotte K7 / 18.62</b>					
Übermass $\bar{u}_m$ [cm]: 15,00		Abschlagslänge [m]: max. 1,00			
Ausbruchfläche [m <sup>2</sup> ]: 58,31		Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 43,53		Linie 1a [m]: 17,10	
Stützmittel / lfm - Tunnel			Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton:	-Kalotte ds=26cm	17,10 m <sup>2</sup>	4,28 m <sup>3</sup>	20	86,50
	-Kalottensohlgewölbe ds=20cm	11,34 m <sup>2</sup>	2,27 m <sup>3</sup>	12	27,22
	-Ortsbrust ds=10cm	45,4 m <sup>2</sup>	4,54 m <sup>3</sup>	14	63,56
Spritzbetonbewehrung:	-Bergseitig mit Bogen	17,10 m <sup>2</sup>	17,10 m <sup>2</sup>	1,0	17,1
	-Hohlraumseitig mit Bogen	17,10 m <sup>2</sup>	17,10 m <sup>2</sup>	1,5	25,65
	-Kalottensohle ( 2-lagig)	22,68 m <sup>2</sup>	22,68 m <sup>2</sup>	0,8	18,14
	-Ortsbrust	45,4 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup>	2	90,80
	Stahlgitterbogen 95/22/32	17,10 m	17,10 m	2,0	34,20
	Selbstbohranker 250kN L=6m	10,50 Stk	63,00 m	1,7	107,10
	SB-Ortsbrustanker 250kN,L=8m,e=4m	12,00 Stk	12,00 Stk	8,0	96,00
	-Versetzen der Ankerplatte ohne Vorspannung	6,00 Stk	6,00 Stk	1,7	10,20
	Selbstbohrspiesse, L=4m	41,00 Stk	164,00 m	1,3	213,2
	Stützkern	1,00 Stk	1,00 Stk	22	22,00
<b>Summe:</b>					<b>810,67</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>					<b>18,62</b>
<b>Vortriebsklasse - Strosse ST5 / 9.08</b>					
Übermass $\bar{u}_m$ [cm]: 10,00		Abschlagslänge [m]: max. 2,00			
Ausbruchfläche [m <sup>2</sup> ]: 17,73		Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 13,76		Linie 1a [m]: 5,22	
Nachlauf Strosse: <b>geomechanisch unbeschränkt</b>					
Stützmittel / lfm - Tunnel			Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton:	-Strosse ds=20cm	5,22 m <sup>2</sup>	1,04 m <sup>3</sup>	20	20,88
Spritzbetonbewehrung:	-Bergseitig mit Bogen	5,22 m <sup>2</sup>	5,22 m <sup>2</sup>	1,0	5,22
	-Hohlraumseitig mit Bogen	5,22 m <sup>2</sup>	5,22 m <sup>2</sup>	1,5	7,83
	Stahlgitterbogen 95/22/32	5,22 m	5,22 m	2,0	10,44
	Selbstbohranker 250kN L=6m	3,00 Stk	18,00 m	1,7	30,60
	Abbruch Kalottensohlgewölbe einschließlich temp. Auffüllung		1,00 m	50	50,00
<b>Summe:</b>					<b>124,97</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>					<b>9,08</b>
<b>Vortriebsklasse - Sohle S5 / 4</b>					
Übermass $\bar{u}_m$ [cm]: 10,00		Öffnungslänge [m]: max. 6,60			
Ausbruchfläche [m <sup>2</sup> ]: 16,61		Ausbauart: Sohwölbe ohne Längsteilung			
Nachlauf Sohle: <b>&lt;12m in Abhängigkeit der geotechnischen Messergebnisse</b>					
Spritzbeton - Sohle ds=20cm					
Spritzbetonbewehrung - Bergseitig und Hohlraumseitig					

Abb. 5.1: Stützmittelermittlung für einige Vortriebsklassen<sup>66</sup>

Die dazugehörigen Tabellen für die Vortriebsklassenermittlung sind unter Anhang B – Berechnungsergebnisse einzusehen.

Die Leistungsermittlung lt. Berechnungsprogramm für die ausgewählten Vortriebsklassen ist in Abb. 5.2 bis Abb. 5.4 dargestellt.

<sup>66</sup> Vgl. Vergleichsprojekt VKL K7/10,41 – ST5/4,18 – S4/3

## 5 Validierung und Berechnungsergebnisse

Vortriebsklasse	7 / 18,62				Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	1,00 m		Kalotte - Ausbau A (realistisch)		Faktor	95 %
Querschnitt	58,31 m <sup>2</sup>		Vortriebsleistung 2,89 m/AT		Zykluszeit	8,298 h
Linie 1a	17,10 m				Zyklen/AT	2,89
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	100 %	1,269 h	90 %
Vorfahren Bohrwagen	1 x				0,083 h	1,142 h
Bohren	Kranzlöcher	55 Stk	Innenlöcher	38 Stk	Überbohren	0,1 m
Laden, Sprengen						0,769 h
Lüften						0,250 h
						0,167 h
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>			Anteil Baggervortrieb		0,758 h	90 %
Rüsten						0,000 h
Lösen						0,000 h
Zuschlag Teilflächen	1 x	1,00 Stk/m		10 %		0,000 h
Schüttern						0,674 h
digitale OB-Aufnahme	1 Stk					0,083 h
Abbruch_EK	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	58,31 m <sup>2</sup>	QS neu		0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>3</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
Lösen Gebirge			58,31 m <sup>3</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>					2,960 h	90 %
<b>Bogen</b>						
Tunnelbogen	17,10 m	17,10 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/32	14,9 kg/m	254,8 kg
<b>Baustahlgitter</b>						
Profil		34,20 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	gemischt	0,607 h
Sohle, Kalottensohle		22,68 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig	0,739 h
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	einlagig	0,806 h
Zusatzbew		0,00 kg/m		0,00 kg/m <sup>2</sup>		0,000 h
<b>Verformungsschlitz</b>						
mit Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m				0,000 h
ohne Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m				0,000 h
<b>Spritzbeton</b>		14,7 m <sup>3</sup>	MVF = 57 %		0,00 m <sup>3</sup> /m	1,456 h
Anlaufzeit SpB	1 x					0,167 h
Profil		17,10 m <sup>2</sup> /m	d= 25,0 cm	üp= 5,0 cm	rpf= 30 %	6,67 m <sup>3</sup> /m
Ortsbrust	50,98 m <sup>2</sup>	50,98 m <sup>2</sup> /m	d= 10,0 cm	üp= 5,0 cm	rpf= 5 %	8,03 m <sup>3</sup> /m
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m
Kalottensohle		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 1,0 cm	üp= 1,0 cm	rpf= 1 %	0,00 m <sup>3</sup> /m
Kalottenfuß		1,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m
<b>Anker</b>		10,5 Stk	6,00 m/Stk			0,689 h
Vorfahren Bohrwagen	1 x					0,083 h
Profilanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,000 h
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	10,5 Stk	6,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
Ortsbrustanker				max. wirks am	tats. wirks am	0,000 h
Selbstbohranker	12,0 Stk	0,00 Stk/m	8,00 m/Stk	0,00 m	0,00 m	0,000 h
Versetzen Ankerplatte	6,0 Stk	6,00 Stk/m	ohne Vorspannung			0,100 h
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	mit Vorspannung			0,000 h
<b>Spieße</b>		41,0 Stk	4,00 m/Stk			1,627 h
Vorfahren Bohrwagen	1 x	< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,083 h
Rammspieße	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
unvermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
vermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
Selbstbohrspieße	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	41,0 Stk	4,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
Verpreßrohrspieße	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk	0,0 Stk	0,00 m <sup>3</sup> /Stk
<b>Dielen</b>						0,000 h
Vorfahren Bohrwagen	0 x					0,000 h
Dielen versetzen	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 3 mm	b= 220 mm	L= 3,0 m	5,18 kg/m <sup>2</sup>
<b>Erschwernisse</b>						0,000 h
Mixed-Face-Vortrieb						0,000 h
zus. Löseaufwand	8 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
zus. Rüsten	1 x					0,000 h

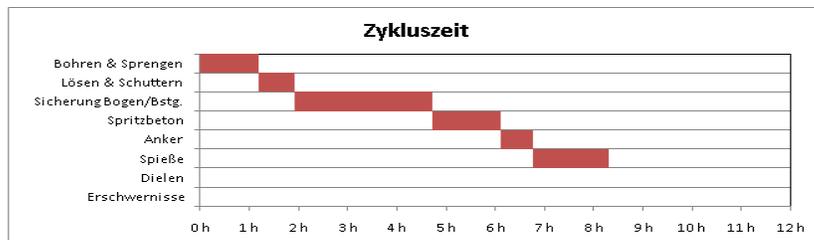


Abb. 5.2: Leistungsermittlung Kalotte VKL 7/18,62

## 5 Validierung und Berechnungsergebnisse

Vortriebsklasse	4 / 9,08	<b>Strosse- Ausbau A (realistisch)</b>				Arbeitszeit	24,00 h/AT			
Abschlagslänge	1,00 m					<b>Vortriebsleistung</b>		<b>3,16 m/AT</b>		Faktor
Querschnitt	17,76 m <sup>2</sup>	Zykluszeit						7,586 h		
Linie 1a	5,22 m	Zyklen/AT						3,16		
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb		0 %	<b>0,000 h</b>	100 %	<b>0,000 h</b>		
Vorfahren Bohrwagen	0 x	0,000 h								
Bohren	Kranzlöcher	26 Stk	Innenlöcher	14 Stk	Überbohren	0,1 m	0,000 h			
Laden, Sprengen							0,000 h			
Lüften							0,000 h			
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>					Anteil Baggervortrieb	100 %	<b>2,592 h</b>	130 %	<b>3,370 h</b>	
Rüsten							0,083 h			
Lösen							2,220 h			
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m					0 %	0,000 h		
Schüttern							0,205 h			
digitale OB-Aufnahme	1 Stk							0,083 h		
Abbruch EK	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	17,76 m <sup>2</sup>	QS neu				0,000 h		
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>3</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h			
Lösen Gebirge			17,76 m <sup>3</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h			
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							<b>0,663 h</b>	130 %	<b>0,862 h</b>	
<u>Bogen</u>										
Tunnelbogen	5,22 m	5,22 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/32	14,9 kg/m	77,8 kg	0,247 h			
<u>Baustahlgitter</u>							0,000 h			
Profil	10,44 m <sup>2</sup> /m	AQ 90	9,98 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		0,417 h				
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	AQ 90	9,98 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig		0,000 h			
Zusatzbew.	0,00 kg/m						0,000 h			
<b>Spritzbeton</b>	<b>1,6 m<sup>3</sup> MVF = 56 %</b>						<b>0,310 h</b>	130 %	<b>0,403 h</b>	
Anlaufzeit SpB	1 x							0,167 h		
Profil	0	5,22 m <sup>2</sup> /m	d= 20,0 cm	ü <sub>p</sub> = 5,0 cm	rp <sub>f</sub> = 25 %	1,63 m <sup>3</sup> /m	0,143 h			
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	ü <sub>p</sub> = 5,0 cm	rp <sub>f</sub> = 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h			
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	ü <sub>p</sub> = 0,0 cm	rp <sub>f</sub> = 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h			
Sohle		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 10,0 cm	ü <sub>p</sub> = 5,0 cm	rp <sub>f</sub> = 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h			
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	ü <sub>p</sub> = 0,0 cm	rp <sub>f</sub> = 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h			
<b>Anker</b>	<b>3,0 Stk</b>	<b>6,00 m/Stk</b>						<b>0,228 h</b>	130 %	<b>0,296 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	1 x							0,083 h		
<u>Profilanker</u>	< 4,0 m		4,0 - 8,0 m		> 8,0 m		0,000 h			
Swelllex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h			
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h			
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	3,0 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,144 h			
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h			
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h			
<u>Ortsbrustanker</u>							max. wirks am	tats. wirks am		
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 Stk/m	0,00 m/Stk	10,00 m	10,00 m	0,000 h				
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	ohne Vorspannung				0,000 h			
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	mit Vorspannung				0,000 h			
<b>Erschwernisse</b>							<b>0,000 h</b>	100 %	<b>0,000 h</b>	
<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>										
zus. Löseaufwand	8 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h				
zus. Rüsten	1 x							0,000 h		

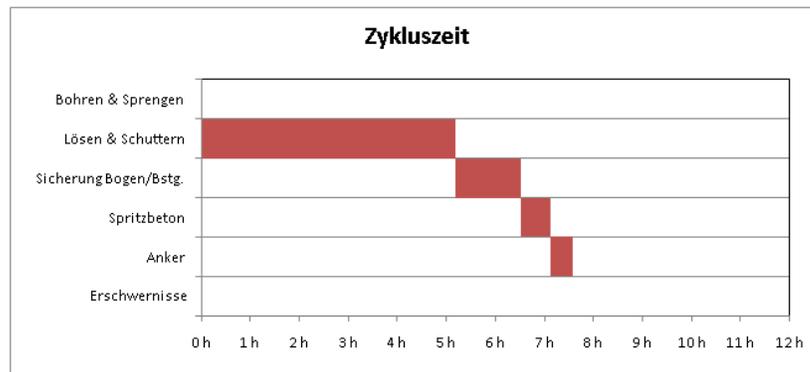


Abb. 5.3: Leistungsermittlung Strosse VKL 4/9,08

## 5 Validierung und Berechnungsergebnisse

Vortriebsklasse	5 / 4				Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	6,60 m		<b>Sohle- Ausbau A (realistisch)</b>		Faktor	95 %
Querschnitt	16,61 m <sup>2</sup>		<b>Vortriebsleistung 8,08 m/AT</b>		Zykluszeit	19,611 h
Linie 1a	8,15 m				Zyklen/AT	1,22
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein		Anteil Sprengvortrieb	0 %	<b>0,000 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	0 x					0,000 h
Bohren	Kranzlöcher	0 Stk	Innenlöcher	0 Stk	Überbohren	0,0 m
Laden, Sprengen						0,000 h
Lüften						0,000 h
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>			Anteil Baggervortrieb	100 %	<b>15,137 h</b>	<b>15,137 h</b>
Rüsten						0,083 h
Lösen						13,703 h
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m			0 %	0,000 h
Schüttern						1,268 h
digitale OB-Aufnahme	1 Stk					0,083 h
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	16,61 m <sup>2</sup>	QS neu		
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
Lösen Gebirge			16,61 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>						<b>1,911 h</b>
<u>Bogen</u>						<b>1,911 h</b>
kein Bogen	0,00 m	0,00 m/m	Bogen 3 Gurte	70/10/30	0,0 kg/m	0,0 kg
<u>Baustahlgitter</u>						0,000 h
Profil	16,30 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		1,911 h
Zusatzbew.	0,00 kg/m					0,000 h
<b>Spritzbeton</b>	16,1 m <sup>3</sup>		MVf = 50 %			<b>1,582 h</b>
Anlaufzeit SpB	1 x					0,167 h
Profil	8,15 m <sup>2</sup> /m	d= 20,0 cm	ü <sub>p</sub> = 10,0 cm	r <sub>pf</sub> = 0 %	2,45 m <sup>3</sup> /m	1,416 h
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	ü <sub>p</sub> = 0,0 cm	r <sub>pf</sub> = 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h
<b>Anker</b>	0,0 Stk		0,00 m/Stk			<b>0,000 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	0 x					0,000 h
<u>Profilanker</u>			< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m	0,000 h
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
<b>Erschwernisse</b>						<b>0,000 h</b>
<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>						<b>0,000 h</b>
zus. Löseaufwand	8 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h	
zus. Rüsten	1 x					0,000 h

### Zykluszeit

Activity	Start (h)	End (h)
Bohren & Sprengen	0	0
Lösen & Schüttern	0	15,137
Sicherung Bogen/Bstg.	15,137	17,048
Spritzbeton	17,048	18,630
Anker	18,630	18,630
Erschwernisse	18,630	18,630

Abb. 5.4: Leistungsermittlung Sohle VKL 5/4

Besonders bei der Zykluszeitenermittlung für den Sohlvortrieb ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Zyklen pro Arbeitstag um eine theoretisch mögliche Leistung handelt. Die tatsächliche Leistung wird im Mittel die kalkulierte Leistung erreichen, jedoch tageweise Abweichungen aufweisen, sei dies aus baubetrieblichen oder geotechnischen Gründen.

## 5.2 Ergebnisse der Berechnung

Als Berechnungsergebnis ist in erster Linie die monetäre und zeitliche Bandbreite des anzubietenden Projekts zu sehen. Durch die rasche und unkomplizierte Berechnung können einfach verschiedene Szenarien erstellt werden, die als Entscheidungshilfe in der Angebotsphase sehr nützlich sind.

Die Berechnung verschiedener Varianten und die Auswertung der Auswirkungen auf die Vortriebsklasseneinteilung (siehe dazu auch Kapitel 4.2.4) ergibt ein Instrument zur Bestimmung der Ausnutzung des Gültigkeitsbereichs der 2. Ordnungszahl, das sowohl auf Seiten des AN als auch auf Seiten der ÖBA bzw. des AG eingesetzt werden kann. Für die Bauleitung ist es damit möglich, jene Anzahl an Sicherungsmittel zu bestimmen, die notwendig sind, um in eine für sie abrechnungstechnisch bessere Vortriebsklasse zu fallen. Für den AG gilt selbiges in umgekehrter Weise.

Anhand der ausgeschriebenen Vortriebsklassen kann festgestellt werden, ob in einem bestimmten Bereich der Matrix eine bestehende Vortriebsklasse zur Anwendung kommen kann oder ob eine Extrapolation aus den vorhandenen Vortriebsklassen notwendig ist (siehe Register *Übersicht* im Berechnungsprogramm).

VTKL lt. Ausschreibung		Grenzen 2. OZ		Veränderung der 2. OZ					
		von	bis	offensive Variante			defensive Variante		
<b>Kalotte</b>	VKL 7 / 18,62	17,32	19,92	15,75	neue VKL!	7 / 15,75	21,49	neue VKL!	7 / 21,49
	VKL 3 / 1,39	0,94	1,84	1,19	OK	3 / 1,19	1,59	OK	3 / 1,59
	VKL 7 / 10,41	9,11	1,84	8,69	neue VKL!	7 / 8,69	12,16	neue VKL!	7 / 12,16
	VKL 6 / 6,27	5,27	1,84	5,33	neue VKL!	6 / 5,33	7,21	neue VKL!	6 / 7,21
	VKL 5 / 2,76	1,96	1,84	2,36	neue VKL!	5 / 2,36	3,15	neue VKL!	5 / 3,15
<b>Strosse</b>	VKL 4 / 9,08	8,48	9,68	7,61	neue VKL!	4 / 7,61	10,56	neue VKL!	4 / 10,56
	VKL 2 / 1,52	1,17	1,87	1,37	OK	2 / 1,37	1,67	OK	2 / 1,67
	VKL 4 / 4,18	3,58	4,78	3,69	OK	4 / 3,69	4,68	OK	4 / 4,68
	VKL 3 / 2,63	2,18	3,08	2,26	OK	3 / 2,26	3,01	OK	3 / 3,01
	VKL 3 / 1,90	1,45	2,35	3,15	neue VKL!	3 / 3,15	3,15	neue VKL!	3 / 3,15
<b>Sohle</b>	VKL 5 / 4			4	OK	5 / 4	4	OK	5 / 4
	VKL 1 / 1			1	OK	1 / 1	1	OK	1 / 1
	VKL 4 / 3			3	OK	4 / 3	3	OK	4 / 3
	VKL 3 / 3			3	OK	3 / 3	3	OK	3 / 3
	VKL 2 / 2			2	OK	2 / 2	2	OK	2 / 2

Tab. 5.1: Übersicht Vortriebsklassenwechsel durch geänderte Stützmittel

Weiters kann einfach festgestellt werden, welche Stützmittel sich hauptsächlich in den Zykluszeiten bzw. in den Kosten des Vortriebs niederschlagen.

Hinsichtlich der geschätzten Dauer für die Vortriebsarbeiten ist zu sagen, dass das theoretische Ideal mit annähernd identen Vortriebsdauern für alle Teilquerschnitte (siehe

Abb. 4.10) praktisch nicht bzw. nur sehr selten auftritt. Aufgrund der i.d.R. höheren Vortriebsgeschwindigkeiten in Strosse und Sohle gegenüber der Kalotte – bedingt durch bereits erfolgte erstmalige Gebirgsentspannung und bessere Angriffsmöglichkeiten zum Abbau – ist für den Strossen- bzw. Sohlvortrieb eine Taktplanung notwendig.

Kalotte	6,05 m/KT
Strosse	13,95 m/KT
Sohle	34,46 m/KT

Tab. 5.2: Vergleich mittlere Vortriebsgeschwindigkeiten

Anhand dieser Tabelle ist ersichtlich, dass der Kalottenvortrieb immer am kritischen Weg liegt und deshalb ein besonderes Augenmerk auf den reibungslosen Ablauf der Vortriebsarbeiten in der Kalotte gelegt werden sollten. Aufgrund der höheren Vortriebsgeschwindigkeiten für Strosse und Sohle kann für Forcierungsmaßnahmen in der Kalotte – falls es die Platzverhältnisse und baubetrieblichen Bedingungen zulassen – zusätzliches Personal und Gerät aus den anderen Vortrieben hinzugezogen werden.

Eine Analyse verschiedener Vortriebsklassen mit den selben Mengen an Stütz- und Sicherungsmittel für die einzelnen Varianten hat ergeben, dass sich eine Veränderung der Mittellohncosten von 10 % in den Varianten *offensiv* bzw. *defensiv* kaum merklich in den Ausbruchskosten niederschlägt. Die genaue Abweichung beträgt im vorliegenden Fall  $\pm 4,7\%$ .

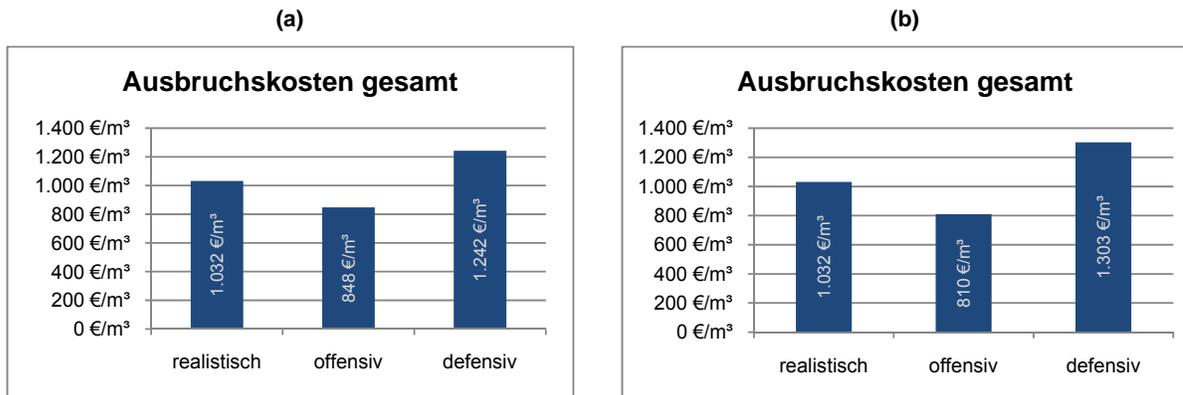


Abb. 5.5: Ausbruchskosten (a) mit erster Annahme der MLK und (b) nach Veränderung der MLK um 10 % (in offensiver bzw. defensiver Variante)

Aus diesem Grund wurde bewusst auf eine genaue Ermittlung der Mittellohncosten lt. Kalkulationsformblatt K3 verzichtet.

Die Kostengenauigkeit in der Phase der Projektbearbeitung befindet sich im Bereich zwischen  $\pm 10\%$  und  $\pm 20\%$  (siehe Abb. 5.6). Genau für diese Phase ist das Berechnungsprogramm vorgesehen.

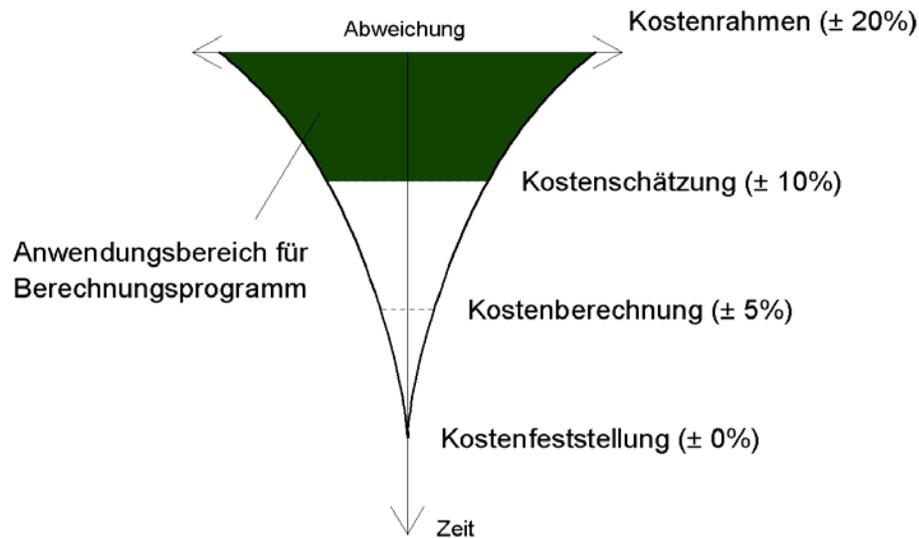


Abb. 5.6: Kostengenauigkeit in den einzelnen Projektbearbeitungsphasen

### 5.3 Interpretation der Ergebnisse

Bei Betrachtung der Berechnungsergebnisse ist zu beachten, dass es sowohl auf Seiten der Leistungsermittlung als auch auf der Kostenseite notwendig war, einige Annahmen für Kalkulationsansätze zu treffen, da hier keine ausreichenden Daten vorhanden waren.

In Tab. 5.3 sind die Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Berechnung sowie der Angebotskalkulation ausgewertet. Es sind dabei einerseits die Abweichungen bezogen auf die K7-Blätter angegeben, andererseits wurden auch die Berechnungsergebnisse untereinander verglichen und deren Standardabweichungen dargestellt.

Dabei kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse der Vortriebsleistungen für Kalotte und Strosse im Allgemeinen sehr homogen sind, in der Sohle hingegen eine große Streuung aufweisen. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Vortriebsklasse der Sohle im K7-Blatt nach einer gänzlich anderen Art als Kalotte und Strosse kalkuliert werden, das Berechnungsprogramm jedoch unabhängig vom Teilquerschnitt immer nach dem selben Algorithmus vorgeht. Dieser Wechsel in der Systematik der K7-Kalkulation beruht eventuell darauf, dass im Gegensatz zum Vortrieb der Kalotte bzw. Strosse für den Sohlvortrieb i.d.R. nur Lösearbeiten mittels Bagger notwendig sind.

	Mittlere Abweichung der Vortriebsleistungen					
	von K7	STABW <sub>int, real</sub>	von K7	STABW <sub>int, off</sub>	von K7	STABW <sub>int, def</sub>
<b>Kalotte</b>	20,1%	7,3%	3,6%	12,5%	40,5%	6,7%
<b>Strosse</b>	97,2%	34,5%	137,1%	46,5%	61,4%	26,5%
<b>Sohle</b>	284,7%	174,7%	385,2%	217,0%	230,1%	153,6%

Tab. 5.3: Auswertung der Abweichungen

Dabei ist:

$STABW_{int, real}$  Standardabweichung der Berechnungsergebnisse (realistische Variante) untereinander im jeweiligen Teilquerschnitt

$STABW_{int, off}$  Standardabweichung der Berechnungsergebnisse (offensive Variante) untereinander im jeweiligen Teilquerschnitt

$STABW_{int, def}$  Standardabweichung der Berechnungsergebnisse (defensive Variante) untereinander im jeweiligen Teilquerschnitt

	mittlere Ausbruchsfläche	$STABW_{int}$	in %
<b>Kalotte</b>	50,30 m <sup>2</sup>	4,68 m <sup>2</sup>	9,3 %
<b>Strosse</b>	23,22 m <sup>2</sup>	3,07 m <sup>2</sup>	13,2 %
<b>Sohle</b>	9,93 m <sup>2</sup>	6,70 m <sup>2</sup>	67,5 %

Tab. 5.4: Charakteristika der Teilquerschnitte

Dabei ist:

$STABW_{int}$  Standardabweichung der Ausbruchsflächen der einzelnen Teilquerschnitte

Da es sich bei den verwendeten Unterlagen um Daten einer Angebotskalkulation handelt, ist davon auszugehen, dass sich die Ansätze an der oberen Grenze der technischen Realisierbarkeit bewegen. Die Kalkulationsansätze sind zwar ersichtlich, jedoch nicht die Leistungs- und Aufwandsansätze, die der Leistungsermittlung zugrunde liegen. Aus diesem Grund ist es auch erklärbar, wieso die offensive Variante mit einer mittleren Abweichung von der K7-Kalkulation von 3,6 % näher an die tatsächlich kalkulierten Werte herankommt als die realistische Variante (mittlere Abweichung Kalotte 20,1 %).

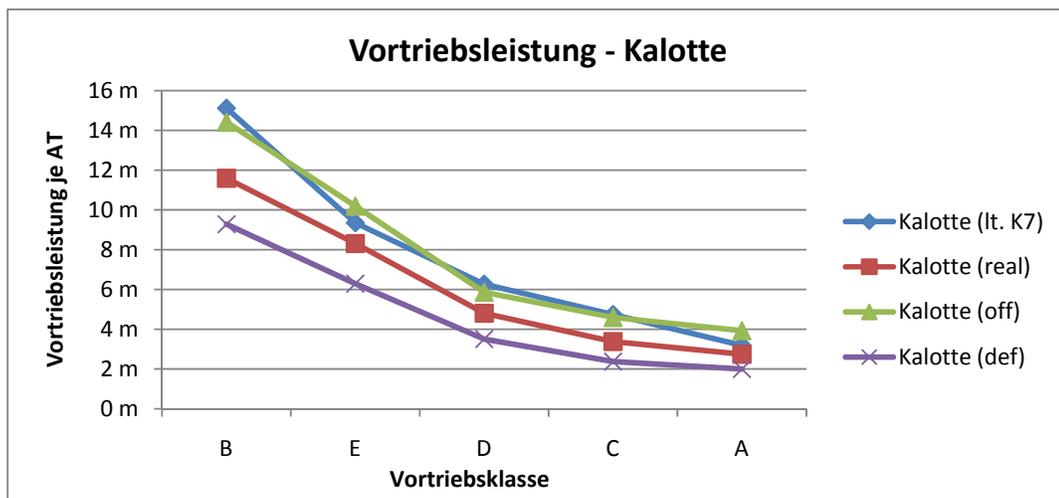


Abb. 5.7: Bandbreite Vortriebsleistung Kalotte

Der englische Begriff für Kalkulation ist „estimation“<sup>67</sup> und trifft daher die Bedeutung der Kalkulation genauer. Generell sind daher für eine Kalkulation bis zu einem gewissen Grad immer Schätzungen und Annahmen notwendig. Unter dem Aspekt des vorgesehenen Einsatzbereiches dieses Berechnungsprogramms (siehe Abb. 5.6) sind diese Abweichungen durchaus tolerierbar.

Die hohen Abweichungen im Strossenvortrieb scheinen auf den ersten Blick verwunderlich. Unbestritten ist die Tatsache, dass der Vortrieb der Strosse aus bereits genannten Gründen (siehe Kapitel 5.2 Ergebnisse der Berechnung) schneller voranschreiten kann als der Kalottenvortrieb. Es ist jedoch davon auszugehen, dass für die Strosse geringere Leistungsansätze als in der Kalotte angesetzt wurden, da der Vortrieb in diesem Bereich im Gegensatz zur Kalotte nicht auf dem kritischen Weg für die Vortriebsdauer liegt. Dadurch wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der Strossenvortrieb nicht durchgehend, sondern mit Unterbrechungen durchgeführt wird. Zusätzlich ist zu bedenken, dass ein Strossenabschlag aufgrund der höheren Abschlagslänge meistens erst nach jedem zweiten Abschlag in der Kalotte durchgeführt werden kann. Da die Leistungsansätze im Berechnungsprogramm als globale Variablen jedoch für alle Teilquerschnitte gleich sind, sprich mit voller Leistung auch in der Strosse gerechnet wird, sind die Abweichungen gegenüber der kalkulierten Leistung von 137,1 % (Vergleich mit offensiver Variante) zu erklären.

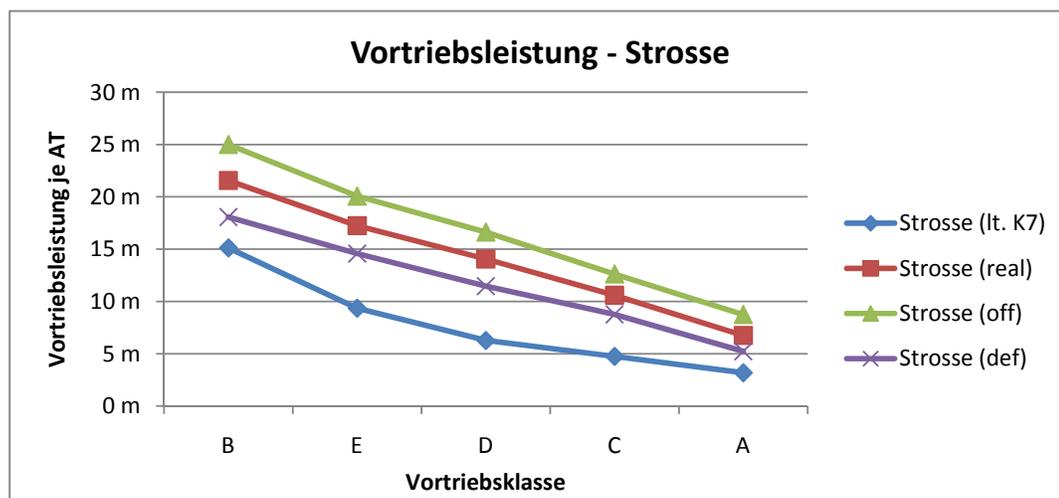


Abb. 5.8: Bandbreite Vortriebsleistung Strosse

Die soeben genannten Gründe sind teilweise sicherlich auch für die Abweichungen der Leistungen im Sohlvortrieb verantwortlich.

<sup>67</sup> estimation, engl. = Schätzung, Bewertung (Langenscheidts Großes Wörterbuch Englisch – Deutsch, Langenscheidt KG, Berlin und München, 1996)

Weiters ist zu berücksichtigen, dass sich die Ausbruchflächen in den ausgewählten Vortriebsklassen zwischen 1,82 m<sup>2</sup> und 16,61 m<sup>2</sup> bewegen und somit fast um den Faktor 10 schwanken. Die mittlere Abweichung der Ausbruchfläche mit 5,99 m<sup>2</sup> ist dadurch auch bereits beträchtlich und sicherlich auch mitverantwortlich dafür, dass die berechneten Leistungswerte durchschnittlich um 284,7 % differieren.

Die extrem hohen Abweichungen in den niedrigen Vortriebsklassen (VKL Sohle 1/1 bzw. 2/2) sind dadurch zu begründen, dass die Ausbruchfläche der Sohle in diesen Klassen mit 1,82 m<sup>2</sup> bzw. 3,66 m<sup>2</sup> sehr gering sind und daher als Ergebnis der Berechnung solche extrem hohen, theoretisch zwar möglichen, praktisch jedoch nicht realisierbare Leistungen zustande kommen.

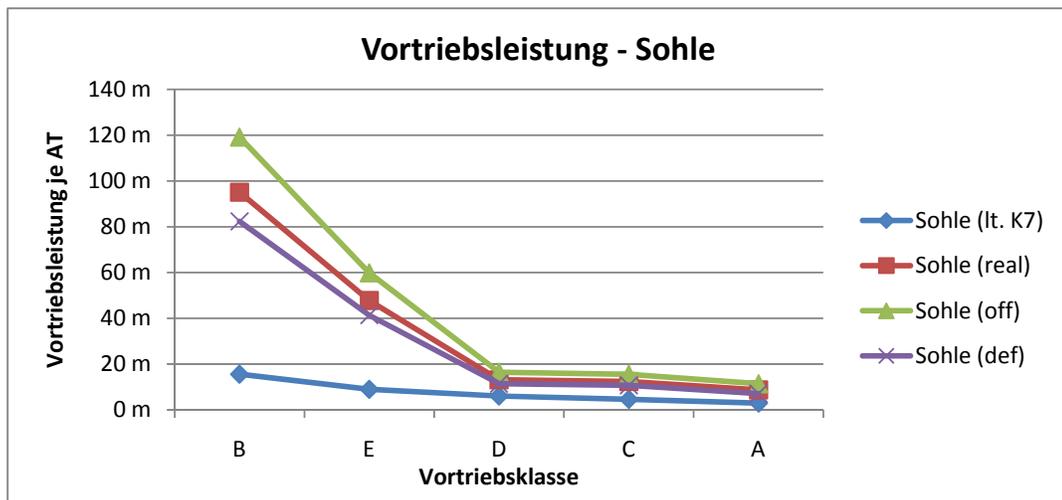


Abb. 5.9: Bandbreite Vortriebsleistung Sohle

Bei der Analyse der K7-Formblätter ist aufgefallen, dass in den Positionen für den Stützmitteleinbau, insbesondere bei Ankern und Spießern, keine Lohnanteile für den Einbau eingerechnet sind, sondern diese bereits in den Ausbruchpositionen integriert sind. Darin sind strategische Gründe zu sehen, da somit bei Entfall des Einbaus von Ankern und Spießern zwar der Materialaufwand nicht abgerechnet werden kann, trotzdem jedoch der Aufwand an Lohnstunden, der dafür notwendig gewesen wäre, erwirtschaftet wird. Um dadurch keine Verzerrung der Ergebnisse zu schaffen, wurden in den folgenden Abbildungen nur die berechneten Personalkosten und die Werten der K7-Blätter verglichen.

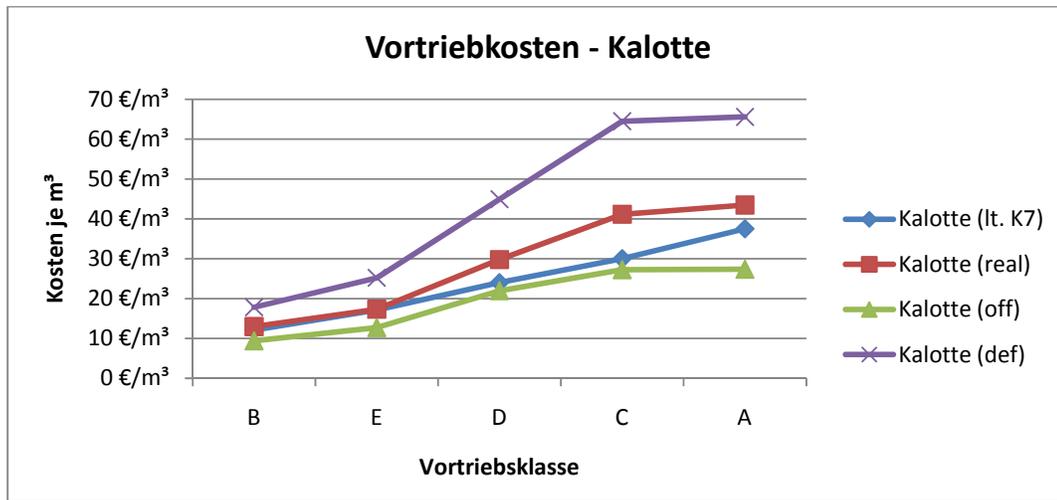


Abb. 5.10: Bandbreite Vortriebskosten Kalotte

Die Bandbreite der Kosten für den Strossenvortrieb entspricht grundsätzlich den kalkulierten Kosten. Der deutliche Kostenanstieg in der Vortriebsklasse A liegt eventuell daran, dass diese im Vergleich zu den Vortriebsklassen B-E als einzige nicht im Sprengvortrieb sondern als reine Baggerklasse aufgefahen wird. Diese Verteuerung beruht darauf, dass trotz der deutlich geringeren Ausbruchskubatur in diesem Bereich die Löse- und Schuttenarbeiten mittels Bagger knapp die doppelte Zeit benötigen wie das Sprengen und Schuttern in vergleichbaren Vortriebsklassen.

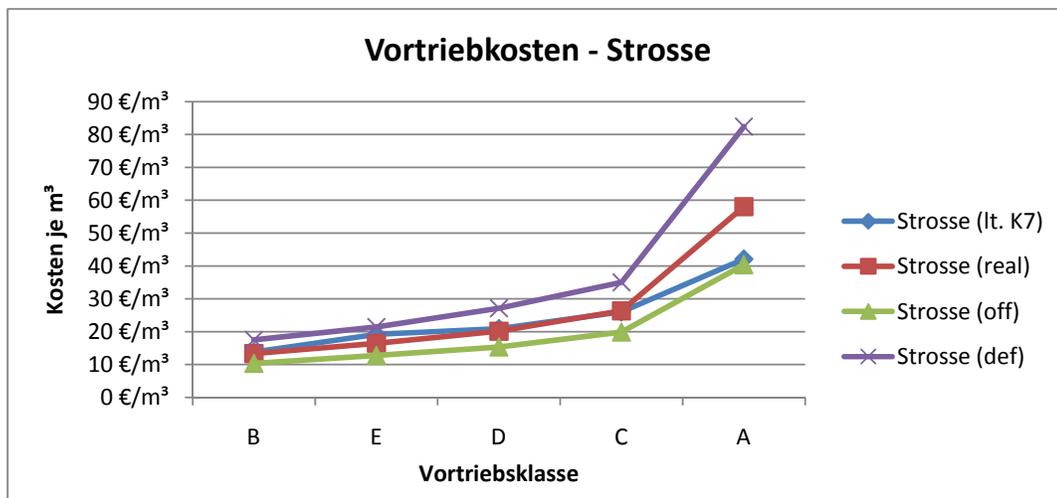


Abb. 5.11: Bandbreite Vortriebskosten Strosse

Die Vortriebskosten der Sohle im Bereich der Klassen B-E sind völlig ident, einzig die Vortriebsklasse A weist einen deutlichen Kostenanstieg auf. Die höheren Kosten dieser Vortriebsklasse sind jedoch darauf zurückzuführen, dass diese Klasse mit 16,61 m² die größte Ausbruchfläche aller Sohlquerschnitte aufweist und zusätzlich die einzige ist, in welcher der Einbau von Baustahlgitter und Spritzbeton für den Sohlvortrieb nötig ist. Generell ist hinsichtlich der etwas höheren Preisen gegenüber der Kalkulation anzumerken,

dass normalerweise für den Sohlvortrieb, durch den geringeren Aufwand an Stütze- und Sicherungsmaßnahmen, nicht dieselbe Anzahl an Personal notwendig ist, wie für den Vortrieb der Kalotte oder Strosse. Im Berechnungsprogramm hingegen wird auch für die Sohle von derselben Mannschaftsstärke ausgegangen.

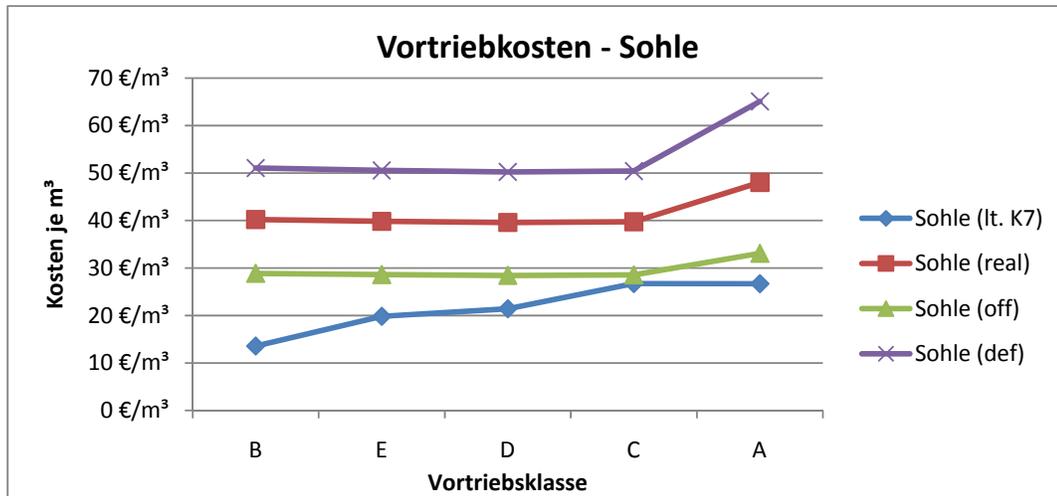


Abb. 5.12: Bandbreite Vortriebskosten Sohle

## 5.4 Weiterentwicklung und Optimierungspotential

Großes Weiterentwicklungspotential besteht hinsichtlich der flexiblen Festlegung der Anzahl an Vortriebsklassen. Durch die Festlegung des Berechnungsprogramms auf fünf Vortriebsklassen können zwar Projekte mit einer geringeren Vortriebsklassenanzahl einfach durch Nichtberücksichtigung der überschüssigen Tabellenblätter abgedeckt werden, bei einer höheren Anzahl an Vortriebsklassen jedoch ist derzeit die einzige Möglichkeit die Anlegung einer oder mehrerer zusätzlicher Dateien. In diesem Fall müssen die Kostenanteile sowie die Vortriebsdauern addiert werden, um diesbezüglich eine aussagekräftige Auswertung zu erhalten.

Eine Berücksichtigung der Baustellengemeinkosten sowie der zeitgebundenen Kosten des Vortriebs wäre, aus derzeitiger Sicht der nächste logische Schritt der Erweiterung des Berechnungsprogramms. Dies war anfangs auch angedacht, jedoch hat sich nach intensiver Recherche und zahlreichen Überlegungen herausgestellt, dass sich das aus folgenden Gründen nicht verwirklichen lässt:

- ◆ unterschiedliche Größen der Baustellen
- ◆ verschiedene Bestimmungszwecke und Nutzungsanforderungen der Tunnel- und Stollenbauten
- ◆ die Baustellengemeinkosten bestehen aus linear (z.B. Betriebskosten der Baustelle) bzw. nicht-linear (z.B. Finanzierungskosten) ansteigenden Kostenanteilen

Die einfache Möglichkeit diese zusätzlichen Kosten mittels Faktor auf die Kosten des Vortriebs aufzuschlagen wäre aus den oben genannten Gründen daher nur bedingt möglich, da durch die Vielzahl an Einflüssen eine hohe Ungenauigkeit entstehen würde. Deshalb wurde vorerst auf eine Berücksichtigung dieser Kostenanteile verzichtet. Die Ermittlung der Kosten für Innenschaleneinbau sowie sämtliche Ausrüstungsarbeiten sowohl im Bereich des Oberbaus (Gleisarbeiten bzw. Einbau von Fahrbahnschichten) als auch die Steuerungs- und Regeltechnik für die Verkehrssicherheit wurde ebenfalls nicht berücksichtigt.

Die derzeitige Geräteliste wurde auf die Bedürfnisse dieser Diplomarbeit abgestimmt und bedarf bei der praktischen Anwendung dieses Berechnungsprogramms noch einer Erweiterung.

Besonders während der Validierung des Berechnungsprogramms sind zusätzlich noch einige Punkte aufgefallen, die einer Optimierung unterzogen werden sollten. So ist es derzeit nur möglich, für jeden Anker- bzw. Spießtyp eine bestimmte Länge einzugeben. Falls jedoch im gleichen Abschlag Anker oder Spieße desselben Typs mit verschiedener Länge (z.B. VKL K7/10,41: SN Mörtelanker 250kN, L=4m bzw. L=6m, siehe Anhang C – Stützmittelpläne) eingebaut werden, muss eine fiktive mittlere Länge händisch berechnet und in die Eingabemaske eingetragen werden.

Weiters ist die Ermittlung der Menge an Ankerplatten an die Gesamtmenge (Profilanker und Ortsbrustanker) der eingebauten Anker je Abschlag gekoppelt. Dies ist jedoch nur ein theoretisch richtiger Ansatz, da nach Analyse der Stützmittelpläne aufgefallen ist, dass für die Profilanker keine eigenen Ankerplatten in der Vortriebsklassenermittlung aufscheinen und auch für die Ortsbrustanker jeweils nur halb so viele Ankerplatte wie Anker pro Abschlag in der Berechnung aufscheinen. Auf Seiten der Profilanker ist dies damit erklärbar, dass im Bewertungsfaktor  $I_t$  ÖNORM B 2203-1 das obligatorische Versetzen einer Ankerplatte bereits mit einbezogen ist, da in diesem Bereich jedenfalls eine Ankerplatte notwendig ist, um die Tragwirkung der Anker zu aktivieren. Für die Ortsbrustanker hingegen könnte die geringere Menge an Ankerplatten darauf zurückzuführen sein, dass eine Hälfte der Anker jeweils im Abschlag verbleibt, während die andere Hälfte neu eingebaut wird und dementsprechend auch neue Ankerplatten zu versetzen sind.

Da die Spritzbeton- und die Bewehrungsstahlmenge in der Ortsbrust weder der Ausbruchfläche noch der Bewertungsfläche entsprechen, muss auch hier die ursprünglich angesetzte Menge (entspricht Ausbruchsquerschnitt) händisch überschrieben werden. Ergänzungsbedarf besteht weiters bei der Auswahl der verschiedenen Bogentypen, da

zurzeit nur die Berücksichtigung von häufig verwendeten Tunnelbögen<sup>68</sup> möglich ist. Bei Verwendung von Bögen, die in dieser Liste nicht vorhanden sind, ist eine manuelle Erweiterung der Auswahl notwendig.

In manchen Vortriebsklassen ist die geomechanische Notwendigkeit der Herstellung eines Stützkerns bei den Kalottenvortriebsarbeiten gegeben. Da dieser jedoch nicht als eigene Maßnahme zur Stützung oder Sicherung des Vortriebs in Tab. 3 der ÖNORM B 2203-1 angeführt ist, wurde dies nicht in der Tabelle zur Ermittlung der Vortriebsklasse berücksichtigt. Um dennoch die korrekte 2. Ordnungszahl zu berechnen, fließt der Stützkern als Teilfläche in die Berechnung ein, da hierfür derselbe Bewertungsfaktor (lt. Recherche in den vorliegenden Ausschreibungsplänen) zur Anwendung kommt. Nachteilig dabei ist jedoch, dass der Stützkern als Möglichkeit zur temporären Stützung der Ortsbrust nicht in die Leistungsermittlung einfließt. Andererseits wirkt sich der Stützkern nicht unbedingt negativ auf die Vortriebsleistung aus, sondern kann diese eventuelle sogar positiv beeinflussen. Beispielsweise können durch den Stützkern Erleichterungen beim Bogen- und Bewehrungsmatteneinbau entstehen, da dieser als Arbeitsplattform genutzt werden kann. Möglicherweise ist dies auch der Grund, warum der Stützkern in der ÖNORM B 2203-1 keinerlei Erwähnung findet.

Seitens der Eingabe der globalen Berechnungsvariablen besteht noch Handlungsbedarf speziell im Bereich der Kosten für Anker und Spieße. Im Zuge der Berechnungsarbeiten hat sich herausgestellt, dass sich dafür die Kosten je Stück als Eingangseinheit für die Berechnung besser eignen würden, da im gegenwärtigen Fall sämtliche Teile (Bohrkrone, Bohrstahl, Muffen, Mutter) auf Kosten je Meter umgelegt werden müssen.

Letztendlich wäre es u.U. auch notwendig, verschieden Leistungs- und Kostenansätze für die unterschiedlichen Teilquerschnitte im Berechnungsprogramm zu berücksichtigen, um dadurch die Vorgänge und Abläufe während des Vortriebs realitätsnäher abbilden zu können.

---

<sup>68</sup> Quelle: [www.alwag.com](http://www.alwag.com) (14.09.2010, 18:35)

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Zuge der Erstellung der vorliegenden Diplomarbeit wurde ein Berechnungsprogramm zur Kosten- und Leistungsermittlung erstellt. Dieses Programm dient der Abwicklung verschiedener Berechnungsszenarien in der Angebotsphase und soll somit als Entscheidungshilfe für die weitere Vorgehensweise der Projektbearbeitung herangezogen werden können.

Im praktischen Teil dieser Arbeit wurde eine Variantenstudie, angelehnt an bereits abgewickelte Tunnelbauprojekte, exemplarisch für fünf verschiedene Vortriebsklassen je Teilquerschnitt durchgeführt. Die dafür getroffenen einheitlichen Leistungsansätze für Kalotte, Strosse und Sohle sind jedoch nur im Ausnahmefall zielführend. In einer zukünftigen Version des Berechnungsprogramms wäre diese Harmonisierung durch die Möglichkeit der Berücksichtigung verschiedener Leistungsparameter zu erweitern. Zur Validierung der Berechnungsergebnisse wurden diese mit den Daten einer Angebotskalkulation verglichen.

Mit dem vorliegenden Berechnungsprogramm wurde ein erster Schritt in Richtung eines Instruments zur unkomplizierten, raschen und flexibel einsetzbaren Kosten- und Leistungsabschätzung für die Angebotsphase gesetzt.

Dieses Hilfsmittel soll sich auch im praktischen Einsatz für zukünftige Tunnelbauprojekte bewähren und dort vorteilhaft eingesetzt werden können. Um dies zu ermöglichen wäre nun eine Testphase notwendig, in der das Programm von praxiserfahrenen Personen auf seine Gebrauchstauglichkeit getestet wird. Dadurch könnte in weiterer Folge noch genauer auf die Bedürfnisse der Kalkulation einzelner Projekte eingegangen und die Berechnung dahingehend verfeinert werden. Dies würde einen großen Teil zu einer weiteren Verbesserung der ohnehin bereits sehr positiven Berechnungsergebnisse beitragen. Zusätzlich könnte dadurch eine Sensibilisierung hinsichtlich leistungs- und kostenkritischer Vorgänge geschaffen werden, um diese genauer in die Berechnung einfließen zu lassen.

## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Tronquoy-Tunnel im Kanal St. Quentin (Frankreich, 1803).....	5
Abb. 2.2: Voraussetzungen für die NÖT .....	8
Abb. 2.3: Schema Einbau bewehrte Innenschale .....	10
Abb. 2.4: Betonierschema Schalwagen .....	11
Abb. 2.5: Standardschema Innenschaleneinbau WDI – Österreich.....	11
Abb. 2.6: Standardschema Innenschaleneinbau – Deutschland .....	11
Abb. 2.7: Tunnelbautechnische Begriffe – Querschnitt.....	12
Abb. 2.8: Tunnelbautechnische Begriffe – Längsschnitt.....	12
Abb. 2.9: Ausbaukennlinien (Zusammenhang zw. Verformung und Ausbauwiderstand)...	14
Abb. 2.10: Vortriebsklassenmatrix für Vortrieb der Kalotte, der Strosse oder der Kalotte mit Strosse.....	17
Abb. 2.11: Vortriebsklassenmatrix für Vortrieb der Sohle .....	18
Abb. 3.1: BE-Fläche im innerstädtischen Bereich.....	22
Abb. 3.2: Seicht liegender, innerstädtischer Tunnel.....	22
Abb. 3.3: Übersichtsplan Gotthard-Basistunnel .....	23
Abb. 3.4: Wirtschaftl. Einsatzbereich der Vortriebsverfahren (abh. von der Projektlänge).....	28
Abb. 3.5: Bau- und Sicherungsmethoden bei geschl. Bauweise im Lockergestein.....	28
Abb. 3.6: Bau- und Sicherungsmethoden bei geschl. Bauweise im Fels .....	29
Abb. 3.7: Entwässerungssystem eines alten Eisenbahntunnels.....	30
Abb. 3.8: Wassermessstellen bei der Auffahrung eines Tunnels .....	30
Abb. 3.9: Arbeitsschritte im zyklischen Vortrieb .....	33
Abb. 3.10: Hydraulikbagger beim Öffnen der Ortsbrust.....	34
Abb. 3.11: TSM-Ausleger mit Excavator oder Schrämkopf .....	34
Abb. 3.12: TSM mit Querschneidkopf .....	35
Abb. 3.13: Häggloader.....	37
Abb. 3.14: Bohrwagen beim Einbringen von Ortsbrustankern.....	37
Abb. 3.15: Bohrschema mit Bohrarmspuren .....	37
Abb. 3.16: Spritzmobil beim Aufbringen des Spritzbetons in der Kalottenlaibung.....	41
Abb. 3.17: Hebebühne.....	42
Abb. 3.18: Gliederung Personal .....	44
Abb. 4.1: ÖGG-Richtlinie – Phase 1 (Planung).....	51
Abb. 4.2: ÖGG-Richtlinie – Phase 2 (Bauausführung).....	52
Abb. 4.3: Eingabe Anker und Spieße .....	56
Abb. 4.4: Eingabe Baustahlgitter.....	57
Abb. 4.5: Abrechnungslinien.....	59
Abb. 4.6: Auswahl Druckbereich .....	63
Abb. 4.7: Eingabe Mixed-Face-Vortrieb .....	64
Abb. 4.8: Eingabe Abbruch EKS .....	65
Abb. 4.9: Zyklusdauer.....	65
Abb. 4.10: Übersicht Vortriebsdauer .....	65
Abb. 4.11: Gegenüberstellung Personalkosten.....	66
Abb. 5.1: Stützmittlermittlung für einige Vortriebsklassen.....	68
Abb. 5.2: Leistungsermittlung Kalotte VKL 7/18,62.....	69
Abb. 5.3: Leistungsermittlung Strosse VKL 4/9,08.....	70
Abb. 5.4: Leistungsermittlung Sohle VKL 5/4.....	71
Abb. 5.5: Ausbruchkosten (a) mit erster Annahme der MLK und (b) nach Veränderung der MLK um 10 % (in offensiver bzw. defensiver Variante) .....	73

Abb. 5.6: Kostengenauigkeit in den einzelnen Projektbearbeitungsphasen.....	74
Abb. 5.7: Bandbreite Vortriebsleistung Kalotte .....	75
Abb. 5.8: Bandbreite Vortriebsleistung Strosse .....	76
Abb. 5.9: Bandbreite Vortriebsleistung Sohle .....	77
Abb. 5.10: Bandbreite Vortriebskosten Kalotte .....	78
Abb. 5.11: Bandbreite Vortriebskosten Strosse .....	78
Abb. 5.12: Bandbreite Vortriebskosten Sohle .....	79

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Vor- und Nachteile der NÖT.....	14
Tab. 2.2: Vergleichsdarstellung ÖNORM B 2203-1 - KLIMT .....	20
Tab. 3.1: Wassererschwerternisklassen.....	31
Tab. 3.2: Abminderungsfaktoren bei Wassererschwerternis .....	32
Tab. 3.3: Übersicht der Schuttermöglichkeiten (Quellen: [6], [17]) .....	39
Tab. 3.4: Gegenüberstellung von gleisloser und gleisgebundener Schutterung .....	40
Tab. 3.5: Gegenüberstellung von Trocken- und Nassspritzverfahren .....	41
Tab. 3.6: Grundformel Mittellohnpreis .....	45
Tab. 3.7: Zahlungsplan für Baustellengemeinkosten .....	47
Tab. 4.1: Übersicht Gerätekosten .....	66
Tab. 5.1: Übersicht Vortriebsklassenwechsel durch geänderte Stützmittel.....	72
Tab. 5.2: Vergleich mittlere Vortriebsgeschwindigkeiten .....	73
Tab. 5.3: Auswertung der Abweichungen .....	74
Tab. 5.4: Charakteristika der Teilquerschnitte .....	75

## 7.3 Formelverzeichnis

(1) Ermittlung der Stützmittelzahl .....	16
(2) Vortriebszeit mit Wassererschwerternis.....	31
(3) kalk. Abschreibung (NWM) .....	45
(4) kalk. Verzinsung (NWM) .....	45
(5) Reparaturanteil (NWM) .....	45
(6) kalk. AV (ÖBGL).....	46
(7) Reparaturanteil (ÖBGL) .....	46

## 7.4 Quellenverzeichnis

- [1] ASFINAG Bau Management GmbH, Schnellstraßentunnel, Bauprojekt 2004
- [2] Austrian National Comitee of ITA – ITA Austria: The Austrian Art of Tunnelling in Construction, Consulting and Research, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2008
- [3] Bundesanstalt für Straßenwesen, *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZVT-ING*, Teil 5 „Tunnelbau“, Abschnitt 1 „Geschlossene Bauweise“, Stand 01/03
- [4] Bartz, Wilfried und Wippler, Elmar (Hrsg.): *Fels- und Tunnelbau II*, expert verlag, Renningen, 2007
- [5] Fachverband der Bauindustrie der Wirtschaftskammer Österreich, *Österreichische Baugeräteliste ÖBGL 2009*, 1. Auflage, Bauverlag BV GmbH, Gütersloh, 2009
- [6] Girmscheid, Gerald: *Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau*, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2000
- [7] Kolymbas, Dimitrios: *Geotechnik – Tunnelbau und Tunnelmechanik*, Springer-Verlag, Berlin, 1998
- [8] Kovári, Kalman: *Geschichte der Spritzbetonbauweise, Teil I-IV, Meilensteine der Entwicklung bis 1960*, Bauverlag BV GmbH, Tunnel, 2002
- [9] Maidl, Bernhard: *Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band I*, 3. Auflage, Verlag Glückauf, Essen, 2004
- [10] Maidl, Bernhard: *Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus, Band II*, 3. Auflage, Verlag Glückauf, Essen, 2004
- [11] Maidl, Bernhard: *Tunnelbau im Sprengvortrieb*, Springer Verlag, Heidelberg, 1997
- [12] Müller, Leopold: *Der Felsbau, Dritter Band: Tunnelbau*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1978
- [13] ÖBB – Infrastruktur AG, Geschäftsbereich Neu- und Ausbau: *Koralmbahn Graz – Klagenfurt, Ausschreibung Koralmtunnel Baulos KAT 2*, 2009
- [14] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauwerken mit zyklischem Vortrieb*, 2. überarbeitete Auflage, Salzburg, 2008

- [15] Österreichisches Normungsinstitut, ÖNORM B 2061, *Preisermittlung für Bauleistungen*, Wien, i.d.F. 1999-09-01
- [16] Österreichisches Normungsinstitut, ÖNORM B 2203-1, *Untertagearbeiten – Werkvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb*, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, i.d.F. 2001-12-01
- [17] Quellmelz, Friedrich: *Die Neue Österreichische Tunnelbauweise*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1987
- [18] Schlosser, Wolfgang: *Vortriebsklassifizierung im konventionellen Tunnelbau (Dissertation)*, TU Wien, 2005
- [19] Striegler, Werner: *Tunnelbau*, 1. Auflage, Verlag für Bauwesen GmbH, Berlin, 1993
- [20] TU Wien, Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Vorlesungsunterlagen *Bauverfahren im Tunnel- und Hohlraumbau*, 2007
- [21] TU Wien, Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Vorlesungsunterlagen *Bauverfahrenstechnik*, 2007
- [22] TU Wien, Institut für Geotechnik, Vorlesungsunterlagen *Fels- und Tunnelbau, Teil 3 – Tunnelbau im Festgestein und Lockergestein*, 2010

## **8 Anhang**

### **8.1 Anhang A – Berechnungsparameter**

Hier sind die der Berechnung zugrundeliegenden Leistungs- und Kostenansätze dargestellt.

### **8.2 Anhang B – Berechnungsergebnisse**

Dies beinhaltet ausgewählte Auszüge der:

- ◆ Vortriebsklassenermittlung für die Vortriebsklassen A – E in den Varianten *realistisch*, *offensiv* und *defensiv*
- ◆ Leistungsermittlung für die Vortriebsklassen A – E in den Varianten *realistisch*, *offensiv* und *defensiv*
- ◆ Übersicht der Vortriebsklassen und der Vortriebszeitenermittlung
- ◆ Kostenermittlung (Personal, Geräte, Material) für die Vortriebsklassen A – E in den Varianten *realistisch*, *offensiv* und *defensiv*
- ◆ Gesamtkostenübersicht
- ◆ Validierungsergebnisse

### **8.3 Anhang C – Stützmittelpläne**

- ◆ Vergleichsprojekt VKL K7/18,62 – ST5/9,08 – S5/4 (VKL A)
- ◆ Vergleichsprojekt VKL K3/1,39 – ST1/1,52 – S1/1 (VKL B)
- ◆ Vergleichsprojekt VKL K7/10,41 – ST5/4,18 – S4/3 (VKL C)
- ◆ Vergleichsprojekt VKL K6/6,27 – ST4/2,63 – S3/3 (VKL D)
- ◆ Vergleichsprojekt VKL K5/2,76 – ST3/1,90 – S2/2 (VKL E)

### **8.4 Anhang D – Auszüge aus der ÖNORM B 2203-1**

# **Anhang A**

## Berechnungsparameter

Anhang A

Berechnungsparameter

1. Allgemeine Leistungsparameter

1.1 Bohren

	realistische Variante			offensive Variante			defensive Variante			Anmerkungen
	Ortsbrust	Anker	Spieße	Ortsbrust	Anker	Spieße	Ortsbrust	Anker	Spieße	
Nettobohrleistung je Bohrarm	150,0 m/h	150,0 m/h	150,0 m/h	200,0 m/h	200,0 m/h	200,0 m/h	100,0 m/h	100,0 m/h	100,0 m/h	
Anzahl Bohrarmler	3 Stk	3 Stk	3 Stk	3 Stk	3 Stk	3 Stk	3 Stk	3 Stk	3 Stk	
Ausnutzung	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %	90 %	90 %	90 %	
	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	85 %	85 %	85 %	
	85 %	85 %	85 %	90 %	90 %	90 %	80 %	80 %	80 %	
Nettobohrleistung gesamt	405,0 m/h	405,0 m/h	405,0 m/h	550,0 m/h	550,0 m/h	550,0 m/h	255,0 m/h	255,0 m/h	255,0 m/h	
Umsetzzeit pro Bohrloch	1,0 min	1,0 min	1,0 min	0,5 min	0,5 min	0,5 min	1,5 min	1,5 min	1,5 min	

1.2 Lösen

	realistische Variante	offensive Variante	defensive Variante	Anmerkungen
Löseleistung je Bagger	10 m³/h fest	12 m³/h fest	9 m³/h fest	
Anzahl Bagger	1 Stk	1 Stk	1 Stk	
Ausnutzung	85 %	90 %	80 %	
Löseleistung gesamt	9 m³/h	11 m³/h	7 m³/h	

1.3 Schuttern

	Ladegerät		Transp.gerät		Ladegerät		Transp.gerät		Ladegerät		Transp.gerät		Anmerkungen
	einachsig	fest	einachsig	fest	einachsig	fest	einachsig	fest	einachsig	fest	einachsig	fest	
Transportentfernung i.M.	20 m		1.200 m		20 m		1.200 m		10 m		1.200 m		
Geschwindigkeit i.M.	5 km/h		10 km/h		7 km/h		12 km/h		4 km/h		8 km/h		
Festzeiten gesamt	1,0 min		2,0 min		1,0 min		2,0 min		1,0 min		2,0 min		
			11,7 min				10,8 min				10,5 min		
Gerätekapazität	3,2 m³	lose	21,0 m³	lose	3,2 m³	lose	21,0 m³	lose	3,2 m³	lose	21,0 m³	lose	
Auflockerungsfaktor	1,50		1,50		1,50		1,50		1,50		1,50		
Geräteanzahl	1 Stk		3 Stk		1 Stk		3 Stk		1 Stk		4 Stk		
Geräteleistung	86 m³/h	fest	97 m³/h	fest	95 m³/h	fest	110 m³/h	fest	98 m³/h	fest	118 m³/h	fest	

1.4 Bogen

	realistische Variante	offensive Variante	defensive Variante	Anmerkungen
Versetzleistung über kg	275,0 kg/h	300,0 kg/h	250,0 kg/h	
Versetzleistung über m	60,0 m/h	70,0 m/h	50,0 m/h	

1.5 Baustahlgitter

	1. Lage		2. Lage		1. Lage		2. Lage		1. Lage		2. Lage		Anmerkungen
	kg/h												
Verlegeleistung mit Bogen	250,0 kg/h	300,0 kg/h	275,0 kg/h	325,0 kg/h	225,0 kg/h	275,0 kg/h	225,0 kg/h	275,0 kg/h	175,0 kg/h	225,0 kg/h	175,0 kg/h	225,0 kg/h	
Verlegeleistung ohne Bogen	200,0 kg/h	250,0 kg/h	225,0 kg/h	275,0 kg/h	175,0 kg/h	225,0 kg/h	175,0 kg/h	225,0 kg/h	125,0 kg/h	175,0 kg/h	125,0 kg/h	175,0 kg/h	
Verlegeleistung ohne Sohle	350,0 kg/h	400,0 kg/h	375,0 kg/h	425,0 kg/h	325,0 kg/h	375,0 kg/h	325,0 kg/h	375,0 kg/h	275,0 kg/h	325,0 kg/h	275,0 kg/h	325,0 kg/h	
Verlegeleistung Ortsbrust	300,0 kg/h	350,0 kg/h	325,0 kg/h	375,0 kg/h	275,0 kg/h	325,0 kg/h	275,0 kg/h	325,0 kg/h	225,0 kg/h	275,0 kg/h	225,0 kg/h	275,0 kg/h	
Verlegeleistung Zusatzbewehrung		50,0 kg/h		60,0 kg/h		60,0 kg/h		40,0 kg/h		40,0 kg/h		40,0 kg/h	

1.6 Spritzbeton

	realistische Variante	offensive Variante	defensive Variante	Anmerkungen
Spritzleistung je Maschine	12 m³/h	16 m³/h	8 m³/h	
Anzahl Maschinen	1 Stk	1 Stk	1 Stk	
Verfügbarkeit	90%	95%	85%	
Spritzleistung gesamt	10,8 m³/h	15,2 m³/h	6,8 m³/h	

1.7 Anker

	< 4,0 m			4,0 - 8,0 m			> 8,0 m			Anmerkungen
	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	
Einbau	4,0	5,0	6,0	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	
SWellex oder gleichwertiges	4,0	5,0	6,0	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	
SN Mörtelanker	4,0	5,0	6,0	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	
Selbstbohranker	4,0	5,0	6,0	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	
Verpressrohranker	4,0	5,0	6,0	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	
Vorgespannte Mörtelanker	4,0	5,0	6,0	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	
Ortsbrustanker			6,0			5,0			7,0	
Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung			1,0			0,5			1,5	
Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung			3,0			2,0			4,0	

1.8 Spieße

	< 4,0 m			4,0 - 8,0 m			> 8,0 m			Anmerkungen
	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	min/Stk	
Einbau	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	
Rammspieße	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	
unvermörtelte Spieße	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	
vermörtelte Spieße	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	
Selbstbohrspieße	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	
Verpreßrohrspieße	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	

1.9 Dielen

	realistische Variante	offensive Variante	defensive Variante	Anmerkungen
Versetzleistung über m²	25,0 m²/h	30,0 m²/h	20,0 m²/h	



# **Anhang B**

## Berechnungsergebnisse

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 1,00 m  
 Ausbruchquerschnitt 58,31 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 43,53 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 17,10 m

## Kalotte - Ausbau A (realistisch)

1. Ordnungszahl = 7

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen			Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)
Anker	Swellex oder gleichwertiges		0,8	m		0,00	0,00	0,00
	SN Mörtelanker		1,1	m		0,00	0,00	0,00
	Selbstbohranker		1,7	m		63,00	63,00	107,10
	Verpressrohranker		2,0	m		0,00	0,00	0,00
	Vorgespannte Mörtelanker		2,5	m		0,00	0,00	0,00
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag		8,0	ST	<sup>1)</sup>	12,00	12,00	96,00
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung		1,7	ST	<sup>2)</sup>	6,00	6,00	10,20
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung		5,0	ST	<sup>2)</sup>	0,00	0,00	0,00
Spiesse	Rammspiesse		0,5	m		0,00	0,00	0,00
	unvermörtelte Spiesse		0,6	m		0,00	0,00	0,00
	vermörtelte Spiesse		0,9	m		0,00	0,00	0,00
	Selbstbohrspiesse		1,3	m		164,00	164,00	213,20
	Verpressrohrspiesse		1,6	m		0,00	0,00	0,00
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl			0,1	kg		0,00	0,00	0,00
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	17,10	17,10	17,10
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	17,10	17,10	25,65
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	0,00	0,00	0,00
	Kalottensohle		0,8	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	22,68	22,68	18,14
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung		2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3), 4)</sup>	45,40	45,40	90,80
Bogen- und Lastverteiler	Ja	Abstand	1,00 m	2,0	m	17,10	17,10	34,20
			0,25 m	20,0	m <sup>3</sup>	4,28	4,28	85,50
Spritzbeton	Kalotte und Strosse		0,25 m	20,0	m <sup>3</sup>	4,28	4,28	85,50
	Kalottensohle, Kalottenfuß			12,0	m <sup>3</sup>	2,27	2,27	27,24
	Ortsbrust	0,10 m	14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	4,54	4,54	63,56
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch		14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5), 6)</sup>	0,00	0,00	0,00
Verformungsschlitze	ohne Stauchelemente		3,5	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00
	mit Stauchelementen		5,0	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00
Getriebedielen			5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00
Fußpfähle	Fußpfähle $\varnothing \leq 38$ mm		4,5	m		0,00	0,00	0,00
	Fußpfähle $\varnothing \geq 38$ mm		5,0	m		0,00	0,00	0,00
Teilflächen			22,0	ST	<sup>8)</sup>	1,00	1,00	22,00
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung			50,0	m	<sup>9)</sup>	0,00	0,00	0,00
Abbruch Kalottensohlgewölbe beim Strossenvortrieb			50,0	m	<sup>10)</sup>	0,00	0,00	0,00
							Summe =	810,69

<sup>1)</sup> Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

<sup>3)</sup> Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

<sup>4)</sup> Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

<sup>5)</sup> Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

<sup>6)</sup> Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

<sup>7)</sup> Laufmeter Schlitzlänge

<sup>8)</sup> Es werden nur Teilausbrüche aus Teilflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

<sup>9)</sup> Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

<sup>10)</sup> Länge des Kalottensohlgewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 18,62

Ausbruchklasse 7 / 18,62

Untergrenze	17,32
Obergrenze	19,92

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 1,00 m  
 Ausbruchquerschnitt 58,31 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 43,53 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 17,10 m

## Kalotte - Ausbau A (offensiv)

1. Ordnungszahl = 7

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen				Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)	
Anker	Swellex oder gleichwertiges			0,8	m		0,00	0,00	0,00	
	SN Mörtelanker			1,1	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohranker			1,7	m		50,40	50,40	85,68	
	Verpressrohranker			2,0	m		0,00	0,00	0,00	
	Vorgespannte Mörtelanker			2,5	m		0,00	0,00	0,00	
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag			8,0	ST	<sup>1)</sup>	9,60	9,60	76,80	
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung			1,7	ST	<sup>2)</sup>	4,80	4,80	8,16	
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung			5,0	ST	<sup>2)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Spiesse	Rammspiesse			0,5	m		0,00	0,00	0,00	
	unvermörtelte Spiesse			0,6	m		0,00	0,00	0,00	
	vermörtelte Spiesse			0,9	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohrspiesse			1,3	m		131,20	131,20	170,56	
	Verpressrohrspiesse			1,6	m		0,00	0,00	0,00	
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl				0,1	kg		0,00	0,00	0,00	
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		17,10	17,10	17,10	
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		17,10	17,10	25,65	
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		0,00	0,00	0,00	
	Kalottensohle			0,8	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		22,68	22,68	18,14
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung			2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3), 4)</sup>		45,40	45,40	90,80
Bogen- und Lastverteiler	Ja	Abstand	1,00 m	2,0	m		17,10	17,10	34,20	
Spritzbeton	Kalotte und Strosse		0,20 m	20,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	3,42	3,42	68,40	
	Kalottensohle, Kalottenfuß			12,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	1,82	1,82	21,79	
	Ortsbrust		0,08 m	14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	3,63	3,63	50,85	
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch			14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5), 6)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Verformungsschlitze	ohne Stauchelemente			3,5	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	mit Stauchelementen			5,0	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Getriebedielen				5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00	
Fußpfähle	Fußpfähle Ø ≤ 38 mm			4,5	m		0,00	0,00	0,00	
	Fußpfähle Ø ≥ 38 mm			5,0	m		0,00	0,00	0,00	
Teilflächen				22,0	ST	<sup>8)</sup>	0,80	0,80	17,60	
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung				50,0	m	<sup>9)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb				50,0	m	<sup>10)</sup>	0,00	0,00	0,00	
								Summe =	685,73	

<sup>1)</sup> Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

<sup>3)</sup> Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

<sup>4)</sup> Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

<sup>5)</sup> Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

<sup>6)</sup> Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

<sup>7)</sup> Laufmeter Schlitzlänge

<sup>8)</sup> Es werden nur Teilausbrüche aus Teilflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

<sup>9)</sup> Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

<sup>10)</sup> Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 15,75

Ausbruchklasse 7 / 15,75

Untergrenze	14,45
Obergrenze	17,05

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 1,00 m  
 Ausbruchquerschnitt 58,31 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 43,53 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 17,10 m

## Kalotte - Ausbau A (defensiv)

1. Ordnungszahl = 7

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen			Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)	
Anker	Swellex oder gleichwertiges		0,8	m		0,00	0,00	0,00	
	SN Mörtelanker		1,1	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohranker		1,7	m		75,60	75,60	128,52	
	Verpressrohranker		2,0	m		0,00	0,00	0,00	
	Vorgespannte Mörtelanker		2,5	m		0,00	0,00	0,00	
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag		8,0	ST	<sup>1)</sup>	14,40	14,40	115,20	
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung		1,7	ST	<sup>2)</sup>	7,20	7,20	12,24	
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung		5,0	ST	<sup>2)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Spiesse	Rammspiesse		0,5	m		0,00	0,00	0,00	
	unvermörtelte Spiesse		0,6	m		0,00	0,00	0,00	
	vermörtelte Spiesse		0,9	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohrspiesse		1,3	m		196,80	196,80	255,84	
	Verpressrohrspiesse		1,6	m		0,00	0,00	0,00	
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl			0,1	kg		0,00	0,00	0,00	
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	17,10	17,10	17,10	
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	17,10	17,10	25,65	
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Kalottensohle		0,8	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	22,68	22,68	18,14	
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung		2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3), 4)</sup>	45,40	45,40	90,80	
Bogen- und Lastverteiler	Ja	Abstand	1,00 m	2,0	m	17,10	17,10	34,20	
	Spritzbeton		0,30 m	20,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	5,13	5,13	102,60
Spritzbeton	Kalotte und Strosse		0,30 m	20,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	2,72	2,72	32,69
	Kalottensohle, Kalottenfuß			12,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	5,45	5,45	76,27
	Ortsbrust		0,12 m	14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	0,00	0,00	0,00
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch			14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5), 6)</sup>	0,00	0,00	0,00
Verformungsschlitze	ohne Stauchelemente		3,5	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	mit Stauchelementen		5,0	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Getriebedielen			5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00	
Fußpfähle	Fußpfähle $\varnothing \leq 38$ mm		4,5	m		0,00	0,00	0,00	
	Fußpfähle $\varnothing \geq 38$ mm		5,0	m		0,00	0,00	0,00	
Teilflächen			22,0	ST	<sup>8)</sup>	1,20	1,20	26,40	
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung			50,0	m	<sup>9)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Abbruch Kalottensohlgewölbe beim Strossenvortrieb			50,0	m	<sup>10)</sup>	0,00	0,00	0,00	
							Summe =	935,65	

<sup>1)</sup> Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

<sup>3)</sup> Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

<sup>4)</sup> Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

<sup>5)</sup> Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

<sup>6)</sup> Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

<sup>7)</sup> Laufmeter Schlitzlänge

<sup>8)</sup> Es werden nur Teilausbrüche aus Teilflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

<sup>9)</sup> Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

<sup>10)</sup> Länge des Kalottensohlgewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 21,49

Ausbruchklasse 7 / 21,49

Untergrenze	20,19
Obergrenze	22,79

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 1,00 m  
 Ausbruchsquerschnitt 17,76 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 13,76 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 5,22 m

## Strosse - Ausbau B (realistisch)

1. Ordnungszahl = 4

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen			Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)	
Anker	Swellex oder gleichwertiges		0,8	m		0,00	0,00	0,00	
	SN Mörtelanker		1,1	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohranker		1,7	m		18,00	18,00	30,60	
	Verpressrohranker		2,0	m		0,00	0,00	0,00	
	Vorgespannte Mörtelanker		2,5	m		0,00	0,00	0,00	
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag		8,0	ST	1)	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung		1,7	ST	2)	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung		5,0	ST	2)	0,00	0,00	0,00	
Spiesse	Rammspiesse		0,5	m		0,00	0,00	0,00	
	unvermörtelte Spiesse		0,6	m		0,00	0,00	0,00	
	vermörtelte Spiesse		0,9	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohrspiesse		1,3	m		0,00	0,00	0,00	
	Verpressrohrspiesse		1,6	m		0,00	0,00	0,00	
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl			0,1	kg		0,00	0,00	0,00	
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	3)	5,22	5,22	5,22	
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	3)	5,22	5,22	7,83	
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00	
	Kalottensohle		0,8	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00	
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung		2,0	m <sup>2</sup>	3), 4)	0,00	0,00	0,00	
Bogen- und Lastverteiler	Ja	Abstand	1,00 m	2,0	m	5,22	5,22	10,44	
	Spritzbeton		0,20 m	20,0	m <sup>3</sup>	5)	1,04	1,04	20,88
Spritzbeton	Kalotte und Strosse		0,20 m	20,0	m <sup>3</sup>	5)	1,04	1,04	20,88
	Kalottensohle, Kalottenfuß			12,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00	0,00
	Ortsbrust		0,00 m	14,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00	0,00
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch			14,0	m <sup>3</sup>	5), 6)	0,00	0,00	0,00
Verformungsschlitze	ohne Stauchelemente		3,5	m	7)	0,00	0,00	0,00	
	mit Stauchelementen		5,0	m	7)	0,00	0,00	0,00	
Getriebedielen			5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00	
Fußpfähle	Fußpfähle $\varnothing \leq 38$ mm		4,5	m		0,00	0,00	0,00	
	Fußpfähle $\varnothing \geq 38$ mm		5,0	m		0,00	0,00	0,00	
Teifflächen			22,0	ST	8)	0,00	0,00	0,00	
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung			50,0	m	9)	0,00	0,00	0,00	
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb			50,0	m	10)	1,00	1,00	50,00	
							Summe =	124,97	

1) Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

2) Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

3) Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

4) Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

5) Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

6) Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

7) Laufmeter Schlitzlänge

8) Es werden nur Teilausbrüche aus Teifflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

9) Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

10) Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 9,08

Ausbruchklasse 4 / 9,08

Untergrenze	8,48
Obergrenze	9,68

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 1,00 m  
 Ausbruchsquerschnitt 17,76 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 13,76 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 5,22 m

## Strosse - Ausbau B (offensiv)

1. Ordnungszahl = 4

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen				Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)	
Anker	Swellex oder gleichwertiges			0,8	m		0,00	0,00	0,00	
	SN Mörtelanker			1,1	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohranker			1,7	m		14,40	14,40	24,48	
	Verpressrohranker			2,0	m		0,00	0,00	0,00	
	Vorgespannte Mörtelanker			2,5	m		0,00	0,00	0,00	
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag			8,0	ST	<sup>1)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung			1,7	ST	<sup>2)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung			5,0	ST	<sup>2)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Spiesse	Rammspiesse			0,5	m		0,00	0,00	0,00	
	unvermörtelte Spiesse			0,6	m		0,00	0,00	0,00	
	vermörtelte Spiesse			0,9	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohrspiesse			1,3	m		0,00	0,00	0,00	
	Verpressrohrspiesse			1,6	m		0,00	0,00	0,00	
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl				0,1	kg		0,00	0,00	0,00	
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		5,22	5,22	5,22	
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		5,22	5,22	7,83	
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		0,00	0,00	0,00	
	Kalottensohle			0,8	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>		0,00	0,00	0,00
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung			2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3), 4)</sup>		0,00	0,00	0,00
Bogen- und Lastverteiler	Ja	Abstand	1,00 m	2,0	m		5,22	5,22	10,44	
Spritzbeton	Kalotte und Strosse		0,16 m	20,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	0,84	0,84	16,70	
	Kalottensohle, Kalottenfuß			12,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Ortsbrust		0,00 m	14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch			14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5), 6)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Verformungsschlitze	ohne Stauchelemente			3,5	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	mit Stauchelementen			5,0	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Getriebedielen				5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00	
Fußpfähle	Fußpfähle Ø ≤ 38 mm			4,5	m		0,00	0,00	0,00	
	Fußpfähle Ø ≥ 38 mm			5,0	m		0,00	0,00	0,00	
Teifflächen				22,0	ST	<sup>8)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung				50,0	m	<sup>9)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb				50,0	m	<sup>10)</sup>	0,80	0,80	40,00	
								Summe =	104,67	

<sup>1)</sup> Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

<sup>3)</sup> Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

<sup>4)</sup> Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

<sup>5)</sup> Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

<sup>6)</sup> Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

<sup>7)</sup> Laufmeter Schlitzlänge

<sup>8)</sup> Es werden nur Teilausbrüche aus Teifflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

<sup>9)</sup> Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

<sup>10)</sup> Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 7,61

Ausbruchklasse 4 / 7,61

Untergrenze	7,01
Obergrenze	8,21

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 1,00 m  
 Ausbruchsquerschnitt 17,76 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 13,76 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 5,22 m

## Strosse - Ausbau B (defensiv)

1. Ordnungszahl = 4

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen			Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)	
Anker	Swellex oder gleichwertiges		0,8	m		0,00	0,00	0,00	
	SN Mörtelanker		1,1	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohranker		1,7	m		21,60	21,60	36,72	
	Verpressrohranker		2,0	m		0,00	0,00	0,00	
	Vorgespannte Mörtelanker		2,5	m		0,00	0,00	0,00	
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag		8,0	ST	<sup>1)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung		1,7	ST	<sup>2)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung		5,0	ST	<sup>2)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Spiesse	Rammspiesse		0,5	m		0,00	0,00	0,00	
	unvermörtelte Spiesse		0,6	m		0,00	0,00	0,00	
	vermörtelte Spiesse		0,9	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohrspiesse		1,3	m		0,00	0,00	0,00	
	Verpressrohrspiesse		1,6	m		0,00	0,00	0,00	
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl			0,1	kg		0,00	0,00	0,00	
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	5,22	5,22	5,22	
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	5,22	5,22	7,83	
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Kalottensohle		0,8	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung		2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3), 4)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Bogen- und Lastverteiler	Ja	Abstand	1,00 m	2,0	m	5,22	5,22	10,44	
Spritzbeton	Kalotte und Strosse		0,24 m	20,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	1,25	1,25	25,06
	Kalottensohle, Kalottenfuß			12,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	0,00	0,00	0,00
	Ortsbrust		0,00 m	14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>	0,00	0,00	0,00
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch			14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5), 6)</sup>	0,00	0,00	0,00
Verformungsschlitz	ohne Stauchelemente		3,5	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
	mit Stauchelementen		5,0	m	<sup>7)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Getriebedielen			5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00	
Fußpfähle	Fußpfähle $\varnothing \leq 38$ mm		4,5	m		0,00	0,00	0,00	
	Fußpfähle $\varnothing \geq 38$ mm		5,0	m		0,00	0,00	0,00	
Teifflächen			22,0	ST	<sup>8)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung			50,0	m	<sup>9)</sup>	0,00	0,00	0,00	
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb			50,0	m	<sup>10)</sup>	1,20	1,20	60,00	
							Summe =	145,27	

<sup>1)</sup> Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

<sup>3)</sup> Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

<sup>4)</sup> Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

<sup>5)</sup> Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

<sup>6)</sup> Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

<sup>7)</sup> Laufmeter Schlitzlänge

<sup>8)</sup> Es werden nur Teilausbrüche aus Teifflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

<sup>9)</sup> Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

<sup>10)</sup> Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 10,56

Ausbruchklasse 4 / 10,56

Untergrenze	9,96
Obergrenze	11,16

ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 6,60 m  
 Ausbruchsquerschnitt 16,61 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 16,61 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 7,85 m

**Sohle - Ausbau A (realistisch)**

1. Ordnungszahl = 5

Ausbauart *Sohlgewölbe ohne Längsteilung*

**Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen**

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen			Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)	
Anker	Swellex oder gleichwertiges		0,8	m		0,00	0,00	0,00	
	SN Mörtelanker		1,1	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohranker		1,7	m		0,00	0,00	0,00	
	Verpressrohranker		2,0	m		0,00	0,00	0,00	
	Vorgespannte Mörtelanker		2,5	m		0,00	0,00	0,00	
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag		8,0	ST	1)	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung		1,7	ST	2)	0,00	0,00	0,00	
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung		5,0	ST	2)	0,00	0,00	0,00	
Spiesse	Rammspiesse		0,5	m		0,00	0,00	0,00	
	unvermörtelte Spiesse		0,6	m		0,00	0,00	0,00	
	vermörtelte Spiesse		0,9	m		0,00	0,00	0,00	
	Selbstbohrspiesse		1,3	m		0,00	0,00	0,00	
	Verpressrohrspiesse		1,6	m		0,00	0,00	0,00	
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl			0,1	kg		0,00	0,00	0,00	
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	3)	51,81	7,85	7,85	
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	3)	51,81	7,85	11,78	
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00	
	Kalottensohle		0,8	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00	
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung		2,0	m <sup>2</sup>	3), 4)	0,00	0,00	0,00	
Bogen- und Lastverteiler	Nein	Abstand	2,0	m		0,00	0,00	0,00	
Spritzbeton	Kalotte und Strosse		0,20 m	20,0	m <sup>3</sup>	5)	10,36	1,57	31,40
	Kalottensohle, Kalottenfuß			12,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00	0,00
	Ortsbrust		0,00 m	14,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00	0,00
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch			14,0	m <sup>3</sup>	5), 6)	0,00	0,00	0,00
	Verformungsschlitzte	ohne Stauchelemente		3,5	m	7)	0,00	0,00	0,00
mit Stauchelementen		5,0	m	7)	0,00	0,00	0,00		
Getriebedielen			5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00	
Fußpfähle	Fußpfähle Ø ≤ 38 mm		4,5	m		0,00	0,00	0,00	
	Fußpfähle Ø ≥ 38 mm		5,0	m		0,00	0,00	0,00	
Teilflächen			22,0	ST	8)	0,00	0,00	0,00	
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung			50,0	m	9)	0,00	0,00	0,00	
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb			50,0	m	10)	0,00	0,00	0,00	

1) Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt. 0 51,03

2) Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 4,00

3) Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

Ausbruchklasse 5 / 4

4) Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

Untergrenze 0,00  
Obergrenze 0,00

5) Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

6) Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

7) Laufmeter Schlitzlänge

8) Es werden nur Teilausbrüche aus Teilflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

9) Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

10) Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 6,60 m  
 Ausbruchquerschnitt 16,61 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 16,61 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 7,85 m

## Sohle - Ausbau A (offensiv)

1. Ordnungszahl = 5

Ausbauart Sohlengewölbe ohne Längsteilung

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen			Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)
Anker	Swellex oder gleichwertiges		0,8	m		0,00	0,00	0,00
	SN Mörtelanker		1,1	m		0,00	0,00	0,00
	Selbstbohranker		1,7	m		0,00	0,00	0,00
	Verpressrohranker		2,0	m		0,00	0,00	0,00
	Vorgespannte Mörtelanker		2,5	m		0,00	0,00	0,00
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag		8,0	ST	1)	0,00	0,00	0,00
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung		1,7	ST	2)	0,00	0,00	0,00
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung		5,0	ST	2)	0,00	0,00	0,00
Spiesse	Rammspiesse		0,5	m		0,00	0,00	0,00
	unvermörtelte Spiesse		0,6	m		0,00	0,00	0,00
	vermörtelte Spiesse		0,9	m		0,00	0,00	0,00
	Selbstbohrspiesse		1,3	m		0,00	0,00	0,00
	Verpressrohrspiesse		1,6	m		0,00	0,00	0,00
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl			0,1	kg		0,00	0,00	0,00
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	3)	51,81	7,85	7,85
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	3)	51,81	7,85	11,78
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00
	Kalottensohle		0,8	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00	0,00
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung		2,0	m <sup>2</sup>	3), 4)	0,00	0,00	0,00
Bogen- und Lastverteiler	Nein	Abstand	2,0	m		0,00	0,00	0,00
Spritzbeton	Kalotte und Strosse	0,16 m	20,0	m <sup>3</sup>	5)	8,29	1,26	25,12
	Kalottensohle, Kalottenfuß		12,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00	0,00
	Ortsbrust	0,00 m	14,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00	0,00
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch		14,0	m <sup>3</sup>	5), 6)	0,00	0,00	0,00
Verformungsschlitz	ohne Stauchelemente		3,5	m	7)	0,00	0,00	0,00
	mit Stauchelementen		5,0	m	7)	0,00	0,00	0,00
Getriebedielen			5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00	0,00
Fußpfähle	Fußpfähle Ø ≤ 38 mm		4,5	m		0,00	0,00	0,00
	Fußpfähle Ø ≥ 38 mm		5,0	m		0,00	0,00	0,00
Teifflächen			22,0	ST	8)	0,00	0,00	0,00
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung			50,0	m	9)	0,00	0,00	0,00
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb			50,0	m	10)	0,00	0,00	0,00
							Summe =	44,75

1) Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

2) Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

3) Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

4) Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

5) Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

6) Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

7) Laufmeter Schlitzlänge

8) Es werden nur Teilausbrüche aus Teifflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

9) Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

10) Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 4,00

Ausbruchklasse 5 / 4

Untergrenze	0,00
Obergrenze	0,00

## ÖNORM B 2203-1, Tabelle 3

Abschlagslänge 6,60 m  
 Ausbruchsquerschnitt 16,61 m<sup>2</sup>  
 Bewertungsfläche 16,61 m<sup>2</sup>  
 Linie 1a 7,85 m

## Sohle - Ausbau A (defensiv)

1. Ordnungszahl = 5

Ausbauart Sohlengewölbe ohne Längsteilung

## Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen		Bewertungs- faktor	Mengen- einheit	Bemerkungen	Menge je Abschlag	Menge je m (unbewertet)	Menge je m (bewertet)
Anker	Swellex oder gleichwertiges	0,8	m		0,00	0,00	0,00
	SN Mörtelanker	1,1	m		0,00	0,00	0,00
	Selbstbohranker	1,7	m		0,00	0,00	0,00
	Verpressrohranker	2,0	m		0,00	0,00	0,00
	Vorgespannte Mörtelanker	2,5	m		0,00	0,00	0,00
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag	8,0	ST	1)	0,00	0,00	0,00
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung	1,7	ST	2)	0,00	0,00	0,00
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung	5,0	ST	2)	0,00	0,00	0,00
Spiesse	Rammspiesse	0,5	m		0,00	0,00	0,00
	unvermörtelte Spiesse	0,6	m		0,00	0,00	0,00
	vermörtelte Spiesse	0,9	m		0,00	0,00	0,00
	Selbstbohrspiesse	1,3	m		0,00	0,00	0,00
	Verpressrohrspiesse	1,6	m		0,00	0,00	0,00
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl		0,1	kg		0,00	0,00	0,00
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	einlagig	1,0	m <sup>2</sup>	3)	51,81	7,85
	hohlraumseitig mit Bogen	einlagig	1,5	m <sup>2</sup>	3)	51,81	11,78
	bergseitig ohne Bogen	kein Bstg.	2,0	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00
	Kalottensohle		0,8	m <sup>2</sup>	3)	0,00	0,00
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung		2,0	m <sup>2</sup>	3), 4)	0,00	0,00
Bogen- und Lastverteiler	Nein	Abstand	2,0	m		0,00	0,00
Spritzbeton	Kalotte und Strosse	0,24 m	20,0	m <sup>3</sup>	5)	12,43	37,68
	Kalottensohle, Kalottenfuß		12,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00
	Ortsbrust	0,00 m	14,0	m <sup>3</sup>	5)	0,00	0,00
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch		14,0	m <sup>3</sup>	5), 6)	0,00	0,00
	Verformungsschlitz		3,5	m	7)	0,00	0,00
Getriebedielen	ohne Stauchelemente		5,0	m	7)	0,00	0,00
	mit Stauchelementen		5,5	m <sup>2</sup>		0,00	0,00
Fußpfähle	Fußpfähle $\varnothing \leq 38$ mm		4,5	m		0,00	0,00
	Fußpfähle $\varnothing \geq 38$ mm		5,0	m		0,00	0,00
Teifflächen			22,0	ST	8)	0,00	0,00
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung			50,0	m	9)	0,00	0,00
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb			50,0	m	10)	0,00	0,00
						Summe =	57,31

1) Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt.

2) Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten.

3) Theoretische Menge ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung.

4) Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.

5) Theoretische Menge, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall.

6) Auffüllen von planmäßigen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A.

7) Laufmeter Schlitzlänge

8) Es werden nur Teilausbrüche aus Teifflächen bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.

9) Für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel

10) Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von ev. erforderlichen Teilausbrüchen.

Stützmittelzahl = 2. Ordnungszahl = 4,00

Ausbruchklasse 5 / 4

Untergrenze	0,00
Obergrenze	0,00

Vortriebsklasse	7 / 18,62	<b>Kalotte - Ausbau A (realistisch)</b> <b>Vortriebsleistung 2,75 m/AT</b>	Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	1,00 m		Faktor	95 %
Querschnitt	58,31 m <sup>2</sup>		Zykluszeit	8,739 h
Linie 1a	17,10 m		Zyklen/AT	2,75

<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	100 %	<b>1,269 h</b>	100 %	<b>1,269 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	1 x				0,083 h		
Bohren	Kranzlöcher	55 Stk	Innenlöcher	38 Stk	Überbohren	0,1 m	0,769 h
Laden, Sprengen							0,250 h
Lüften							0,167 h

<b>Lösen &amp; Schüttern</b>			Anteil Baggervortrieb		<b>0,758 h</b>	100 %	<b>0,758 h</b>
Rüsten							0,000 h
Lösen							0,000 h
Zuschlag Teilflächen	1 x	1,00 Stk/m		10 %			0,000 h
Schüttern							0,674 h
digitale OB-Aufnahme	1 Stk						0,083 h
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	58,31 m <sup>2</sup>	QS neu			0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
Lösen Gebirge			58,31 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h

<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>					<b>2,425 h</b>	100 %	<b>2,425 h</b>
------------------------------	--	--	--	--	----------------	-------	----------------

<b>Bogen</b>	Tunnelbogen	17,10 m	17,10 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/32	14,9 kg/m	254,8 kg	0,606 h
<b>Baustahlgitter</b>	Profil	34,20 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	gemischt			0,000 h
	Sohle, Kalottensohle	22,68 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig			0,607 h
	Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	einlagig		0,539 h
	Zusatzbew.		0,00 kg/m		0,00 kg/m <sup>2</sup>			0,672 h
<b>Verformungsschlitz</b>	mit Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m					0,000 h
	ohne Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m					0,000 h

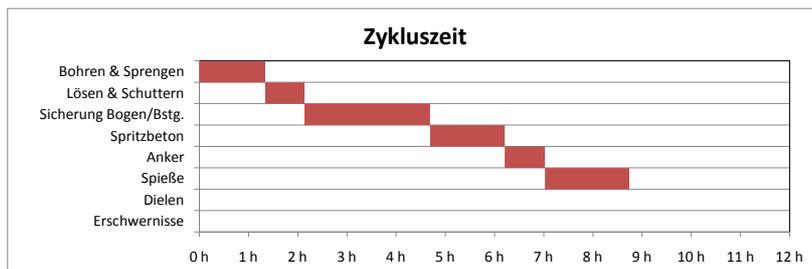
<b>Spritzbeton</b>		13,8 m <sup>3</sup>	MVF = 57 %		0,00 m <sup>3</sup> /m	<b>1,446 h</b>	100 %	<b>1,446 h</b>
Anlaufzeit SpB	1 x					0,167 h		
Profil	17,10 m <sup>2</sup> /m	d= 25,0 cm	üüp= 5,0 cm	rpf= 30 %	6,67 m <sup>3</sup> /m	0,618 h		
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup> /m	d= 10,0 cm	üüp= 5,0 cm	rpf= 5 %	7,15 m <sup>3</sup> /m	0,662 h	
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üüp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Kalottensohle	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 1,0 cm	üüp= 1,0 cm	rpf= 1 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h		
Kalottenfuß	1,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üüp= 0,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h		
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üüp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h		

<b>Anker</b>	10,5 Stk	6,00 m/Stk				0,777 h	100 %	<b>0,777 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	1 x					<b>0,083 h</b>		
Profilanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,000 h		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	10,5 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,506 h	
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Ortsbrustanker						0,000 h		
<b>Selbstbohranker</b>	12,0 Stk	1,50 Stk/m	8,00 m/Stk	max. wirksam	tats. wirksam	8,00 m	8,00 m	0,088 h
Versetzen Ankerplatte	6,0 Stk	6,00 Stk/m		ohne Vorspannung				0,100 h
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m		mit Vorspannung				0,000 h

<b>Spieße</b>	41,0 Stk	4,00 m/Stk				1,627 h	100 %	<b>1,627 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	1 x	< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		<b>0,083 h</b>		
Rammspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
unvermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
vermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Selbstbohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	41,0 Stk	4,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	1,544 h	
Verpreßrohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	

<b>Dielen</b>						0,000 h	100 %	<b>0,000 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	0 x					<b>0,000 h</b>		
Dielen versetzen	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 3 mm	b= 220 mm	L= 3,0 m	5,18 kg/m <sup>2</sup>		0,000 h

<b>Erschwernisse</b>						0,000 h	100 %	<b>0,000 h</b>
Mixed-Face-Vortrieb								
zus. Löseaufwand	9 m <sup>2</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h		
zus. Rüsten	1 x					0,000 h		



Vortriebsklasse	4 / 9,08
Abschlagslänge	1,00 m
Querschnitt	17,76 m <sup>2</sup>
Linie 1a	5,22 m

<b>Strosse- Ausbau A (realistisch)</b>	
<b>Vortriebsleistung 6,75 m/AT</b>	

Arbeitszeit	24,00 h/AT
Faktor	95 %
Zykluszeit	3,555 h
Zyklen/AT	6,75

**Bohren & Sprengen**

Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	0 %	0,000 h	100 %	0,000 h	
Vorfahren Bohrwagen	0 x			0,000 h			
Bohren	Kranzlöcher	26 Stk	Innenlöcher	14 Stk	Überbohren	0,1 m	0,000 h
Laden, Sprengen				0,000 h			
Lüften				0,000 h			

**Lösen & Schüttern**

		Anteil Baggervortrieb	100 %	2,461 h	100 %	2,461 h
Rüsten				0,083 h		
Lösen				2,089 h		
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m	0 %	0,000 h		
Schüttern				0,205 h		
digitale OB-Aufnahme	1 Stk			0,083 h		
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	17,76 m <sup>2</sup>	QS neu		0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
Lösen Gebirge			17,76 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h

**Sicherung Bogen/Bstg.**

<b>Bogen</b>						0,370 h	100 %	0,370 h
Tunnelbogen	5,22 m	5,22 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/32	14,9 kg/m	77,8 kg		0,185 h
Baustahlgitter								0,000 h
Profil		10,44 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	gemischt			0,185 h
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig			0,000 h
Zusatzbew.		0,00 kg/m						0,000 h

**Spritzbeton**

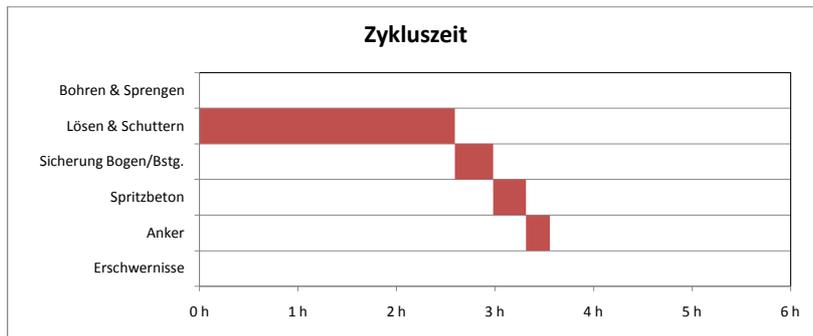
		1,6 m <sup>3</sup>	MVF = 56 %	0,318 h	100 %	0,318 h		
Anlaufzeit SpB	1 x			0,167 h				
Profil	0	5,22 m <sup>2</sup> /m	d= 20,0 cm	üü= 5,0 cm	rpf= 25 %	1,63 m <sup>3</sup> /m		0,151 h
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üü= 5,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m		0,000 h
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üü= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m		0,000 h
Sohle		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 10,0 cm	üü= 5,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m		0,000 h
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üü= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m		0,000 h

**Anker**

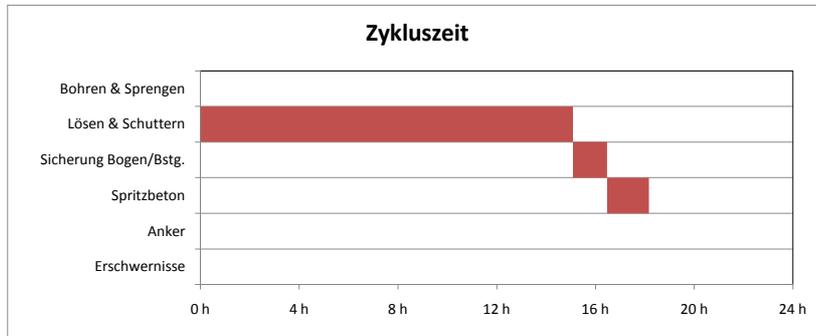
	3,0 Stk	6,00 m/Stk	0,228 h	100 %	0,228 h			
Vorfahren Bohrwagen	1 x		0,083 h					
Profillanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,000 h		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk		0,000 h
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk		0,000 h
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	3,0 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk		0,144 h
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk		0,000 h
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk		0,000 h
Ortsbrustanker			max. wirksam	tats. wirksam				0,000 h
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 Stk/m	0,00 m/Stk	0,00 m	0,00 m			0,000 h
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	ohne Vorspannung					0,000 h
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	mit Vorspannung					0,000 h

**Erschwernisse**

<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>				0,000 h	100 %	0,000 h
zus. Löseaufwand	9 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
zus. Rüsten	1 x			0,000 h		



Vortriebsklasse	5 / 4					Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	6,60 m	<b>Sohle- Ausbau A (realistisch)</b>				Faktor	95 %
Querschnitt	16,61 m <sup>2</sup>	<b>Vortriebsleistung 8,72 m/AT</b>				Zykluszeit	18,160 h
Linie 1a	7,85 m					Zyklen/AT	1,32
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb		0 %	<b>0,000 h</b>	100 % <b>0,000 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	0 x						0,000 h
Bohren	Kranzlöcher	0 Stk	Innenlöcher	0 Stk	Überbohren	0,0 m	0,000 h
Laden, Sprengen						0,000 h	
Lüften						0,000 h	
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>	Anteil Baggervortrieb					100 %	<b>14,331 h</b> 100 % <b>14,331 h</b>
Rüsten						0,083 h	
Lösen						12,897 h	
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m			0 %	0,000 h	
Schüttern						1,268 h	
digitale OB-Aufnahme	1 Stk						0,083 h
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	16,61 m <sup>2</sup>	QS neu			0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
Lösen Gebirge			16,61 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>						<b>1,315 h</b>	100 % <b>1,315 h</b>
<u>Bogen</u>							
kein Bogen	0,00 m	0,00 m/m	Bogen 3 Gurte	70/10/30	0,0 kg/m	0,0 kg	0,000 h
Baustahlgitter							0,000 h
Profil	15,70 m <sup>2</sup> /m	AQ 60	4,44 kg/m <sup>2</sup>	gemischt			1,315 h
Zusatzbew.	0,00 kg/m						0,000 h
<b>Spritzbeton</b>	15,5 m <sup>3</sup>	MVF = 50 %					100 % <b>1,606 h</b>
Anlaufzeit SpB	1 x						0,167 h
Profil	7,85 m <sup>2</sup> /m	d= 20,0 cm	üip= 10,0 cm	rpf= 0 %	2,36 m <sup>3</sup> /m		1,439 h
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üip= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m		0,000 h
<b>Anker</b>	0,0 Stk	0,00 m/Stk					100 % <b>0,000 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	0 x						0,000 h
Profilanker	< 4,0 m		4,0 - 8,0 m		> 8,0 m		0,000 h
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
<b>Erschwernisse</b>						<b>0,000 h</b>	100 % <b>0,000 h</b>
<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>							
zus. Löseaufwand	9 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.			0,000 h
zus. Rüsten	1 x						0,000 h



Vortriebsklasse	7 / 15,75	<b>Kalotte - Ausbau A (offensiv)</b> <b>Vortriebsleistung 3,93 m/AT</b>	Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	1,00 m		Faktor	95 %
Querschnitt	58,31 m <sup>2</sup>		Zykluszeit	6,113 h
Linie 1a	17,10 m		Zyklen/AT	3,93

<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	100 %	<b>1,186 h</b>	100 %	<b>1,186 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	1 x				0,067 h		
Bohren	Kranzlöcher	50 Stk	Innenlöcher	35 Stk	Überbohren	0,1 m	0,703 h
Laden, Sprengen							0,250 h
Lüften							0,167 h

<b>Lösen &amp; Schüttern</b>			Anteil Baggervortrieb		<b>0,678 h</b>	100 %	<b>0,678 h</b>
Rüsten							0,000 h
Lösen							0,000 h
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m		0 %			0,000 h
Schüttern							0,612 h
digitale OB-Aufnahme	1 Stk						0,067 h
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	58,31 m <sup>2</sup>	QS neu			0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
Lösen Gebirge			58,31 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h

<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>						<b>1,628 h</b>	100 %	<b>1,628 h</b>
<b>Bogen</b>								
Tunnelbogen	17,10 m	17,10 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/30	13,1 kg/m	224,0 kg	0,495 h	
Baustahlgitter							0,000 h	
Profil		34,20 m <sup>2</sup> /m	AQ 50	3,08 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		0,421 h	
Sohle, Kalottensohle		18,14 m <sup>2</sup> /m	AQ 50	3,08 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig		0,281 h	
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup> /m	AQ 50	3,08 kg/m <sup>2</sup>	einlagig		0,430 h	
Zusatzbew.		0,00 kg/m			0,00 kg/m <sup>2</sup>		0,000 h	
Verformungsschlitz							0,000 h	
mit Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m					0,000 h	
ohne Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m					0,000 h	

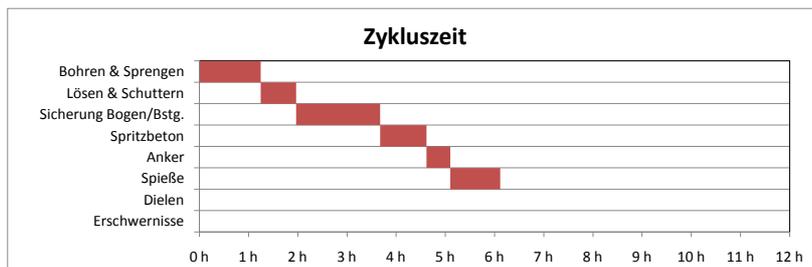
<b>Spritzbeton</b>		<b>11,5 m<sup>3</sup></b>	<b>MVF = 64 %</b>		0,00 m <sup>3</sup> /m	<b>0,893 h</b>	100 %	<b>0,893 h</b>
Anlaufzeit SpB	1 x					0,133 h		
Profil		17,10 m <sup>2</sup> /m	d= 20,0 cm	üpf= 5,0 cm	rpf= 25 %	5,34 m <sup>3</sup> /m	0,352 h	
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup> /m	d= 8,0 cm	üpf= 5,0 cm	rpf= 5 %	6,20 m <sup>3</sup> /m	0,408 h	
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üpf= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Kalottensohle		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 1,0 cm	üpf= 1,0 cm	rpf= 1 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Kalottenfuß		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üpf= 0,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üpf= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	

<b>Anker</b>	<b>8,4 Stk</b>		<b>6,00 m/Stk</b>				<b>0,462 h</b>	100 %	<b>0,462 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	1 x						<b>0,067 h</b>		
Profilanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m			0,000 h		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	8,4 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,302 h		
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		
Ortsbrustanker				max. wirksam	tats. wirksam		0,000 h		
Selbstbohranker	9,6 Stk	1,20 Stk/m	8,00 m/Stk	8,00 m	8,00 m		0,054 h		
Versetzen Ankerplatte	4,8 Stk	4,80 Stk/m	ohne Vorspannung				0,040 h		
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	mit Vorspannung				0,000 h		

<b>Spieße</b>	<b>32,8 Stk</b>		<b>4,00 m/Stk</b>				<b>0,960 h</b>	100 %	<b>0,960 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	1 x	< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m			<b>0,083 h</b>		
Rammspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		
unvermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		
vermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		
Selbstbohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	32,8 Stk	4,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,876 h		
Verpreßrohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h		

<b>Dielen</b>							<b>0,000 h</b>	100 %	<b>0,000 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	0 x						<b>0,000 h</b>		
Dielen versetzen	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 3 mm	b= 220 mm	L= 3,0 m	5,18 kg/m <sup>2</sup>	0,000 h		

<b>Erschwernisse</b>							<b>0,000 h</b>	100 %	<b>0,000 h</b>
Mixed-Face-Vortrieb							0,000 h		
zus. Löseaufwand	11 m <sup>2</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.			0,000 h		
zus. Rüsten	1 x						0,000 h		



Vortriebsklasse	4 / 7,61	<b>Strosse - Ausbau A (offensiv)</b> <b>Vortriebsleistung 8,74 m/AT</b>	Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	1,00 m		Faktor	95 %
Querschnitt	17,76 m <sup>2</sup>		Zykluszeit	2,746 h
Linie 1a	5,22 m		Zyklen/AT	8,74

<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	0 %	0,000 h	100 %	0,000 h
Vorfahren Bohrwagen	0 x				0,000 h		
Bohren	Kranzlöcher	26 Stk	Innenlöcher	14 Stk	Überbohren	0,1 m	0,000 h
Laden, Sprengen							0,000 h
Lüften							0,000 h

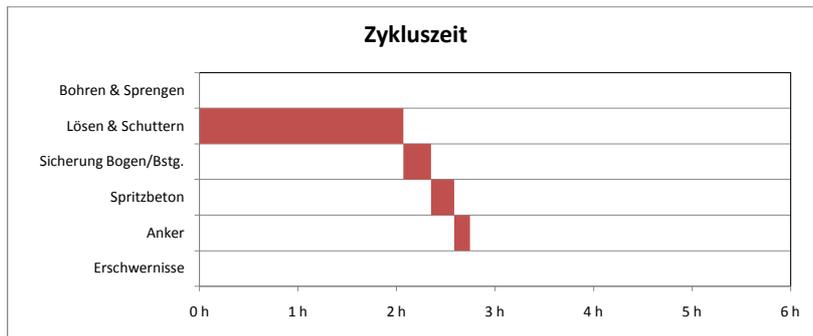
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>		Anteil Baggervortrieb	100 %	1,964 h	100 %	1,964 h
Rüsten				0,067 h		
Lösen				1,644 h		
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m	0 %	0,000 h		
Schüttern				0,186 h		
digitale OB-Aufnahme	1 Stk			0,067 h		
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	17,76 m <sup>2</sup>	QS neu		0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
Lösen Gebirge			17,76 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h

<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>						0,268 h	100 %	0,268 h
<u>Bogen</u>								
Tunnelbogen	5,22 m	5,22 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/30	13,1 kg/m	68,4 kg	0,151 h	
Baustahlgitter							0,000 h	
Profil		10,44 m <sup>2</sup> /m	AQ 50	3,08 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		0,117 h	
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	AQ 50	3,08 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig		0,000 h	
Zusatzbew.		0,00 kg/m					0,000 h	

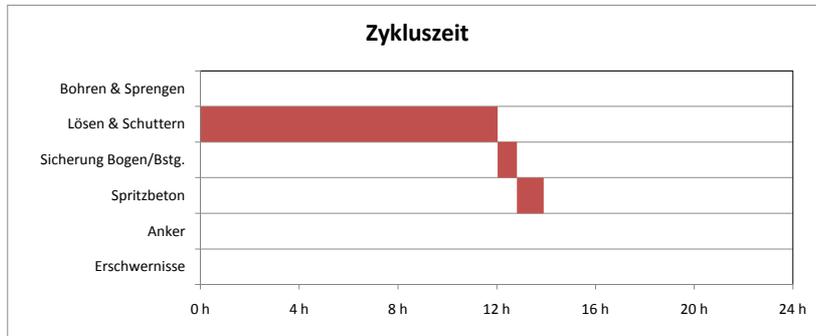
<b>Spritzbeton</b>		1,4 m <sup>3</sup>	MVF = 64 %			0,223 h	100 %	0,223 h
Anlaufzeit SpB	1 x					0,133 h		
Profil	0	5,22 m <sup>2</sup> /m	d= 16,0 cm	üp= 5,0 cm	rpf= 25 %	1,37 m <sup>3</sup> /m	0,090 h	
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üp= 5,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Sohle		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 10,0 cm	üp= 5,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	

<b>Anker</b>	2,4 Stk	6,00 m/Stk				0,153 h	100 %	0,153 h
Vorfahren Bohrwagen	1 x					0,067 h		
Profilanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,000 h		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	2,4 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,086 h	
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
<u>Ortsbrustanker</u>			max. wirksam	tats. wirksam			0,000 h	
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 Stk/m	0,00 m/Stk	0,00 m	0,00 m		0,000 h	
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	ohne Vorspannung				0,000 h	
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	mit Vorspannung				0,000 h	

<b>Erschwernisse</b>						0,000 h	100 %	0,000 h
<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>								
zus. Löseaufwand	11 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h		
zus. Rüsten	1 x					0,000 h		



Vortriebsklasse	5 / 4				Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	6,60 m	<b>Sohle - Ausbau A (offensiv)</b>			Faktor	95 %
Querschnitt	16,61 m <sup>2</sup>	<b>Vortriebsleistung 11,40 m/AT</b>			Zykluszeit	13,899 h
Linie 1a	7,85 m				Zyklen/AT	1,73
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	0 %	0,000 h	100 % 0,000 h
Vorfahren Bohrwagen	0 x				0,000 h	
Bohren	Kranzlöcher	0 Stk	Innenlöcher	0 Stk	Überbohren	0,0 m
Laden, Sprengen						0,000 h
Lüften						0,000 h
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>			Anteil Baggervortrieb	100 %	11,434 h	100 % 11,434 h
Rüsten					0,067 h	
Lösen					10,151 h	
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m		0 %	0,000 h	
Schüttern					1,150 h	
digitale OB-Aufnahme	1 Stk				0,067 h	
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	16,61 m <sup>2</sup>	QS neu	0,000 h	
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
Lösen Gebirge			16,61 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>					0,751 h	100 % 0,751 h
<u>Bogen</u>						
kein Bogen	0,00 m	0,00 m/m	Bogen 3 Gurte	70/10/30	0,0 kg/m	0,0 kg
Baustahlgitter						0,000 h
Profil	15,70 m <sup>2</sup> /m	AQ 50	3,08 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		0,751 h
Zusatzbew.	0,00 kg/m					0,000 h
<b>Spritzbeton</b>		13,5 m <sup>3</sup>	MVF = 63 %			100 % 1,020 h
Anlaufzeit SpB	1 x					0,133 h
Profil	7,85 m <sup>2</sup> /m	d= 16,0 cm	üip= 10,0 cm	rpf= 0 %	2,04 m <sup>3</sup> /m	0,886 h
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üip= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h
<b>Anker</b>	0,0 Stk	0,00 m/Stk			0,000 h	100 % 0,000 h
Vorfahren Bohrwagen	0 x					0,000 h
<u>Profilanker</u>		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,000 h
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
<b>Erschwernisse</b>					0,000 h	100 % 0,000 h
<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>						
zus. Löseaufwand	11 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
zus. Rüsten	1 x					0,000 h



Vortriebsklasse	7 / 21,49		Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	1,00 m	Kalotte - Ausbau A (defensiv)	Faktor	95 %
Querschnitt	58,31 m <sup>2</sup>	Vortriebsleistung	Zykluszeit	11,986 h
Linie 1a	17,10 m	2,00 m/AT	Zyklen/AT	2,00

<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	100 %	1,327 h	100 %	1,327 h
Vorfahren Bohrwagen	1 x				0,100 h		
Bohren	Kranzlöcher	58 Stk	Innenlöcher	40 Stk	Überbohren	0,1 m	0,811 h
Laden, Sprengen							0,250 h
Lüften							0,167 h

<b>Lösen &amp; Schüttern</b>			Anteil Baggervortrieb		0,692 h	100 %	0,692 h
Rüsten							0,000 h
Lösen							0,000 h
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m		0 %			0,000 h
Schüttern							0,592 h
digitale OB-Aufnahme	1 Stk						0,100 h
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	58,31 m <sup>2</sup>	QS neu			0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h
Lösen Gebirge			58,31 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h

<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							2,984 h	100 %	2,984 h
<b>Bogen</b>									
Tunnelbogen	17,10 m	17,10 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/34	18,2 kg/m	311,2 kg	0,793 h		
Baustahlgitter							0,000 h		
Profil		34,20 m <sup>2</sup> /m	AQ 65	5,20 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		0,790 h		
Sohle, Kalottensohle		18,14 m <sup>2</sup> /m	AQ 65	5,20 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig		0,542 h		
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup> /m	AQ 65	5,20 kg/m <sup>2</sup>	einlagig		0,858 h		
Zusatzbew.		0,00 kg/m		0,00 kg/m <sup>2</sup>			0,000 h		
Verformungsschlitz							0,000 h		
mit Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m					0,000 h		
ohne Stauchelemente	0 Stk	0,00 Stk/m					0,000 h		

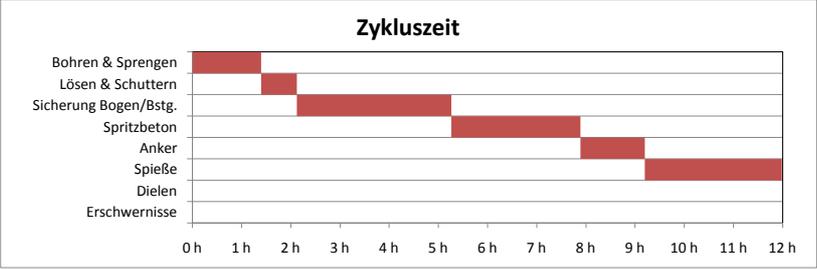
<b>Spritzbeton</b>		15,6 m <sup>3</sup>	MVF = 47 %		0,00 m <sup>3</sup> /m	2,492 h	100 %	2,492 h
Anlaufzeit SpB	1 x					0,200 h		
Profil	17,10 m <sup>2</sup> /m	d= 30,0 cm	üp= 5,0 cm	rpf= 25 %	7,48 m <sup>3</sup> /m	1,100 h		
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup>	45,40 m <sup>2</sup> /m	d= 12,0 cm	üp= 5,0 cm	rpf= 5 %	8,10 m <sup>3</sup> /m	1,192 h	
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h	
Kalottensohle	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 1,0 cm	üp= 1,0 cm	rpf= 1 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h		
Kalottenfuß	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h		
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üp= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h		

<b>Anker</b>	12,6 Stk		6,00 m/Stk			1,243 h	100 %	1,243 h
Vorfahren Bohrwagen	1 x					0,100 h		
Profilanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,000 h		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	12,6 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,821 h	
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Ortsbrustanker				max. wirksam	tats. wirksam		0,000 h	
Selbstbohranker	14,4 Stk	1,80 Stk/m	8,00 m/Stk	8,00 m	8,00 m	0,141 h		
Versetzen Ankerplatte	7,2 Stk	7,20 Stk/m	ohne Vorspannung			0,180 h		
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	mit Vorspannung			0,000 h		

<b>Spieße</b>	49,2 Stk		4,00 m/Stk			2,648 h	100 %	2,648 h
Vorfahren Bohrwagen	1 x	< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,100 h		
Rammspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
unvermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
vermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	
Selbstbohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	49,2 Stk	4,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	2,548 h	
Verpreßrohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h	

<b>Dielen</b>						0,000 h	100 %	0,000 h
Vorfahren Bohrwagen	0 x					0,000 h		
Dielen versetzen	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 3 mm	b= 220 mm	L= 3,0 m	5,18 kg/m <sup>2</sup>	0,000 h	

<b>Erschwernisse</b>						0,000 h	100 %	0,000 h
Mixed-Face-Vortrieb						0,000 h		
zus. Löseaufwand	7 m <sup>2</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.		0,000 h		
zus. Rüsten	1 x					0,000 h		



Vortriebsklasse	4 / 10,56
Abschlagslänge	1,00 m
Querschnitt	17,76 m <sup>2</sup>
Linie 1a	5,22 m

<b>Strosse - Ausbau A (defensiv)</b>	
<b>Vortriebsleistung</b>	<b>5,23 m/AT</b>

Arbeitszeit	24,00 h/AT
Faktor	95 %
Zykluszeit	4,589 h
Zyklen/AT	5,23

<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	0 %	<b>0,000 h</b>	100 %	<b>0,000 h</b>
Vorfahren Bohrwagen	0 x				0,000 h		
Bohren	Kranzlöcher	26 Stk	Innenlöcher	14 Stk	Überbohren	0,1 m	0,000 h
Laden, Sprengen							0,000 h
Lüften							0,000 h

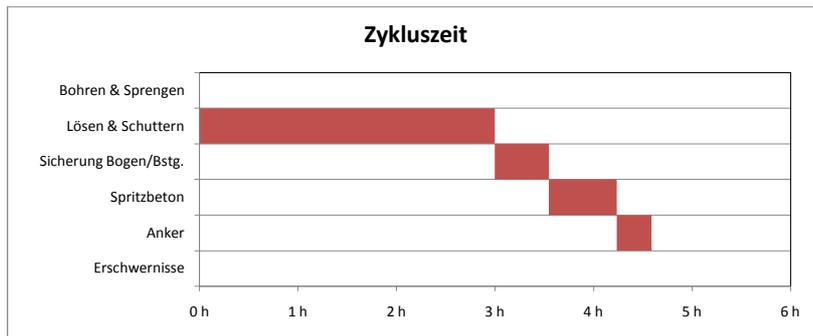
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>		Anteil Baggervortrieb	100 %	<b>2,847 h</b>	100 %	<b>2,847 h</b>
Rüsten				0,100 h		
Lösen				2,467 h		
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m	0 %	0,000 h		
Schüttern				0,180 h		
digitale OB-Aufnahme	1 Stk			0,100 h		
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	17,76 m <sup>2</sup>	QS neu		0,000 h
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
Lösen Gebirge			17,76 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h

<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>		<b>0,522 h</b>	100 %	<b>0,522 h</b>			
<u>Bogen</u>							
Tunnelbogen	5,22 m	5,22 m/m	Bogen 3 Gurte	95/10/34	18,2 kg/m	95,0 kg	0,242 h
Baustahlgitter							0,000 h
Profil		10,44 m <sup>2</sup> /m	AQ 70	6,04 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		0,280 h
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	AQ 70	6,04 kg/m <sup>2</sup>	zweilagig		0,000 h
Zusatzbew.		0,00 kg/m					0,000 h

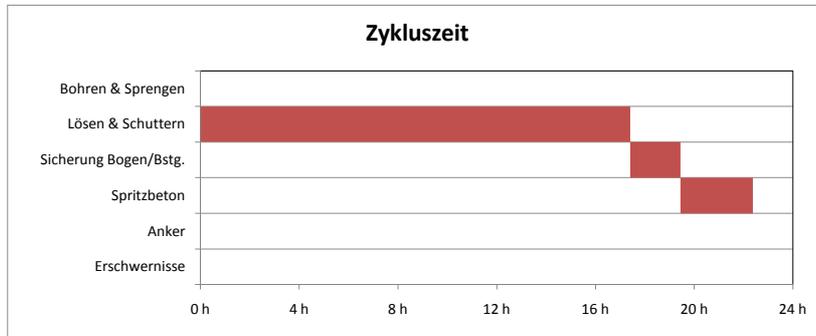
<b>Spritzbeton</b>		<b>3,1 m<sup>3</sup></b>	<b>MVF = 77 %</b>	<b>0,655 h</b>	100 %	<b>0,655 h</b>	
Anlaufzeit SpB	1 x			0,200 h			
Profil	0	5,22 m <sup>2</sup> /m	d= 24,0 cm	ü <sub>p</sub> = 10,0 cm	r <sub>pf</sub> = 30 %	2,31 m <sup>3</sup> /m	0,339 h
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	ü <sub>p</sub> = 5,0 cm	r <sub>pf</sub> = 5 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h
Stützkern	0,00 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 0,0 cm	ü <sub>p</sub> = 0,0 cm	r <sub>pf</sub> = 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h
Sohle		5,00 m <sup>2</sup> /m	d= 10,0 cm	ü <sub>p</sub> = 5,0 cm	r <sub>pf</sub> = 5 %	0,79 m <sup>3</sup> /m	0,116 h
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch		0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	ü <sub>p</sub> = 0,0 cm	r <sub>pf</sub> = 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	0,000 h

<b>Anker</b>	<b>3,6 Stk</b>	<b>6,00 m/Stk</b>	<b>0,335 h</b>	100 %	<b>0,335 h</b>		
Vorfahren Bohrwagen	1 x			0,100 h			
Profillanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m			
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	3,6 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,235 h
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,000 h
<u>Ortsbrustanker</u>			max. wirksam	tats. wirksam			0,000 h
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 Stk/m	0,00 m/Stk	0,00 m	0,00 m		0,000 h
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	ohne Vorspannung				0,000 h
Versetzen Ankerplatte	0,0 Stk	0,00 Stk/m	mit Vorspannung				0,000 h

<b>Erschwernisse</b>		<b>0,000 h</b>	100 %	<b>0,000 h</b>	
<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>					
zus. Löseaufwand	7 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
zus. Rüsten	1 x				0,000 h



Vortriebsklasse	5 / 4				Arbeitszeit	24,00 h/AT
Abschlagslänge	6,60 m	<b>Sohle - Ausbau A (defensiv)</b>			Faktor	95 %
Querschnitt	16,61 m <sup>2</sup>	<b>Vortriebsleistung 7,08 m/AT</b>			Zykluszeit	22,374 h
Linie 1a	7,85 m				Zyklen/AT	1,07
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>	Mixed-Face-Vortrieb	Nein	Anteil Sprengvortrieb	0 %	0,000 h	100 %
Vorfahren Bohrwagen	0 x				0,000 h	
Bohren	Kranzlöcher	0 Stk	Innenlöcher	0 Stk	Überbohren	0,0 m
Laden, Sprengen					0,000 h	
Lüften					0,000 h	
<b>Lösen &amp; Schüttern</b>			Anteil Baggervortrieb	100 %	16,539 h	100 %
Rüsten					0,100 h	
Lösen					15,226 h	
Zuschlag Teilflächen	0 x	0,00 Stk/m		0 %	0,000 h	
Schüttern					1,113 h	
digitale OB-Aufnahme	1 Stk				0,100 h	
Abbruch EKS	0,00 m <sup>2</sup>	QS alt	16,61 m <sup>2</sup>	QS neu	0,000 h	
Lösen SpB	d= 15,0 cm	15,00 m/m	2,25 m <sup>2</sup> /m	50 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
Lösen Gebirge			16,61 m <sup>2</sup> /m	80 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>					1,926 h	100 %
<u>Bogen</u>						
kein Bogen	0,00 m	0,00 m/m	Bogen 3 Gurte	70/10/30	0,0 kg/m	0,0 kg
Baustahlgitter						
Profil	15,70 m <sup>2</sup> /m	AQ 70	6,04 kg/m <sup>2</sup>	gemischt		
Zusatzbew.	0,00 kg/m					
<b>Spritzbeton</b>		17,6 m <sup>3</sup>	MVF = 42 %			100 %
Anlaufzeit SpB	1 x				0,200 h	
Profil	7,85 m <sup>2</sup> /m	d= 24,0 cm	üip= 10,0 cm	rpf= 0 %	2,67 m <sup>3</sup> /m	
Auffüllen Zwickel/Mehrausbruch	0,00 m <sup>2</sup> /m	d= 100,0 cm	üip= 0,0 cm	rpf= 30 %	0,00 m <sup>3</sup> /m	
<b>Anker</b>	0,0 Stk	0,00 m/Stk			0,000 h	100 %
Vorfahren Bohrwagen	0 x				0,000 h	
Profilanker		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk
<b>Erschwernisse</b>					0,000 h	100 %
<u>Mixed-Face-Vortrieb</u>						
zus. Löseaufwand	7 m <sup>3</sup> /h	normale Löseleistung	90 %	Abminderung Löselstg.	0,000 h	
zus. Rüsten	1 x				0,000 h	



**Baubetriebliche bzw. geotechnische Grenzabstände zw. Teilquerschnitten - realistische Variante**

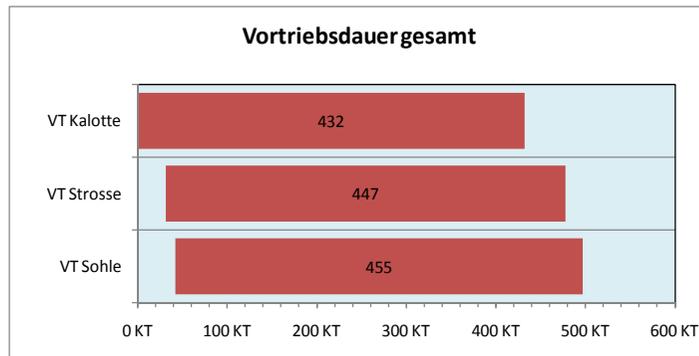
max. Abstand Kalotte - Strosse: 200 m  
 max. Abstand Strosse - Sohle: 290 m  
 min. Abstand Kalotte - Strosse: 190 m  
 min. Abstand Strosse - Sohle: 150 m



Ausbau	Vortriebsbereich	Vortrieb [m]	Anteil [%]	Arbeitszeit [h/AT]	Faktor [%]	gerechnete Zyklen	Abschlagslänge [m]	Vortriebsleistung		Dauer <sub>theor.</sub> [KT]	gewählte Zyklen	Abschlagslänge [m]	Vortriebsleistung		Dauer <sub>tats.</sub> [KT]		
								theoretisch	theor. (i.M.)				tatsächlich	tats. (i.M.)			
<b>Aufteilung der Vortriebsklassen lt. Ausschreibung</b>																	
A	A Kal	99,1			1,44%	24,0 h/AT	95%	2,75	1,00	2,75 m/KT	6,07 m/KT	36 KT	2,70	1,00	2,70 m/KT	5,77 m/KT	37 KT
	A Str		99,1		1,44%	24,0 h/AT	95%	6,75	1,00	6,75 m/KT		15 KT	6,70	1,00	6,70 m/KT		15 KT
	A So			74,5		1,08%	24,0 h/AT	95%	1,32	6,60		8,72 m/KT	9 KT	1,20	6,60		7,92 m/KT
B	B Kal	225,0			3,28%	24,0 h/AT	95%	3,86	3,00	11,59 m/KT	42,74 m/KT	19 KT	3,80	3,00	11,40 m/KT	42,11 m/KT	20 KT
	B Str		224,7		3,27%	24,0 h/AT	95%	9,80	2,20	21,56 m/KT		10 KT	9,70	2,20	21,34 m/KT		11 KT
	B So			187,1		2,73%	24,0 h/AT	95%	2,64	36,00		95,08 m/KT	2 KT	2,60	36,00		93,60 m/KT
C	C Kal	351,7			5,12%	24,0 h/AT	95%	3,38	1,00	3,38 m/KT	8,78 m/KT	104 KT	3,30	1,00	3,30 m/KT	8,60 m/KT	107 KT
	C Str		351,5		5,12%	24,0 h/AT	95%	10,59	1,00	10,59 m/KT		33 KT	10,50	1,00	10,50 m/KT		33 KT
	C So			301,2		4,39%	24,0 h/AT	95%	1,03	12,00		12,37 m/KT	24 KT	1,00	12,00		12,00 m/KT
D	D Kal	729,9			10,63%	24,0 h/AT	95%	3,69	1,30	4,80 m/KT	10,66 m/KT	152 KT	3,60	1,30	4,68 m/KT	10,24 m/KT	156 KT
	D Str		731,1		10,65%	24,0 h/AT	95%	10,81	1,30	14,05 m/KT		52 KT	10,80	1,30	14,04 m/KT		52 KT
	D So			747,4		10,89%	24,0 h/AT	95%	0,55	24,00		13,14 m/KT	57 KT	0,50	24,00		12,00 m/KT
E	E Kal	923,6			13,46%	24,0 h/AT	95%	4,89	1,70	8,31 m/KT	24,43 m/KT	111 KT	4,80	1,70	8,16 m/KT	24,04 m/KT	113 KT
	E Str		926,2		13,49%	24,0 h/AT	95%	10,14	1,70	17,24 m/KT		54 KT	10,10	1,70	17,17 m/KT		54 KT
	E So			892,1		13,00%	24,0 h/AT	95%	1,33	36,00		47,75 m/KT	19 KT	1,30	36,00		46,80 m/KT
<b>Vortrieb gesamt</b>		<b>2.329,3</b>	<b>2.332,6</b>	<b>2.202,2</b>	<b>100,00%</b>												
										<b>3,34 m/KT</b>					<b>3,26 m/KT</b>		<b>715 KT</b>

mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Kalotte: 6,05 m/KT  
 mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Strosse: 13,95 m/KT  
 mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Sohle: 34,46 m/KT

	theoretisch	tatsächlich	Vortriebsbeginn	01.10.2010
Dauer Vortrieb <sub>Kalotte</sub>	432 KT	432 KT	Vortriebsende	02/12
Dauer Vortrieb <sub>Strosse</sub>	165 KT	447 KT		
Dauer Vortrieb <sub>Sohle</sub>	118 KT	455 KT		
Dauer Vortrieb <sub>gesamt</sub>	715 KT	1.334 KT		
Dauer Vortrieb <sub>Gestaffelt</sub>		497 KT		



**Baubetriebliche bzw. geotechnische Grenzabstände zw. Teilquerschnitten - offensive Variante**

max. Abstand Kalotte - Strosse: 200 m  
 max. Abstand Strosse - Sohle: 290 m  
 min. Abstand Kalotte - Strosse: 190 m  
 min. Abstand Strosse - Sohle: 150 m

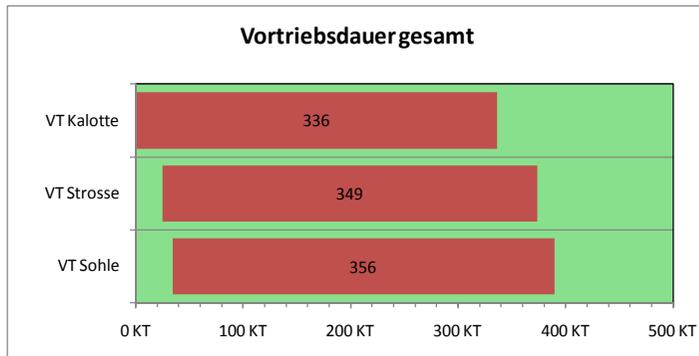


Ausbau	Vortriebsbereich	Vortrieb [m]	Anteil [%]	Arbeitszeit [h/AT]	Faktor [%]	gerechnete Zyklen	Abschlagslänge [m]	Vortriebsleistung		Dauer <sub>theor.</sub> [KT]	gewählte Zyklen	Abschlagslänge [m]	Vortriebsleistung		Dauer <sub>tats.</sub> [KT]	
								theoretisch	theor. (i.M.)				tatsächlich	tats. (i.M.)		
<b>Aufteilung der Vortriebsklassen lt. Ausschreibung</b>																
A	A Kal	99,1			1,44%	24,0 h/AT	95%	3,93	1,00	3,93 m/KT	8,02 m/KT	25 KT	3,90	1,00	3,90 m/KT	25 KT
	A Str		99,1		1,44%	24,0 h/AT	95%	8,74	1,00	8,74 m/KT		11 KT	8,70	1,00	8,70 m/KT	11 KT
	A So			74,5		1,08%	24,0 h/AT	95%	1,73	6,60		11,40 m/KT	7 KT	1,70	6,60	11,22 m/KT
B	B Kal	225,0			3,28%	24,0 h/AT	95%	4,80	3,00	14,41 m/KT	52,86 m/KT	16 KT	4,70	3,00	14,10 m/KT	16 KT
	B Str		224,7		3,27%	24,0 h/AT	95%	11,37	2,20	25,00 m/KT		9 KT	11,30	2,20	24,86 m/KT	9 KT
	B So			187,1		2,73%	24,0 h/AT	95%	3,31	36,00		119,17 m/KT	2 KT	3,30	36,00	118,80 m/KT
C	C Kal	351,7			5,12%	24,0 h/AT	95%	4,60	1,00	4,60 m/KT	10,90 m/KT	77 KT	4,50	1,00	4,50 m/KT	78 KT
	C Str		351,5		5,12%	24,0 h/AT	95%	12,62	1,00	12,62 m/KT		28 KT	12,60	1,00	12,60 m/KT	28 KT
	C So			301,2		4,39%	24,0 h/AT	95%	1,29	12,00		15,50 m/KT	19 KT	1,20	12,00	14,40 m/KT
D	D Kal	729,9			10,63%	24,0 h/AT	95%	4,51	1,30	5,86 m/KT	12,98 m/KT	124 KT	4,50	1,30	5,85 m/KT	125 KT
	D Str		731,1		10,65%	24,0 h/AT	95%	12,79	1,30	16,62 m/KT		44 KT	12,70	1,30	16,51 m/KT	44 KT
	D So			747,4		10,89%	24,0 h/AT	95%	0,69	24,00		16,46 m/KT	45 KT	0,60	24,00	14,40 m/KT
E	E Kal	923,6			13,46%	24,0 h/AT	95%	6,00	1,70	10,19 m/KT	30,03 m/KT	91 KT	5,90	1,70	10,03 m/KT	92 KT
	E Str		926,2		13,49%	24,0 h/AT	95%	11,80	1,70	20,06 m/KT		46 KT	10,00	1,70	17,00 m/KT	54 KT
	E So			892,1		13,00%	24,0 h/AT	95%	1,66	36,00		59,84 m/KT	15 KT	1,60	36,00	57,60 m/KT
<b>Vortrieb gesamt</b>		<b>2.329,3</b>	<b>2.332,6</b>	<b>2.202,2</b>	<b>100,00%</b>					<b>4,17 m/KT</b>		<b>559 KT</b>			<b>4,02 m/KT</b>	<b>580 KT</b>

mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Kalotte: 7,68 m/KT  
 mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Strosse: 15,93 m/KT  
 mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Sohle: 43,28 m/KT

	theoretisch	tatsächlich
Dauer Vortrieb <sub>Kalotte</sub>	336 KT	336 KT
Dauer Vortrieb <sub>Strosse</sub>	147 KT	349 KT
Dauer Vortrieb <sub>Sohle</sub>	97 KT	356 KT
Dauer Vortrieb <sub>gesamt</sub>	580 KT	1.041 KT
Dauer Vortrieb <sub>Gestaffelt</sub>		374 KT

Vortriebsbeginn 01.10.2010  
 Vortriebsende 10/11



**Baubetriebliche bzw. geotechnische Grenzabstände zw. Teilquerschnitten - defensive Variante**

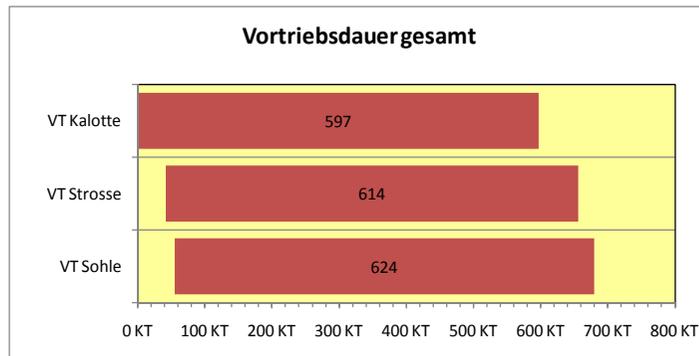
max. Abstand Kalotte - Strosse: 200 m  
 max. Abstand Strosse - Sohle: 290 m  
 min. Abstand Kalotte - Strosse: 190 m  
 min. Abstand Strosse - Sohle: 150 m



Ausbau	Vortriebsbereich	Länge Vortrieb [m]		Anteil [%]	Arbeitszeit [h/AT]	Faktor [%]	gerechnete Zyklen	Abschlagslänge [m]	Vortriebsleistung		Dauer <sub>theor.</sub> [KT]	gewählte Zyklen	Abschlagslänge [m]	Vortriebsleistung		Dauer <sub>tats.</sub> [KT]
									theoretisch	theor. (i.M.)				tatsächlich	tats. (i.M.)	
<b>Aufteilung der Vortriebsklassen lt. Ausschreibung</b>																
A	A Kal	99,1		1,44%	24,0 h/AT	95%	2,00	1,00	2,00 m/KT	4,77 m/KT	50 KT	1,90	1,00	1,90 m/KT	4,57 m/KT	52 KT
	A Str		99,1	1,44%	24,0 h/AT	95%	5,23	1,00	5,23 m/KT		19 KT	5,20	1,00	5,20 m/KT		19 KT
	A So			74,5	1,08%	24,0 h/AT	95%	1,07	6,60		7,08 m/KT	11 KT	1,00	6,60		6,60 m/KT
B	B Kal	225,0		3,28%	24,0 h/AT	95%	3,09	3,00	9,28 m/KT	36,57 m/KT	24 KT	3,00	3,00	9,00 m/KT	35,41 m/KT	25 KT
	B Str		224,7	3,27%	24,0 h/AT	95%	8,21	2,20	18,06 m/KT		12 KT	8,20	2,20	18,04 m/KT		12 KT
	B So			187,1	2,73%	24,0 h/AT	95%	2,29	36,00		82,36 m/KT	2 KT	2,20	36,00		79,20 m/KT
C	C Kal	351,7		5,12%	24,0 h/AT	95%	2,37	1,00	2,37 m/KT	7,28 m/KT	148 KT	2,30	1,00	2,30 m/KT	6,87 m/KT	153 KT
	C Str		351,5	5,12%	24,0 h/AT	95%	8,76	1,00	8,76 m/KT		40 KT	8,70	1,00	8,70 m/KT		40 KT
	C So			301,2	4,39%	24,0 h/AT	95%	0,89	12,00		10,72 m/KT	28 KT	0,80	12,00		9,60 m/KT
D	D Kal	729,9		10,63%	24,0 h/AT	95%	2,70	1,30	3,50 m/KT	8,79 m/KT	208 KT	2,60	1,30	3,38 m/KT	8,14 m/KT	216 KT
	D Str		731,1	10,65%	24,0 h/AT	95%	8,82	1,30	11,47 m/KT		64 KT	8,80	1,30	11,44 m/KT		64 KT
	D So			747,4	10,89%	24,0 h/AT	95%	0,47	24,00		11,39 m/KT	66 KT	0,40	24,00		9,60 m/KT
E	E Kal	923,6		13,46%	24,0 h/AT	95%	3,70	1,70	6,29 m/KT	20,75 m/KT	147 KT	3,60	1,70	6,12 m/KT	19,83 m/KT	151 KT
	E Str		926,2	13,49%	24,0 h/AT	95%	8,57	1,70	14,58 m/KT		64 KT	8,10	1,70	13,77 m/KT		67 KT
	E So			892,1	13,00%	24,0 h/AT	95%	1,15	36,00		41,37 m/KT	22 KT	1,10	36,00		39,60 m/KT
<b>Vortrieb gesamt</b>		<b>2.329,3</b>	<b>2.332,6</b>	<b>2.202,2</b>		<b>100,00%</b>					<b>2,58 m/KT</b>				<b>2,46 m/KT</b>	<b>945 KT</b>

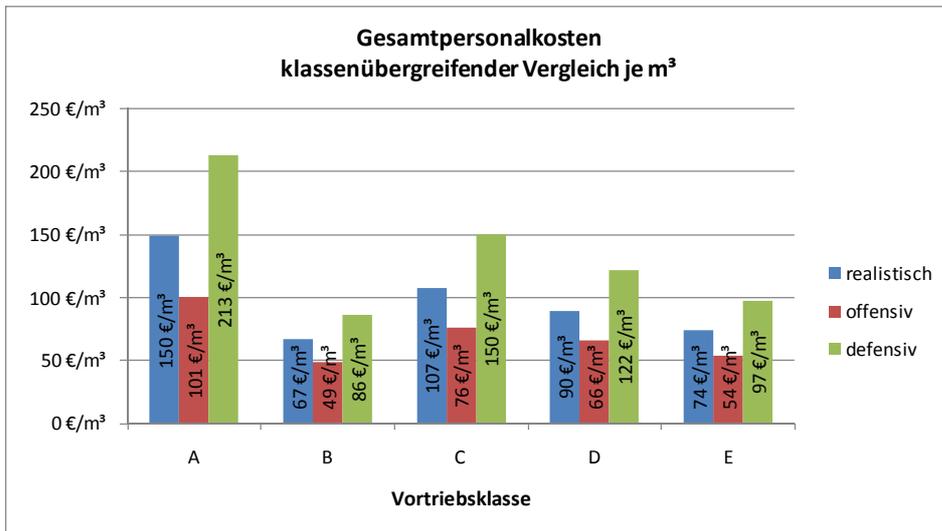
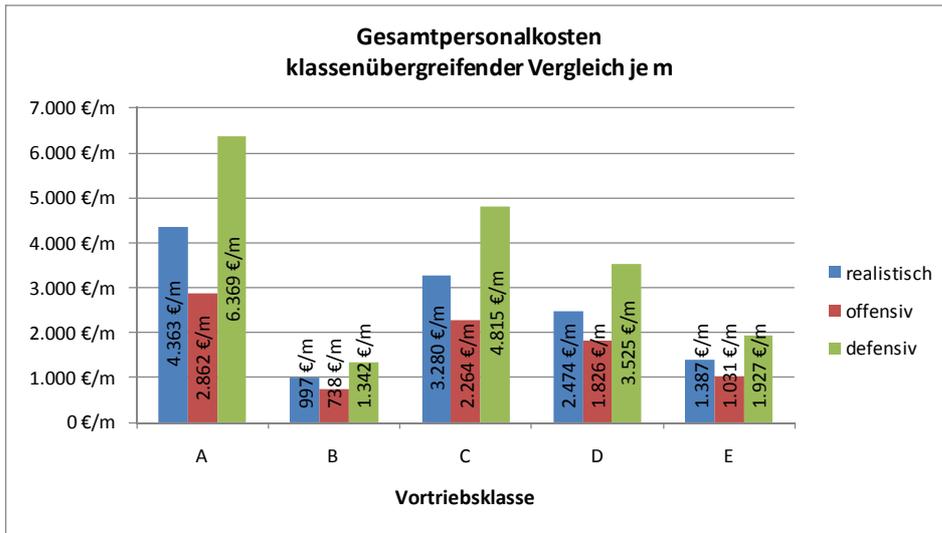
mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Kalotte: 4,54 m/KT  
 mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Strosse: 11,43 m/KT  
 mittlere Vortriebsgeschwindigkeit Sohle: 28,92 m/KT

	theoretisch	tatsächlich		
Dauer Vortrieb <sub>Kalotte</sub>	597 KT	597 KT	Vortriebsbeginn	01.10.2010
Dauer Vortrieb <sub>Strosse</sub>	203 KT	614 KT	Vortriebsende	08/12
Dauer Vortrieb <sub>Sohle</sub>	145 KT	624 KT		
Dauer Vortrieb <sub>gesamt</sub>	945 KT	1.836 KT		
Dauer Vortrieb <sub>Gestaffelt</sub>		679 KT		



VTKL lt. Ausschreibung		Grenzen 2. OZ		Veränderung der 2. OZ					
		von	bis	offensive Variante			defensive Variante		
Kalotte	VKL 7 / 18,62	17,32	19,92	15,75	neue VKL!	7 / 15,75	21,49	neue VKL!	7 / 21,49
	VKL 3 / 1,39	0,94	1,84	1,19	OK	3 / 1,19	1,59	OK	3 / 1,59
	VKL 7 / 10,41	9,11	1,84	8,69	neue VKL!	7 / 8,69	12,16	neue VKL!	7 / 12,16
	VKL 6 / 6,27	5,27	1,84	5,33	neue VKL!	6 / 5,33	7,21	neue VKL!	6 / 7,21
	VKL 5 / 2,76	1,96	1,84	2,36	neue VKL!	5 / 2,36	3,15	neue VKL!	5 / 3,15
Strosse	VKL 4 / 9,08	8,48	9,68	7,61	neue VKL!	4 / 7,61	10,56	neue VKL!	4 / 10,56
	VKL 2 / 1,52	1,17	1,87	1,37	OK	2 / 1,37	1,67	OK	2 / 1,67
	VKL 4 / 4,18	3,58	4,78	3,69	OK	4 / 3,69	4,68	OK	4 / 4,68
	VKL 3 / 2,63	2,18	3,08	2,26	OK	3 / 2,26	3,01	OK	3 / 3,01
	VKL 3 / 1,9	1,45	2,35	1,90	OK	3 / 1,9	1,90	OK	3 / 1,9
Sohle	VKL 5 / 4			4	OK	5 / 4	4	OK	5 / 4
	VKL 1 / 1			1	OK	1 / 1	1	OK	1 / 1
	VKL 4 / 3			3	OK	4 / 3	3	OK	4 / 3
	VKL 3 / 3			3	OK	3 / 3	3	OK	3 / 3
	VKL 2 / 2			2	OK	2 / 2	2	OK	2 / 2

realistisch								
	Bezeichnung		Zykluszeit	Abschlagslänge	Querschnitt	Kosten		
	Teilquerschnitt	A Kal	VKL 7 / 18,62	8,739 h	1,00 m	58,31 m <sup>2</sup>	2.534 €/Abschlag	2.534 €/m
B Kal		VKL 3 / 1,39	6,212 h	3,00 m	46,22 m <sup>2</sup>	1.801 €/Abschlag	600 €/m	13 €/m <sup>3</sup>
C Kal		VKL 7 / 10,41	7,102 h	1,00 m	50,04 m <sup>2</sup>	2.060 €/Abschlag	2.060 €/m	41 €/m <sup>3</sup>
D Kal		VKL 6 / 6,27	6,495 h	1,30 m	48,64 m <sup>2</sup>	1.884 €/Abschlag	1.449 €/m	30 €/m <sup>3</sup>
E Kal		VKL 5 / 2,76	4,909 h	1,70 m	48,29 m <sup>2</sup>	1.424 €/Abschlag	837 €/m	17 €/m <sup>3</sup>
A Str		VKL 4 / 9,08	3,555 h	1,00 m	17,76 m <sup>2</sup>	1.031 €/Abschlag	1.031 €/m	58 €/m <sup>3</sup>
B Str		VKL 2 / 1,52	2,449 h	2,20 m	24,25 m <sup>2</sup>	710 €/Abschlag	323 €/m	13 €/m <sup>3</sup>
C Str		VKL 4 / 4,18	2,267 h	1,00 m	24,98 m <sup>2</sup>	657 €/Abschlag	657 €/m	26 €/m <sup>3</sup>
D Str		VKL 3 / 2,63	2,221 h	1,30 m	24,62 m <sup>2</sup>	644 €/Abschlag	495 €/m	20 €/m <sup>3</sup>
E Str		VKL 3 / 1,9	2,367 h	1,70 m	24,51 m <sup>2</sup>	686 €/Abschlag	404 €/m	16 €/m <sup>3</sup>
A So		VKL 5 / 4	18,160 h	6,60 m	16,61 m <sup>2</sup>	5.266 €/Abschlag	798 €/m	48 €/m <sup>3</sup>
B So		VKL 1 / 1	9,087 h	36,00 m	1,82 m <sup>2</sup>	2.635 €/Abschlag	73 €/m	40 €/m <sup>3</sup>
C So		VKL 4 / 3	23,286 h	12,00 m	14,16 m <sup>2</sup>	6.753 €/Abschlag	563 €/m	40 €/m <sup>3</sup>
D So		VKL 3 / 3	43,851 h	24,00 m	13,38 m <sup>2</sup>	12.717 €/Abschlag	530 €/m	40 €/m <sup>3</sup>
E So		VKL 2 / 2	18,096 h	36,00 m	3,66 m <sup>2</sup>	5.248 €/Abschlag	146 €/m	40 €/m <sup>3</sup>
offensiv								
	Bezeichnung		Zykluszeit	Abschlagslänge	Querschnitt	Kosten		
	A Kal	VKL 7 / 15,75	6,113 h	1,00 m	58,31 m <sup>2</sup>	1.595 €/Abschlag	1.595 €/m	27 €/m <sup>3</sup>
Teilquerschnitt	B Kal	VKL 3 / 1,19	4,995 h	3,00 m	46,22 m <sup>2</sup>	1.304 €/Abschlag	435 €/m	9 €/m <sup>3</sup>
	C Kal	VKL 7 / 8,69	5,223 h	1,00 m	50,04 m <sup>2</sup>	1.363 €/Abschlag	1.363 €/m	27 €/m <sup>3</sup>
	D Kal	VKL 6 / 5,33	5,321 h	1,30 m	48,64 m <sup>2</sup>	1.389 €/Abschlag	1.068 €/m	22 €/m <sup>3</sup>
	E Kal	VKL 5 / 2,36	4,003 h	1,70 m	48,29 m <sup>2</sup>	1.045 €/Abschlag	615 €/m	13 €/m <sup>3</sup>
	A Str	VKL 4 / 7,61	2,746 h	1,00 m	17,76 m <sup>2</sup>	717 €/Abschlag	717 €/m	40 €/m <sup>3</sup>
	B Str	VKL 2 / 1,37	2,112 h	2,20 m	24,25 m <sup>2</sup>	551 €/Abschlag	251 €/m	10 €/m <sup>3</sup>
	C Str	VKL 4 / 3,69	1,902 h	1,00 m	24,98 m <sup>2</sup>	496 €/Abschlag	496 €/m	20 €/m <sup>3</sup>
	D Str	VKL 3 / 2,26	1,877 h	1,30 m	24,62 m <sup>2</sup>	490 €/Abschlag	377 €/m	15 €/m <sup>3</sup>
	E Str	VKL 3 / 1,9	2,034 h	1,70 m	24,51 m <sup>2</sup>	531 €/Abschlag	312 €/m	13 €/m <sup>3</sup>
	A So	VKL 5 / 4	13,899 h	6,60 m	16,61 m <sup>2</sup>	3.628 €/Abschlag	550 €/m	33 €/m <sup>3</sup>
	B So	VKL 1 / 1	7,250 h	36,00 m	1,82 m <sup>2</sup>	1.892 €/Abschlag	53 €/m	29 €/m <sup>3</sup>
	C So	VKL 4 / 3	18,578 h	12,00 m	14,16 m <sup>2</sup>	4.849 €/Abschlag	404 €/m	29 €/m <sup>3</sup>
	D So	VKL 3 / 3	34,985 h	24,00 m	13,38 m <sup>2</sup>	9.131 €/Abschlag	380 €/m	28 €/m <sup>3</sup>
	E So	VKL 2 / 2	14,438 h	36,00 m	3,66 m <sup>2</sup>	3.768 €/Abschlag	105 €/m	29 €/m <sup>3</sup>
	defensiv							
	Bezeichnung		Zykluszeit	Abschlagslänge	Querschnitt	Kosten		
	A Kal	VKL 7 / 21,49	11,986 h	1,00 m	58,31 m <sup>2</sup>	3.824 €/Abschlag	3.824 €/m	66 €/m <sup>3</sup>
Teilquerschnitt	B Kal	VKL 3 / 1,59	7,758 h	3,00 m	46,22 m <sup>2</sup>	2.475 €/Abschlag	825 €/m	18 €/m <sup>3</sup>
	C Kal	VKL 7 / 12,16	10,116 h	1,00 m	50,04 m <sup>2</sup>	3.227 €/Abschlag	3.227 €/m	64 €/m <sup>3</sup>
	D Kal	VKL 6 / 7,21	8,904 h	1,30 m	48,64 m <sup>2</sup>	2.840 €/Abschlag	2.185 €/m	45 €/m <sup>3</sup>
	E Kal	VKL 5 / 3,15	6,487 h	1,70 m	48,29 m <sup>2</sup>	2.069 €/Abschlag	1.217 €/m	25 €/m <sup>3</sup>
	A Str	VKL 4 / 10,56	4,589 h	1,00 m	17,76 m <sup>2</sup>	1.464 €/Abschlag	1.464 €/m	82 €/m <sup>3</sup>
	B Str	VKL 2 / 1,67	2,923 h	2,20 m	24,25 m <sup>2</sup>	933 €/Abschlag	424 €/m	17 €/m <sup>3</sup>
	C Str	VKL 4 / 4,68	2,739 h	1,00 m	24,98 m <sup>2</sup>	874 €/Abschlag	874 €/m	35 €/m <sup>3</sup>
	D Str	VKL 3 / 3,01	2,720 h	1,30 m	24,62 m <sup>2</sup>	868 €/Abschlag	667 €/m	27 €/m <sup>3</sup>
	E Str	VKL 3 / 1,9	2,799 h	1,70 m	24,51 m <sup>2</sup>	893 €/Abschlag	525 €/m	21 €/m <sup>3</sup>
	A So	VKL 5 / 4	22,374 h	6,60 m	16,61 m <sup>2</sup>	7.137 €/Abschlag	1.081 €/m	65 €/m <sup>3</sup>
	B So	VKL 1 / 1	10,490 h	36,00 m	1,82 m <sup>2</sup>	3.346 €/Abschlag	93 €/m	51 €/m <sup>3</sup>
	C So	VKL 4 / 3	26,869 h	12,00 m	14,16 m <sup>2</sup>	8.571 €/Abschlag	714 €/m	50 €/m <sup>3</sup>
	D So	VKL 3 / 3	50,591 h	24,00 m	13,38 m <sup>2</sup>	16.139 €/Abschlag	672 €/m	50 €/m <sup>3</sup>
	E So	VKL 2 / 2	20,882 h	36,00 m	3,66 m <sup>2</sup>	6.661 €/Abschlag	185 €/m	51 €/m <sup>3</sup>



**ÖBGL-Abminderung allgemein**

Faktor AV 65 %

Faktor Rep 70 %

Gerätekosten Vortrieb		Stk.	Neuwert		Einsatzdauer			ÖBGL-Abminderung		Abminderungsart	AV	Rep	AV	Rep	AV	Rep
Gerätenummer	Gerätebezeichnung		lt. ÖBGL	eigener	von	bis	Mo	AV	Rep		je Monat	gesamt (Stk.)	Gerätegruppe			
H.0.02.0090	Hydraulischer Bohrwagen für Tunnelvortrieb, auf Reifen	2		€ 180.000	Okt 10	Feb 12	16	40 %	50 %	gerätespezifisch	€ 2.448	€ 1.512	€ 4.896	€ 3.024	€ 38.495	€ 25.373
H.0.02.0090 - 00	Motorkabeltrommel für 1 bis 2 Bohrrarme, ohne Kabel	2		€ 12.345	Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 273	€ 181	€ 546	€ 363		
H.0.02.0090 - 03	Hochdruckwasserpumpe, elektrisch, zum Ankern incl. Setzarm	4	€ 11.100		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 245	€ 163	€ 981	€ 653		
H.0.02.0090 - 05	Hochdruckreiniger incl. Schlauchtrommel	4	€ 2.000		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 44	€ 29	€ 177	€ 118		
H.0.02.0090 - 06	Fettpresse incl. Schlauchtrommel	4	€ 4.990		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 110	€ 73	€ 441	€ 293		
H.0.02.0090 - 07	Luft-Wärmetauscher für Bohrwagen zweiarmig	4	€ 16.600		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 367	€ 244	€ 1.467	€ 976		
H.0.02.0090 - AE	Elektrohydraulische Steuerung	4	€ 83.800		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 1.852	€ 1.232	€ 7.408	€ 4.927		
H.0.12.0100	Bohrarm mit vollautomatischer Steuerung	4	€ 232.500		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 5.138	€ 3.418	€ 20.553	€ 13.671		
H.0.12.0100 - AA	Automatische Schmierung Bohrmunterteil	2	€ 3.330		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 74	€ 49	€ 147	€ 98		
H.0.21.0058	Lafette, teleskopierbar	2	€ 42.500		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 939	€ 625	€ 1.879	€ 1.250		
H.0.21.0058 - 00	Hydraulische Klemmvorrichtung für Verlängerungsbohrstangen	2	€ 11.300		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 250	€ 154	€ 499	€ 308		
H.0.21.0058 - 01	Übergabevorrichtung für eine Verlängerungsbohrstange	2	€ 39.700		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 877	€ 542	€ 1.755	€ 1.084		
H.0.30.0080	Ladepattform	2	€ 70.900		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 1.567	€ 968	€ 3.134	€ 1.936		
H.0.40.0715	Bohrhammer, hydraulisch	2	€ 56.700		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 1.364	€ 774	€ 2.727	€ 1.548		
H.5.52.0170	Tunnelradlader	2	€ 315.000		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 6.552	€ 4.851	€ 13.104	€ 9.702		
H.5.00.0132	Tunnelbagger mit Raupenfahrwerk - Antrieb Dieselmotor	2	€ 537.000		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 11.519	€ 10.149	€ 23.037	€ 20.299	€ 24.553	€ 21.571
H.5.00.0132 - AA	Baggerausleger ohne Tunnelgelenk	2	€ 31.200		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 669	€ 548	€ 1.338	€ 1.095		
D.1.60.1350	Tiefelöffel	2	€ 6.800		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 88	€ 88	€ 177	€ 177		
D.6.03.5449	Muldenhinterkipper starr, 4x2	3	€ 635.500		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 10.327	€ 9.787	€ 30.981	€ 29.360	€ 32.160	€ 30.478
D.6.03.5449 - AA	Felsmulde oder verstärkter Muldenboden	3	€ 19.100		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 310	€ 294	€ 931	€ 882		
D.6.03.5449 - AB	Klimaanlage	3	€ 5.100		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 83	€ 79	€ 249	€ 236		
H.1.70.0075	Spritzbeton-Manipulator zum Aufbau auf Trägergerät	2	€ 68.100		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 1.195	€ 1.001	€ 2.390	€ 2.002	€ 5.005	€ 4.192
H.1.70.0075 - AA	Pumpe für Beton-Zusatzmittel, flüssig	2	€ 11.300		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 198	€ 166	€ 397	€ 332		
H.1.70.0075 - AE	Kabeltrommel, ohne Kabel	2	€ 14.200		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 249	€ 209	€ 498	€ 417		
H.1.70.0075 - AF	E-Kompressor, 14 m³/min	2	€ 46.600		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 818	€ 685	€ 1.636	€ 1.370		
H.1.70.0075 - AG	Hochdruckreiniger	2	€ 1.360		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 24	€ 20	€ 48	€ 40		
H.1.70.0075 - AH	Wassertank	2	€ 1.020		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 18	€ 15	€ 36	€ 30		
H.8.01.1037	Axiallüfter mit einem Elektromotor, mit verstellbaren Schaufeln	1	€ 15.900		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 217	€ 145	€ 217	€ 145	€ 336	€ 224
H.8.01.1037 - AA	Pol-Umschaltbarer Motor (2/4 polig)	1	€ 2.390		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 33	€ 22	€ 33	€ 22		
H.8.01.1037 - AC	Schlagwettergeschützte Ausführung	1	€ 4.770		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 65	€ 43	€ 65	€ 43		
H.8.05.1000	Schalldämpfer für Luttenlüfter	1	€ 1.530		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 21	€ 14	€ 21	€ 14		
C.8.20.3509	Teleskoparmstapler, Dieselmotor	2	€ 77.000		Okt 10	Feb 12	16			allgemein	€ 1.401	€ 1.024	€ 2.803	€ 2.048		
										allgemein						
										allgemein						
										allgemein						
										allgemein						
Gesamtgerätekosten											€ 49.336	€ 39.104	€ 124.570	€ 98.463		

Gerätekosten	VT-Beginn	VT-Ende	Vortriebsdauer	AV	Rep	gesamt
realistische Variante	01.10.2010	Feb 12	16,3 Mo	2.030.492 €	1.604.944 €	3.635.436 €
offensive Variante	01.10.2010	Okt 11	12,3 Mo	1.528.059 €	1.207.811 €	2.735.870 €
defensive Variante	01.10.2010	Aug 12	22,3 Mo	2.777.913 €	2.195.721 €	4.973.633 €

Vortriebsklasse	7 / 18,62	<b>Kalotte - Ausbau A (realistisch)</b>					
Abschlagslänge	1,00 m	<b>Kosten</b>					
Querschnitt	58,31 m <sup>2</sup>						
Linie 1a	17,10 m					Materialkosten gesamt 3.977,2 €	
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>						<b>191,9 €</b>	
Bohren	Kranzlöcher	55 Stk		38 Stk			
Sprengstoff		0,3 kg/Stk		0,5 kg/Stk		71,0 €	
Zünder	93 Stk					120,9 €	
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							
<u>Bogen</u>						0,0 €	
Bogengewicht	254,8 kg					382,2 €	
<u>Baustahlgitter</u>						0,0 €	
Profil	34,20 m <sup>2</sup> /m	34,20 m <sup>2</sup>	4,44 kg/m <sup>2</sup>			121,5 €	
Sohle, Kalottensohle	22,68 m <sup>2</sup> /m	22,68 m <sup>2</sup>	4,44 kg/m <sup>2</sup>			80,6 €	
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup> /m	45,40 m <sup>2</sup>	4,44 kg/m <sup>2</sup>			161,3 €	
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg				0,0 €	
<u>Verformungsschlitz</u>						0,0 €	
mit Stauchelemente	0 Stk					0,0 €	
<b>Spritzbeton</b>	<b>13,8 m<sup>3</sup></b>					<b>967,4 €</b>	
<b>Anker</b>						<b>596,4 €</b>	
<u>Profilanker</u>		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		0,0 €	
Swellen oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	10,5 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	113,4 €
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
<u>Ortsbrustanker</u>							0,0 €
Selbstbohranker	12,0 Stk	8,00 m/Stk					480,0 €
Ankerplatten	6,0 Stk						3,0 €
							0,0 €
<b>Spieße</b>							<b>1.476,0 €</b>
Rammspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
unvermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
vermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	41,0 Stk	4,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	1.476,0 €
Verpreßrohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
							0,0 €
<b>Dielen</b>							<b>0,0 €</b>
Dielenfläche	0,00 m <sup>2</sup>						0,0 €

Vortriebsklasse	4 / 9,08		<b>Strosse- Ausbau A (realistisch)</b>				<b>Kosten</b>	
Abschlagslänge	1,00 m							
Querschnitt	17,76 m <sup>2</sup>							
Linie 1a	5,22 m						Materialkosten gesamt	379,1 €
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>								<b>78,8 €</b>
Bohren	Kranzlöcher	26 Stk	Innenlöcher	14 Stk				0,0 €
Sprengstoff		0,3 kg/Stk		0,4 kg/Stk				26,8 €
Zünder	40 Stk							52,0 €
								0,0 €
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>								
<u>Bogen</u>								0,0 €
Bogengewicht	77,78 kg							116,7 €
<u>Baustahlgitter</u>								0,0 €
Profil	10,44 m <sup>2</sup> /m	10,44 m <sup>2</sup>	4,44 kg/m <sup>2</sup>					37,1 €
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup> /m	0,00 m <sup>2</sup>	4,44 kg/m <sup>2</sup>					0,0 €
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg						0,0 €
								0,0 €
<b>Spritzbeton</b>	<b>1,6 m<sup>3</sup></b>							<b>114,2 €</b>
								0,0 €
<b>Anker</b>								
<b>3,0 Stk</b>		<b>6,00 m/Stk</b>						
<u>Profilanker</u>		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m				0,0 €
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk		
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €	
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	3,0 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	32,4 €	
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €	
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €	
								0,0 €
<u>Ortsbrustanker</u>								0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk						
Ankerplatten	0,0 Stk							0,0 €

Vortriebsklasse	5 / 4		<b>Sohle- Ausbau A (realistisch)</b>				<b>Kosten</b>
Abschlagslänge	6,60 m						
Querschnitt	16,61 m <sup>2</sup>						
Linie 1a	7,85 m						Materialkosten gesamt 1.456,1 €
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>							
Bohren	Kranzlöcher	0 Stk	Innenlöcher	0 Stk		0,0 €	
Sprengstoff		0,0 kg/Stk		0,0 kg/Stk		0,0 €	
Zünder	0 Stk						0,0 €
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							
<u>Bogen</u>							0,0 €
Bogengewicht	0,00 kg						0,0 €
<u>Baustahlgitter</u>							0,0 €
Profil	15,70 m <sup>2</sup> /m	103,62 m <sup>2</sup>	4,44 kg/m <sup>2</sup>				368,1 €
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg					0,0 €
							0,0 €
<b>Spritzbeton</b>	<b>15,5 m<sup>3</sup></b>						<b>1.088,0 €</b>
							<b>0,0 €</b>
<b>Anker</b>	<b>0,0 Stk</b>		<b>0,00 m/Stk</b>				<b>0,0 €</b>
<u>Profilanker</u>			< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €

Vortriebsklasse	7 / 15,75		<b>Kalotte - Ausbau A (offensiv)</b>			<b>Kosten</b>	
Abschlagslänge	1,00 m						
Querschnitt	58,31 m <sup>2</sup>						
Linie 1a	17,10 m		Materialkosten gesamt				2.792,4 €
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>							<b>129,5 €</b>
Bohren	Kranzlöcher	50 Stk			35 Stk		
Sprengstoff		0,2 kg/Stk			0,4 kg/Stk	36,0 €	
Zünder	85 Stk					93,5 €	
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							
<u>Bogen</u>						0,0 €	
Bogengewicht	224,0 kg					268,8 €	
<u>Baustahlgitter</u>						0,0 €	
Profil	34,20 m <sup>2</sup> /m	34,20 m <sup>2</sup>	3,08 kg/m <sup>2</sup>			84,3 €	
Sohle, Kalottensohle	18,14 m <sup>2</sup> /m	18,14 m <sup>2</sup>	3,08 kg/m <sup>2</sup>			44,7 €	
Ortsbrust	45,40 m <sup>2</sup> /m	45,40 m <sup>2</sup>	3,08 kg/m <sup>2</sup>			111,9 €	
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg				0,0 €	
<u>Verformungsschlitz</u>						0,0 €	
mit Stauchelemente	0 Stk					0,0 €	
<b>Spritzbeton</b>	<b>11,5 m<sup>3</sup></b>					<b>750,2 €</b>	
<b>Anker</b>							<b>458,5 €</b>
<u>Profilanker</u>	< 4,0 m		4,0 - 8,0 m		> 8,0 m		0,0 €
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	8,4 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	72,6 €
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
<u>Ortsbrustanker</u>						0,0 €	
Selbstbohranker	12,0 Stk	8,00 m/Stk				384,0 €	
Ankerplatten	4,8 Stk					1,9 €	
<b>Spieße</b>							<b>944,6 €</b>
Rammspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
unvermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
vermörtelte Spieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	32,8 Stk	4,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	944,6 €
Verpreßrohrspieße	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
<b>Dielen</b>							<b>0,0 €</b>
Dielenfläche	0,00 m <sup>2</sup>					0,0 €	

Vortriebsklasse	4 / 7,61		<b>Strosse - Ausbau A (offensiv)</b>				
Abschlagslänge	1,00 m		<b>Kosten</b>				
Querschnitt	17,76 m <sup>2</sup>						
Linie 1a	5,22 m						Materialkosten gesamt 273,6 €
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>							56,0 €
Bohren	Kranzlöcher	26 Stk	Innenlöcher	14 Stk			0,0 €
Sprengstoff		0,2 kg/Stk		0,2 kg/Stk			12,0 €
Zünder	40 Stk						44,0 €
							0,0 €
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							
<u>Bogen</u>							0,0 €
Bogengewicht	68,38 kg						82,1 €
<u>Baustahlgitter</u>							0,0 €
Profil	10,44 m <sup>2</sup> /m	10,44 m <sup>2</sup>	3,08 kg/m <sup>2</sup>				25,7 €
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup> /m	0,00 m <sup>2</sup>	3,08 kg/m <sup>2</sup>				0,0 €
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg					0,0 €
							0,0 €
<b>Spritzbeton</b>	<b>1,4 m<sup>3</sup></b>						<b>89,1 €</b>
							0,0 €
<b>Anker</b>							
<u>Profilanker</u>	<b>2,4 Stk</b>		<b>6,00 m/Stk</b>				
		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m			0,0 €
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	2,4 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	20,7 €
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
<u>Ortsbrustanker</u>							0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk					
Ankerplatten	0,0 Stk						0,0 €

Vortriebsklasse	5 / 4		<b>Sohle - Ausbau A (offensiv)</b>				
Abschlagslänge	6,60 m		<b>Kosten</b>				
Querschnitt	16,61 m <sup>2</sup>						
Linie 1a	7,85 m						Materialkosten gesamt 1.130,9 €
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>							
Bohren	Kranzlöcher	0 Stk	Innenlöcher	0 Stk			0,0 €
Sprengstoff		0,0 kg/Stk		0,0 kg/Stk			0,0 €
Zünder	0 Stk						0,0 €
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							
<u>Bogen</u>							0,0 €
Bogengewicht	0,00 kg						0,0 €
<u>Baustahlgitter</u>							0,0 €
Profil	15,70 m <sup>2</sup> /m	103,62 m <sup>2</sup>	3,08 kg/m <sup>2</sup>				255,3 €
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg					0,0 €
<b>Spritzbeton</b>	<b>13,5 m<sup>3</sup></b>						875,6 €
<b>Anker</b>	<b>0,0 Stk</b>	<b>0,00 m/Stk</b>					<b>0,0 €</b>
<u>Profilanker</u>		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m			
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €



Vortriebsklasse	4 / 10,56		<b>Strosse - Ausbau A (defensiv)</b>				
Abschlagslänge	1,00 m		<b>Kosten</b>				
Querschnitt	17,76 m <sup>2</sup>						
Linie 1a	5,22 m						Materialkosten gesamt 603,7 €
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>							103,5 €
Bohren	Kranzlöcher	26 Stk	Innenlöcher	14 Stk			0,0 €
Sprengstoff		0,4 kg/Stk		0,5 kg/Stk			43,5 €
Zünder	40 Stk						60,0 €
							0,0 €
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							
<u>Bogen</u>							0,0 €
Bogengewicht	95,00 kg						171,0 €
<u>Baustahlgitter</u>							0,0 €
Profil	10,44 m <sup>2</sup> /m	10,44 m <sup>2</sup>	6,04 kg/m <sup>2</sup>				50,4 €
Ortsbrust	0,00 m <sup>2</sup> /m	0,00 m <sup>2</sup>	6,04 kg/m <sup>2</sup>				0,0 €
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg					0,0 €
							0,0 €
<b>Spritzbeton</b>	<b>3,1 m<sup>3</sup></b>						<b>232,1 €</b>
							0,0 €
<b>Anker</b>							
<b>3,6 Stk</b>		<b>6,00 m/Stk</b>					
<u>Profilanker</u>		< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m			0,0 €
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	3,6 Stk	6,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	46,7 €
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
<u>Ortsbrustanker</u>							0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk					
Ankerplatten	0,0 Stk						0,0 €

Vortriebsklasse	5 / 4		<b>Sohle - Ausbau A (defensiv)</b>				
Abschlagslänge	6,60 m		<b>Kosten</b>				
Querschnitt	16,61 m <sup>2</sup>						
Linie 1a	7,85 m						Materialkosten gesamt 1.821,9 €
<b>Bohren &amp; Sprengen</b>							<b>0,0 €</b>
Bohren	Kranzlöcher	0 Stk	Innenlöcher	0 Stk			0,0 €
Sprengstoff		0,0 kg/Stk		0,0 kg/Stk			0,0 €
Zünder	0 Stk						0,0 €
<b>Sicherung Bogen/Bstg.</b>							<b>0,0 €</b>
<u>Bogen</u>							0,0 €
Bogengewicht	0,00 kg						0,0 €
<u>Baustahlgitter</u>							0,0 €
Profil	15,70 m <sup>2</sup> /m	103,62 m <sup>2</sup>	6,04 kg/m <sup>2</sup>				500,7 €
Zusatzbew.	0,00 kg/m	0,00 kg					0,0 €
<b>Spritzbeton</b>							<b>1.321,2 €</b>
		<b>17,6 m<sup>3</sup></b>					<b>0,0 €</b>
<b>Anker</b>							<b>0,0 €</b>
		<b>0,0 Stk</b>	<b>0,00 m/Stk</b>				<b>0,0 €</b>
<u>Profilanker</u>							<b>0,0 €</b>
			< 4,0 m	4,0 - 8,0 m	> 8,0 m		
Swellex oder gleichw.	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
SN Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Selbstbohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Verpressrohranker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €
Vorgesp. Mörtelanker	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 Stk	0,00 m/Stk	0,0 €

Gesamtkostenübersicht			Kosten - realistisch		Kosten - offensiv		Kosten - defensiv		
			je m	je m <sup>3</sup>	je m	je m <sup>3</sup>	je m	je m <sup>3</sup>	
Gesamt			31.707 €/m	1.032 €/m <sup>3</sup>	22.345 €/m	810 €/m <sup>3</sup>	43.782 €/m	1.303 €/m <sup>3</sup>	
Summe	Vortriebs- klasse	A	10.529 €/m	310 €/m <sup>3</sup>	7.295 €/m	232 €/m <sup>3</sup>	14.692 €/m	412 €/m <sup>3</sup>	
Summe		B	3.125 €/m	138 €/m <sup>3</sup>	2.355 €/m	117 €/m <sup>3</sup>	4.218 €/m	163 €/m <sup>3</sup>	
Summe		C	7.845 €/m	232 €/m <sup>3</sup>	5.650 €/m	183 €/m <sup>3</sup>	10.344 €/m	286 €/m <sup>3</sup>	
Summe		D	6.410 €/m	200 €/m <sup>3</sup>	4.153 €/m	150 €/m <sup>3</sup>	9.344 €/m	261 €/m <sup>3</sup>	
Summe		E	3.798 €/m	152 €/m <sup>3</sup>	2.891 €/m	128 €/m <sup>3</sup>	5.184 €/m	181 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	A	4.363 €/m	150 €/m <sup>3</sup>	2.862 €/m	101 €/m <sup>3</sup>	6.369 €/m	213 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		A	1.589 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	1.196 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	2.174 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	
Material		A	4.577 €/m	103 €/m <sup>3</sup>	3.237 €/m	74 €/m <sup>3</sup>	6.150 €/m	141 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	B	997 €/m	67 €/m <sup>3</sup>	738 €/m	49 €/m <sup>3</sup>	1.342 €/m	86 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		B	1.589 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	1.196 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	2.174 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	
Material		B	540 €/m	14 €/m <sup>3</sup>	422 €/m	11 €/m <sup>3</sup>	702 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	C	3.280 €/m	107 €/m <sup>3</sup>	2.264 €/m	76 €/m <sup>3</sup>	4.815 €/m	150 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		C	1.589 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	1.196 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	2.174 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	
Material		C	2.976 €/m	68 €/m <sup>3</sup>	2.191 €/m	50 €/m <sup>3</sup>	3.355 €/m	79 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	D	2.474 €/m	90 €/m <sup>3</sup>	1.826 €/m	66 €/m <sup>3</sup>	3.525 €/m	122 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		D	1.589 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	1.196 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	2.174 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	
Material		D	2.347 €/m	53 €/m <sup>3</sup>	1.132 €/m	27 €/m <sup>3</sup>	3.646 €/m	81 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	E	1.387 €/m	74 €/m <sup>3</sup>	1.031 €/m	54 €/m <sup>3</sup>	1.927 €/m	97 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		E	1.589 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	1.196 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	2.174 €/m	57 €/m <sup>3</sup>	
Material		E	822 €/m	20 €/m <sup>3</sup>	664 €/m	16 €/m <sup>3</sup>	1.083 €/m	27 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	A Kalotte	2.534 €/m	43 €/m <sup>3</sup>	1.595 €/m	27 €/m <sup>3</sup>	3.824 €/m	66 €/m <sup>3</sup>	
Personal		A Strosse	1.031 €/m	58 €/m <sup>3</sup>	717 €/m	40 €/m <sup>3</sup>	1.464 €/m	82 €/m <sup>3</sup>	
Personal		A Sohle	798 €/m	48 €/m <sup>3</sup>	550 €/m	33 €/m <sup>3</sup>	1.081 €/m	65 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		A Kalotte	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		A Strosse	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		A Sohle	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Material		A Kalotte	3.977 €/m	68 €/m <sup>3</sup>	2.792 €/m	48 €/m <sup>3</sup>	5.270 €/m	90 €/m <sup>3</sup>	
Material		A Strosse	379 €/m	21 €/m <sup>3</sup>	274 €/m	15 €/m <sup>3</sup>	604 €/m	34 €/m <sup>3</sup>	
Material		A Sohle	221 €/m	13 €/m <sup>3</sup>	171 €/m	10 €/m <sup>3</sup>	276 €/m	17 €/m <sup>3</sup>	
Personal		Vortriebs- klasse	B Kalotte	600 €/m	13 €/m <sup>3</sup>	435 €/m	9 €/m <sup>3</sup>	825 €/m	18 €/m <sup>3</sup>
Personal			B Strosse	323 €/m	13 €/m <sup>3</sup>	251 €/m	10 €/m <sup>3</sup>	424 €/m	17 €/m <sup>3</sup>
Personal			B Sohle	73 €/m	40 €/m <sup>3</sup>	53 €/m	29 €/m <sup>3</sup>	93 €/m	51 €/m <sup>3</sup>
Geräte	B Kalotte		530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte	B Strosse		530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte	B Sohle		530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Material	B Kalotte		412 €/m	9 €/m <sup>3</sup>	327 €/m	7 €/m <sup>3</sup>	508 €/m	11 €/m <sup>3</sup>	
Material	B Strosse		128 €/m	5 €/m <sup>3</sup>	95 €/m	4 €/m <sup>3</sup>	194 €/m	8 €/m <sup>3</sup>	
Material	B Sohle		0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	C Kalotte	2.060 €/m	41 €/m <sup>3</sup>	1.363 €/m	27 €/m <sup>3</sup>	3.227 €/m	64 €/m <sup>3</sup>	
Personal		C Strosse	657 €/m	26 €/m <sup>3</sup>	496 €/m	20 €/m <sup>3</sup>	874 €/m	35 €/m <sup>3</sup>	
Personal		C Sohle	563 €/m	40 €/m <sup>3</sup>	404 €/m	29 €/m <sup>3</sup>	714 €/m	50 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		C Kalotte	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		C Strosse	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		C Sohle	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Material		C Kalotte	2.569 €/m	51 €/m <sup>3</sup>	1.899 €/m	38 €/m <sup>3</sup>	2.775 €/m	55 €/m <sup>3</sup>	
Material		C Strosse	407 €/m	16 €/m <sup>3</sup>	291 €/m	12 €/m <sup>3</sup>	580 €/m	23 €/m <sup>3</sup>	
Material		C Sohle	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	D Kalotte	1.449 €/m	30 €/m <sup>3</sup>	1.068 €/m	22 €/m <sup>3</sup>	2.185 €/m	45 €/m <sup>3</sup>	
Personal		D Strosse	495 €/m	20 €/m <sup>3</sup>	377 €/m	15 €/m <sup>3</sup>	667 €/m	27 €/m <sup>3</sup>	
Personal		D Sohle	530 €/m	40 €/m <sup>3</sup>	380 €/m	28 €/m <sup>3</sup>	672 €/m	50 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		D Kalotte	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		D Strosse	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		D Sohle	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Material		D Kalotte	2.123 €/m	44 €/m <sup>3</sup>	969 €/m	20 €/m <sup>3</sup>	3.333 €/m	69 €/m <sup>3</sup>	
Material		D Strosse	224 €/m	9 €/m <sup>3</sup>	163 €/m	7 €/m <sup>3</sup>	312 €/m	13 €/m <sup>3</sup>	
Material		D Sohle	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	
Personal	Vortriebs- klasse	E Kalotte	837 €/m	17 €/m <sup>3</sup>	615 €/m	13 €/m <sup>3</sup>	1.217 €/m	25 €/m <sup>3</sup>	
Personal		E Strosse	404 €/m	16 €/m <sup>3</sup>	312 €/m	13 €/m <sup>3</sup>	525 €/m	21 €/m <sup>3</sup>	
Personal		E Sohle	146 €/m	40 €/m <sup>3</sup>	105 €/m	29 €/m <sup>3</sup>	185 €/m	51 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		E Kalotte	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		E Strosse	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Geräte		E Sohle	530 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	399 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	725 €/m	19 €/m <sup>3</sup>	
Material		E Kalotte	652 €/m	14 €/m <sup>3</sup>	529 €/m	11 €/m <sup>3</sup>	870 €/m	18 €/m <sup>3</sup>	
Material		E Strosse	170 €/m	7 €/m <sup>3</sup>	135 €/m	6 €/m <sup>3</sup>	212 €/m	9 €/m <sup>3</sup>	
Material		E Sohle	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	0 €/m	0 €/m <sup>3</sup>	

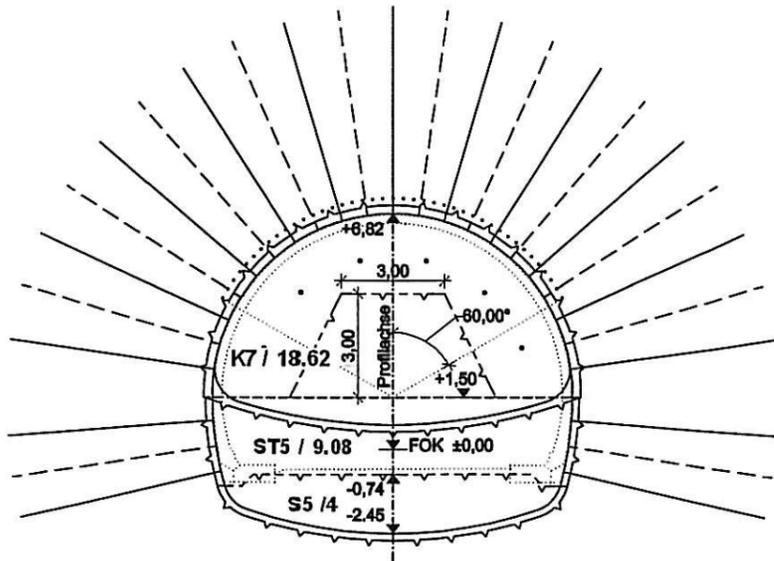
VKL	Ausbruch		Vortriebsleistung je AT lt. K7-Blatt	Vortriebsleistung je Arbeitstag						Bezeichnung	
	Menge	Querschnitt		realistische Variante		offensive Variante		defensive Variante			
				lt. Excel	% von VL	lt. Excel	% von VL	lt. Excel	% von VL		
Kalotte 3/0,62	6.800 m <sup>3</sup>	45,37 m <sup>2</sup>	16,24 m								
Strosse 1/0,38	3.600 m <sup>3</sup>	23,99 m <sup>2</sup>	16,24 m								
Sohle 1/1	341 m <sup>3</sup>	1,82 m <sup>2</sup>	15,57 m								
Kalotte 3/1,39	10.400 m <sup>3</sup>	46,22 m <sup>2</sup>	15,12 m	11,59 m	76,7%	14,41 m	95,3%	9,28 m	61,4%	B	
Strosse 1/1,52	5.450 m <sup>3</sup>	24,25 m <sup>2</sup>	15,12 m	21,56 m	142,6%	25,00 m	165,4%	18,06 m	119,5%	B	
Sohle 1/1	341 m <sup>3</sup>	1,82 m <sup>2</sup>	15,57 m	95,08 m	610,9%	119,17 m	765,7%	82,36 m	529,2%	B	
Kalotte 4/1,86	46.900 m <sup>3</sup>	46,22 m <sup>2</sup>	12,98 m								
Strosse 2/1,52	24.600 m <sup>3</sup>	24,25 m <sup>2</sup>	12,98 m								
Sohle 1/2	4.110 m <sup>3</sup>	3,66 m <sup>2</sup>	11,29 m								
Kalotte 4/2,61	58.000 m <sup>3</sup>	47,07 m <sup>2</sup>	9,90 m								
Strosse 2/2,51	30.200 m <sup>3</sup>	24,51 m <sup>2</sup>	9,90 m								
Sohle 1/2	4.110 m <sup>3</sup>	3,66 m <sup>2</sup>	11,29 m								
Kalotte 5/2,76	44.600 m <sup>3</sup>	48,29 m <sup>2</sup>	9,35 m	8,31 m	88,9%	10,19 m	109,0%	6,29 m	67,3%	E	
Strosse 3/1,90	22.700 m <sup>3</sup>	24,51 m <sup>2</sup>	9,35 m	17,24 m	184,4%	20,06 m	214,5%	14,58 m	155,9%	E	
Sohle 2/2	3.265 m <sup>3</sup>	3,66 m <sup>2</sup>	8,99 m	47,75 m	531,3%	59,84 m	666,0%	41,37 m	460,4%	E	
Kalotte 5/3,85	41.500 m <sup>3</sup>	48,29 m <sup>2</sup>	8,59 m								
Strosse 3/2,68	21.300 m <sup>3</sup>	24,77 m <sup>2</sup>	8,59 m								
Sohle 2/2	3.265 m <sup>3</sup>	3,66 m <sup>2</sup>	8,99 m								
Kalotte 6/6,27	35.500 m <sup>3</sup>	48,64 m <sup>2</sup>	6,27 m	4,80 m	76,6%	5,86 m	93,5%	3,50 m	55,9%	D	
Strosse 4/2,63	18.000 m <sup>3</sup>	24,62 m <sup>2</sup>	6,27 m	14,05 m	224,1%	16,62 m	265,1%	11,47 m	182,9%	D	
Sohle 3/3	10.000 m <sup>3</sup>	13,38 m <sup>2</sup>	6,04 m	13,14 m	217,3%	16,46 m	272,4%	11,39 m	188,3%	D	
Kalotte 6/8,18	35.500 m <sup>3</sup>	48,64 m <sup>2</sup>	5,82 m								
Strosse 4/3,22	18.200 m <sup>3</sup>	24,88 m <sup>2</sup>	5,82 m								
Sohle 3/3	10.000 m <sup>3</sup>	13,38 m <sup>2</sup>	6,04 m								
Kalotte 7/10,41	17.600 m <sup>3</sup>	50,04 m <sup>2</sup>	4,74 m	3,38 m	71,3%	4,60 m	96,9%	2,37 m	50,0%	C	
Strosse 5/4,18	8.780 m <sup>3</sup>	24,98 m <sup>2</sup>	4,74 m	10,59 m	223,3%	12,62 m	266,1%	8,76 m	184,8%	C	
Sohle 4/3	4.265 m <sup>3</sup>	14,16 m <sup>2</sup>	4,57 m	12,37 m	270,7%	15,50 m	339,3%	10,72 m	234,6%	C	
Kalotte 7/15,79	12.100 m <sup>3</sup>	50,04 m <sup>2</sup>	4,32 m								
Strosse 5/6,00	6.080 m <sup>3</sup>	25,24 m <sup>2</sup>	4,32 m								
Sohle 4/3	4.265 m <sup>3</sup>	14,16 m <sup>2</sup>	4,57 m								
Kalotte 7/18,62	5.780 m <sup>3</sup>	58,31 m <sup>2</sup>	3,19 m	2,75 m	86,2%	3,93 m	123,2%	2,00 m	62,8%	A	
Strosse 5/9,08	1.760 m <sup>3</sup>	17,76 m <sup>2</sup>	3,19 m	6,75 m	211,8%	8,74 m	274,2%	5,23 m	164,1%	A	
Sohle 5/4	1.350 m <sup>3</sup>	16,61 m <sup>2</sup>	2,98 m	8,72 m	293,1%	11,40 m	382,9%	7,08 m	237,9%	A	
Kalotte 7/22,12	3.330 m <sup>3</sup>	63,14 m <sup>2</sup>	2,73 m								
Strosse 5/11,06	1.580 m <sup>3</sup>	18,62 m <sup>2</sup>	2,73 m								
Sohle 5/4	1.350 m <sup>3</sup>	16,61 m <sup>2</sup>	2,98 m								



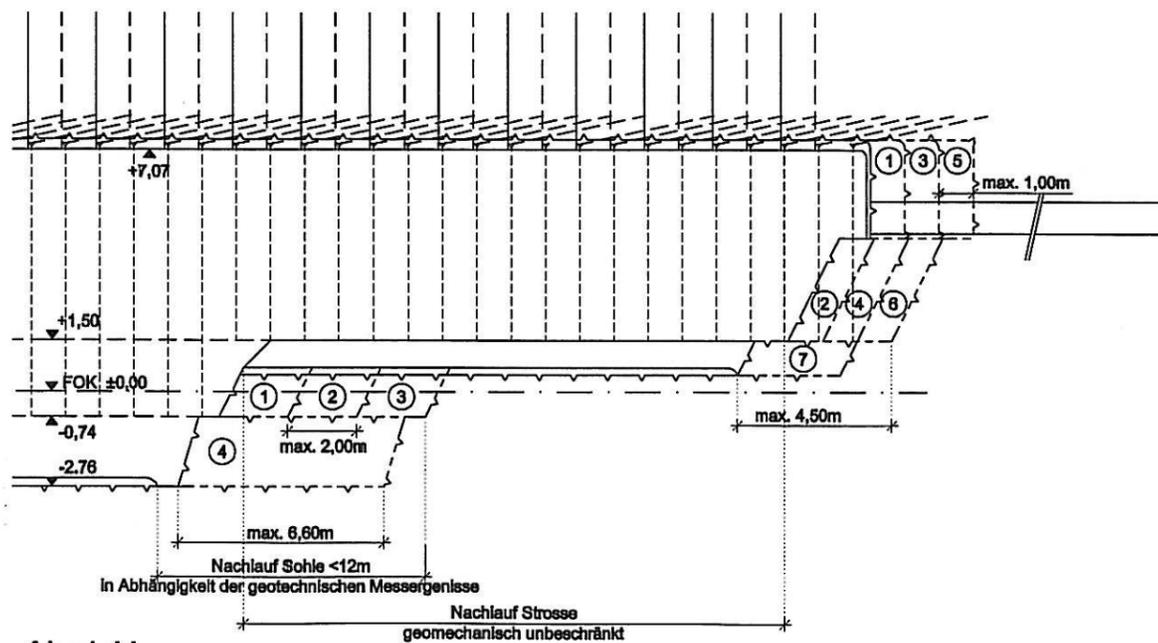
# **Anhang C**

## **Stützmittelpläne**

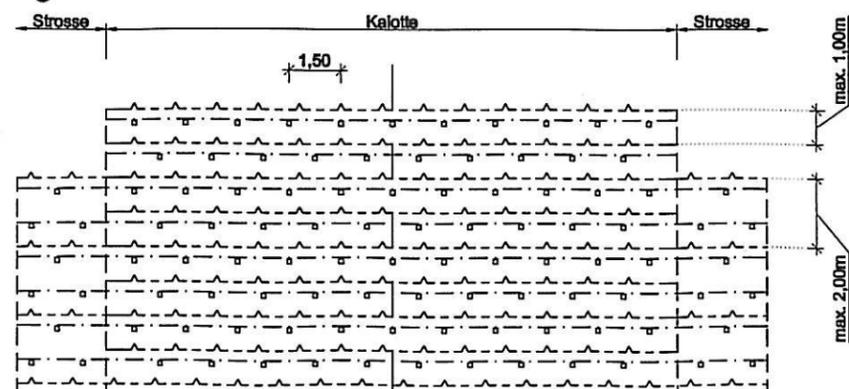
# Querschnitt



# Längenschnitt (Darstellung ohne Entwässerungseinrichtungen)



# Abwicklung



Vortriebsklasse - Kalotte K7 / 18.62					
Übermass $u_m$ [cm]: 15,00		Abschlagslänge [m]: max. 1.00			
Ausbruchfläche [m <sup>2</sup> ]: 58,31		Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 43,53		Linie 1a [m]: 17,10	
Stützmittel / lfm - Tunnel		Menge / m	Faktor	Produkt	
Spritzbeton: -Kalotte ds=25cm		17.10 m <sup>2</sup>	4.28 m <sup>2</sup>	20	85.50
-Kalottensohlgewölbe ds=20cm		11.34 m <sup>2</sup>	2.27 m <sup>2</sup>	12	27.22
-Ortsbrust ds=10cm		45.4 m <sup>2</sup>	4.54 m <sup>2</sup>	14	63.56
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig mit Bogen		17.10 m <sup>2</sup>	17.10 m <sup>2</sup>	1.0	17.1
-Hohlraumseitig mit Bogen		17.10 m <sup>2</sup>	17.10 m <sup>2</sup>	1.5	25.65
-Kalottensohle ( 2-lagig)		22.68 m <sup>2</sup>	22.68 m <sup>2</sup>	0.8	18.14
-Ortsbrust		45.4 m <sup>2</sup>	45.40 m <sup>2</sup>	2	90.80
Stahlgitterbogen 95/22/32		17.10 m	17.10 m	2.0	34.20
Selbstbohranker 250KN L=8m		10.50 Stk	83.00 m	1.7	107.10
SB-Ortsbrustanker 250KN, L=8m, e=4m		12.00 Stk	12.00 Stk.	8.0	96.00
-Versetzen der Ankerplatte ohne Vorspannung		6.00 Stk	6.00 Stk.	1.7	10.20
Selbstbohrspiesse, L=4m		41.00 Stk	164.00 m	1.3	213.2
Stützkern		1.00 Stk	1.00 Stk.	22	22.00
<b>Summe:</b>					<b>810.67</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>					<b>18.62</b>
Vortriebsklasse - Strosse ST5 / 9.08					
Übermass $u_m$ [cm]: 10,00		Abschlagslänge [m]: max. 2.00			
Ausbruchfläche [m <sup>2</sup> ]: 17,76		Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 13,76		Linie 1a [m]: 5,22	
Nachlauf Strosse: geom echanisch unbeschränkt					
Stützmittel / lfm - Tunnel		Menge / m	Faktor	Produkt	
Spritzbeton: -Strosse ds=20cm		5.22 m <sup>2</sup>	1.04 m <sup>2</sup>	20	20.88
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig mit Bogen		5.22 m <sup>2</sup>	5.22 m <sup>2</sup>	1.0	5.22
-Hohlraumseitig mit Bogen		5.22 m <sup>2</sup>	5.22 m <sup>2</sup>	1.5	7.83
Stahlgitterbogen 95/22/32		5.22 m	5.22 m	2.0	10.44
Selbstbohranker 250KN L=8m		3.00 Stk	18.00 m	1.7	30.60
Abbruch Kalottensohlgewölbe einschließlich temp. Auffüllung			1.00 m	50	50.00
<b>Summe:</b>					<b>124.97</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>					<b>9.08</b>
Vortriebsklasse - Sohle S5 / 4					
Übermass $u_m$ [cm]: 10,00		Öffnungslänge [m]: max. 6,60			
Ausbruchfläche [m <sup>2</sup> ]: 16,61		Ausbauart: Sohlgewölbe ohne Längsteilung			
Nachlauf Sohle: <12m in Abhängigkeit der geotechnischen Messergebnisse					
Spritzbeton - Sohle ds=20cm					
Spritzbetonbewehrung - Bergseitig und Hohlraumseitig					

# Legende

- Selbstbohranker 250KN L=8m
- SB-Ortsbrustanker 250KN L=8m

# Anmerkung:

- Die Vortriebsklassen werden unabhängig voneinander für Kalotte, Strosse und Sohle festgelegt. Alle Stützmittel sind sofort nach jedem Abschlag einzubauen. Bei Anordnung eines Stützkerns können die Anker, die hohlraumseitige Bewehrungslage und der Spritzbeton zum Einspritzen der 2. Bewehrungslage im dahinterliegenden Abschlag eingebaut werden.
- Die im Systembild dargestellte Anordnung gilt für homogenes Gebirge.
- Bei inhomogenen Verhältnissen sind insbesondere die Ankerungen darauf abzustimmen.
- Die Ankerung ist auch auf die Schichtung und Klüftung abzustimmen.
- Die angegebene Anzahl Ortsbrustanker in Stk. bezieht sich auf die Anzahl vorhandener Ortsbrustanker im jeweiligen Abschlag.

**ASF INIAG**  
AUTOBAHNEN- UND SCHNELLSTRASSEN-  
 FINANZIERUNGS- AKTIENGESELLSCHAFT

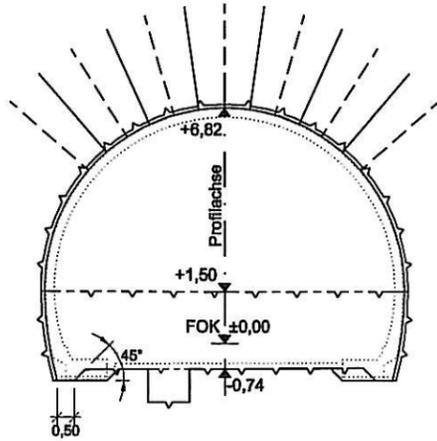
# BAUPROJEKT 2004 AUSSCHREIBUNGSPLAN

PLATZ:

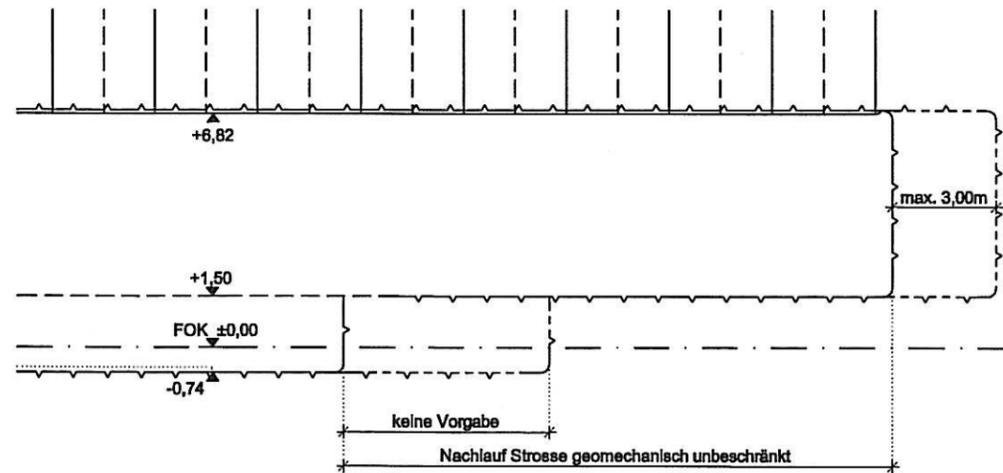
Ausbruch und Stützmaßnahmen  
 VKL K7 / 18.62 - ST5 / 9.08 - S5 / 4

C  
 B  
 A

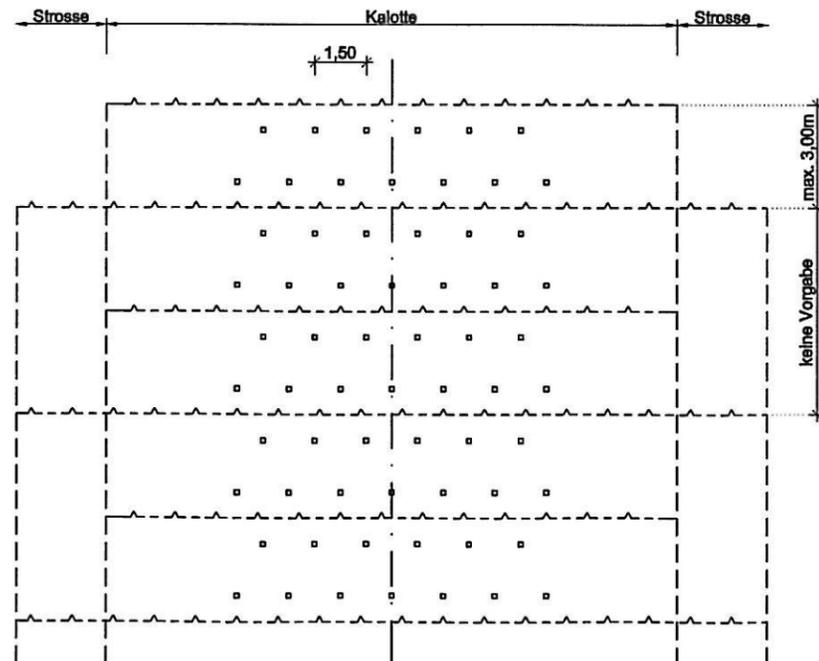
## Querschnitt



## Längenschnitt (Darstellung ohne Entwässerungseinrichtungen)



## Abwicklung



Vortriebsklasse - Kalotte K3 / 1.39				
Übermass $\bar{u}_m$ [cm]: 3,00	Abschlagslänge [m]: max. 3,00			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 46,22	Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 43,53	Linie 1a [m]: 16,73		
Stützmittel / lfm - Tunnel		Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton: -Kalotte ds=10cm	16,73 m <sup>2</sup>	1,67 m <sup>2</sup>	20	33,46
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig im Firstbereich	8,37 m <sup>2</sup>	8,37 m <sup>2</sup>	2,0	16,73
Rohrreibungsanker 100KN, L=3m	4,33 Stk	13,00 m	0,8	10,40
<b>Summe:</b>				<b>60,59</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>				<b>1,39</b>
Vortriebsklasse - Strosse ST1 / 1.52				
Übermass $\bar{u}_m$ [cm]: 3,00	Abschlagslänge [m]: keine Vorgabe			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 24,25	Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 13,76	Linie 1a [m]: 5,22		
Nachlauf Strosse: geomechanisch unbeschränkt		Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton: -Strosse ds=10cm	5,22 m <sup>2</sup>	0,52 m <sup>2</sup>	20	10,44
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig ohne Bogen	5,22 m <sup>2</sup>	5,22 m <sup>2</sup>	2,0	10,44
<b>Summe:</b>				<b>20,88</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>				<b>1,52</b>
Vortriebsklasse - Sohle S1 / 1				
-	Öffnungslänge [m]: keine Vorgabe			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 1,82	Ausbauart: offene Sohle			

### Anmerkung:

- Die Vortriebsklassen werden unabhängig voneinander für Kalotte, Strosse und Sohle festgelegt. Alle Stützmittel sind sofort nach jedem Abschlag einzubauen.
- Die im Systembild dargestellte Anordnung gilt für homogenes Gebirge.
- Bei inhomogenen Verhältnissen sind insbesondere die Ankerungen darauf abzustimmen.
- Die Ankerung ist auch auf die Schichtung und Klüftung abzustimmen.
- Die Lage der Fahrhaupteinwässerung ergibt sich in Abhängigkeit der Querneigungsverhältnisse.

**AISFINAG**  
 AUTOBAHN- UND SCHNELLSTRASSEN-  
 FINANZIERUNGSUNTERNEHMEN

## BAUPROJEKT 2004 AUSSCHREIBUNGSPLAN

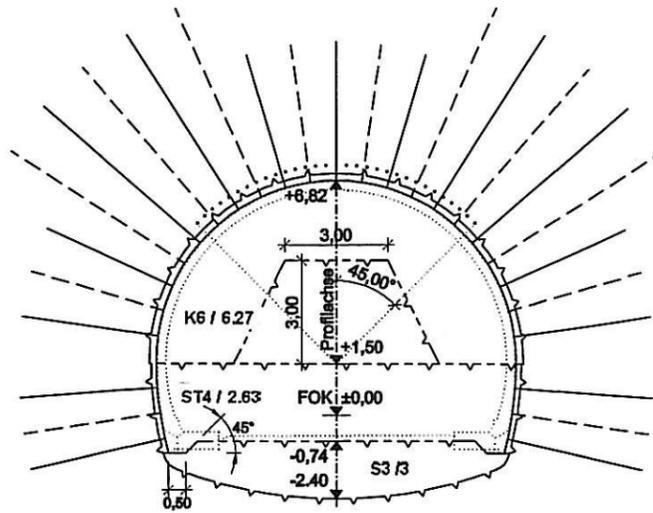
PLANTITEL

Ausbruch und Stützmaßnahmen  
 VKL K3 / 1.39 - ST1 / 1.52 - S1 / 1

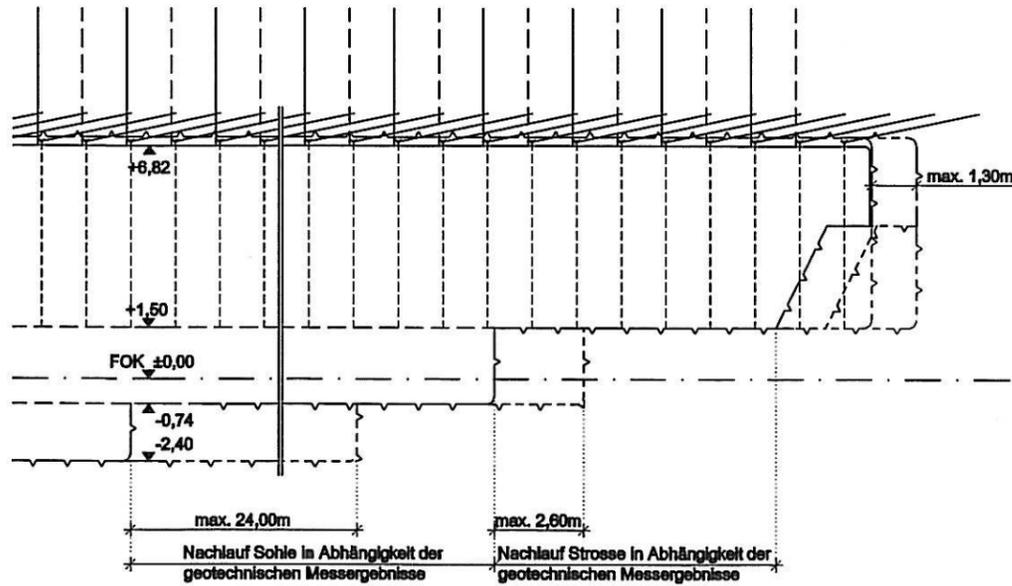
	C	
	B	
15.02.2004	A	Neuausschreibung 2004



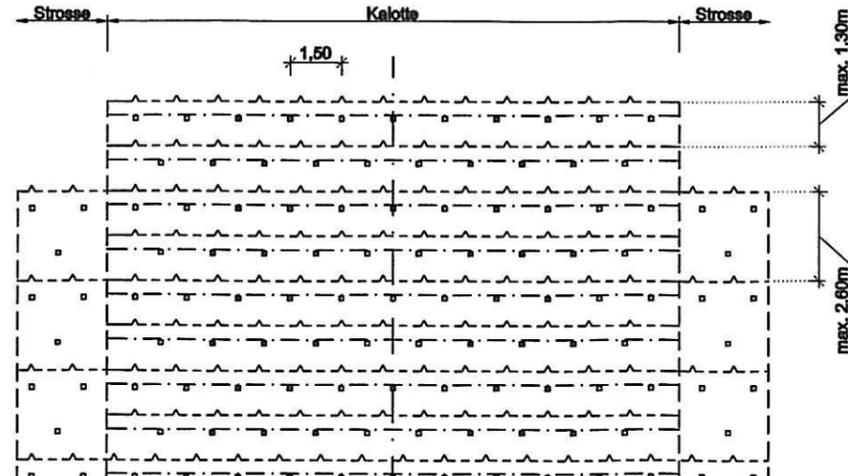
# Querschnitt



# Längenschnitt (Darstellung ohne Entwässerungseinrichtungen)



# Abwicklung



Vortriebsklasse - Kalotte K6 / 6.27				
Übermass $u_m$ [cm]: 7,00	Abschlagslänge [m]: max. 1,30			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 48,64	Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 43,53	Linie 1a [m]: 16,85		
Stützmittel / lfm - Tunnel		Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton: -Kalotte ds=20cm	16,85 m <sup>2</sup>	3,37 m <sup>2</sup>	20	67,40
-Ortsbrust ds=5cm	20,27 m <sup>2</sup>	1,01 m <sup>2</sup>	14	14,18
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig mit Bogen	16,85 m <sup>2</sup>	16,85 m <sup>2</sup>	1,0	16,85
-Hohlraumseitig mit Bogen	16,85 m <sup>2</sup>	16,85 m <sup>2</sup>	1,5	25,28
Stahlgitterbogen 95/22/32	12,96 m	12,96 m	2,0	25,92
SN Mörtelanker 250KN L=4m	4,23 Stk	16,92 m	1,1	18,62
SN Mörtelanker 250KN L=6m	3,85 Stk	23,08 m	1,1	25,38
Vollspiesse Ø26mm, unvermörtelt L=4m	23,85 Stk	95,38 m	0,6	57,23
Stützkern	1,00 Stk	1,00 Stk	22	22,00
<b>Summe:</b>				<b>272,87</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>				<b>6,27</b>
Vortriebsklasse - Strosse ST4 / 2.63				
Übermass $u_m$ [cm]: 5,00	Abschlagslänge [m]: max. 2,60			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 24,62	Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 13,76	Linie 1a [m]: 5,22		
Nachlauf Strosse: <i>in Abhängigkeit der geotechnischen Messergebnisse</i>				
Stützmittel / lfm - Tunnel		Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton: -Strosse ds=15cm	5,22 m <sup>2</sup>	0,78 m <sup>2</sup>	20	15,86
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig ohne Bogen	5,22 m <sup>2</sup>	5,22 m <sup>2</sup>	2,0	10,44
SN Mörtelanker, 250KN, L=4m	2,31 Stk	9,23 m	1,1	10,15
<b>Summe:</b>				<b>36,25</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>				<b>2,63</b>
Vortriebsklasse - Sohle S3 / 3				
Übermass $u_m$ [cm]: 5,00	Öffnungslänge [m]: max. 24,00			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 13,38	Ausbauart: Sohlgewölbe mit Längsteilung			
Nachlauf Sohle: <i>in Abhängigkeit der geotechnischen Messergebnisse</i>				

## Legende

- SN Mörtelanker 250KN L=4m
- SN Mörtelanker 250KN L=6m

## Anmerkung:

-Die Vortriebsklassen werden unabhängig voneinander für Kalotte, Strosse und Sohle festgelegt. Alle Stützmittel sind sofort nach jedem Abschlag einzubauen. Bei Anordnung eines Stützkerns können die Anker, die hohlraumseitige Bewehrungslage und der Spritzbeton zum Einspritzen der 2. Bewehrungslage im dahinterliegenden Abschlag eingebaut werden.

-Die im Systembild dargestellte Anordnung gilt für homogenes Gebirge.

-Bei inhomogenen Verhältnissen sind insbesondere die Ankerungen darauf abzustimmen.

-Die Ankerung ist auch auf die Schichtung und Klüftung abzustimmen.

**ASFINAG**  
AUTOBAHN- UND SCHNELLEISEN-  
 FINANZIERUNGSAGTIENGESELLSCHAFT

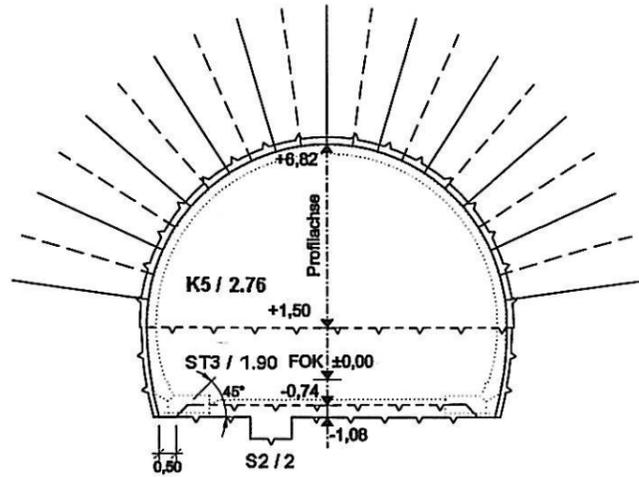
## BAUPROJEKT 2004 AUSSCHREIBUNGSPLAN

PLANTITEL

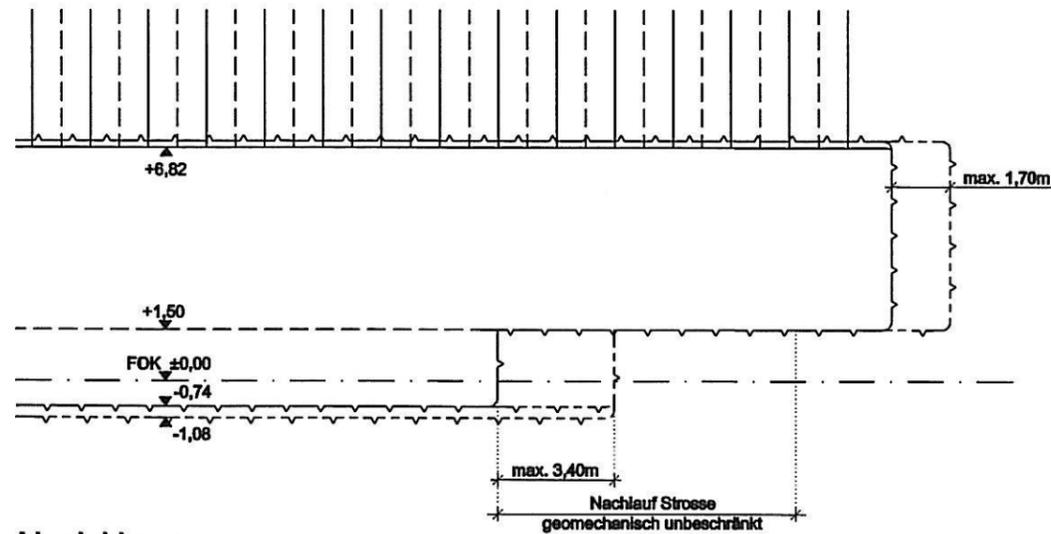
Ausbruch und Stützmaßnahmen  
 VKL K6 / 6.27 - ST4 / 2.63 - S3 / 3

C  
 B  
 A

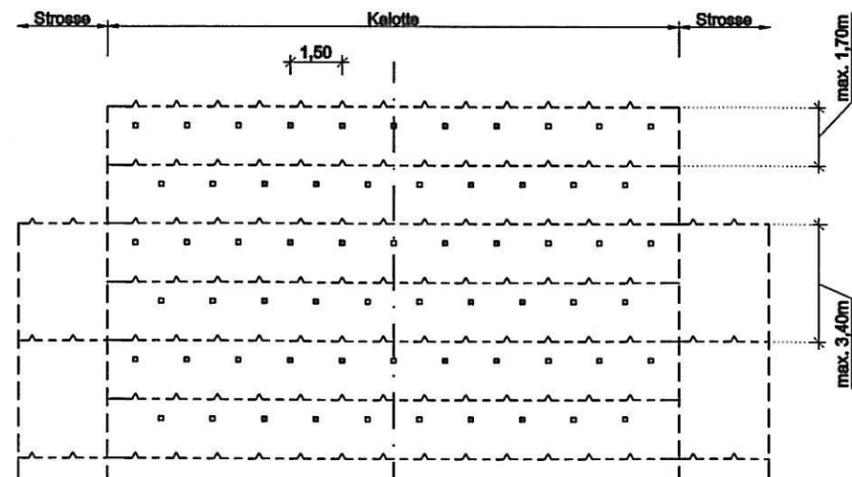
# Querschnitt



# Längenschnitt (Darstellung ohne Entwässerungseinrichtungen)



# Abwicklung



Vortriebsklasse - Kalotte K5 / 2.76				
Übermass $u_m$ [cm]: 5,00	Abschlagslänge [m]: max. 1.70			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 48,29	Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 43,53	Linie 1a [m]: 16,79		
Stützmittel / lfm - Tunnel		Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton: -Kalotte ds=20cm	16,79 m <sup>2</sup>	3,36 m <sup>2</sup>	20	67,16
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig ohne Bogen	16,79 m <sup>2</sup>	16,79 m <sup>2</sup>	2,0	33,58
Rohrreibungsanker 100KN L=3,9m	3,82 Stk	14,91 m	0,8	11,93
Rohrreibungsanker 200KN L=3,9m	2,35 Stk	9,18 m	0,8	7,34
<b>Summe:</b>				<b>120,01</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>				<b>2,76</b>
Vortriebsklasse - Strosse ST3 / 1.90				
Übermass $u_m$ [cm]: 3,00	Abschlagslänge [m]: max. 3.40			
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 24,51	Bewertungsfläche [m <sup>2</sup> ]: 13,76	Linie 1a [m]: 5,22		
Nachlauf Strosse: <b>geomechanisch unbeschränkt</b>				
Stützmittel / lfm - Tunnel		Menge / m	Faktor	Produkt
Spritzbeton: -Strosse ds=15cm	5,22 m <sup>2</sup>	0,78 m <sup>2</sup>	20	15,66
Spritzbetonbewehrung: -Bergseitig ohne Bogen	5,22 m <sup>2</sup>	5,22 m <sup>2</sup>	2,0	10,44
<b>Summe:</b>				<b>26,10</b>
<b>Stützmittelzahl:</b>				<b>1,90</b>
Vortriebsklasse - Sohle S2 / 2				
		Öffnungslänge [m]: 36,00		
Ausbruchsfläche [m <sup>2</sup> ]: 3,66	Ausbauart: Sohlplatte			
Nachlauf Sohle: <b>unbeschränkt</b>				

# Legende

- ▣ Rohrreibungsanker 100KN L=3,9m
- ▣ Rohrreibungsanker 200KN L=3,9m

# Anmerkung:

- Die Vortriebsklassen werden unabhängig voneinander für Kalotte, Strosse und Sohle festgelegt. Alle Stützmittel sind sofort nach jedem Abschlag einzubauen.
- Die im Systembild dargestellte Anordnung gilt für homogenes Gebirge.
- Bei inhomogenen Verhältnissen sind insbesondere die Ankerungen darauf abzustimmen.
- Die Ankerung ist auch auf die Schichtung und Klüftung abzustimmen.
- Die Lage der Fahrbahnhauptentwässerung ergibt sich in Abhängigkeit der Querneigungsverhältnisse.

**AISFINAG**  
AUTOBAHMEN- UND SCHNELLSTRASSEN-  
 FINANZIERUNGSAKTIEGESELLSCHAFT

# BAUPROJEKT 2004 AUSSCHREIBUNGSPLAN

PLANTITEL

Ausbruch und Stützmaßnahmen  
 VKL K5 / 2.76-ST3 / 1.90-S2 / 2

C  
 B  
 A

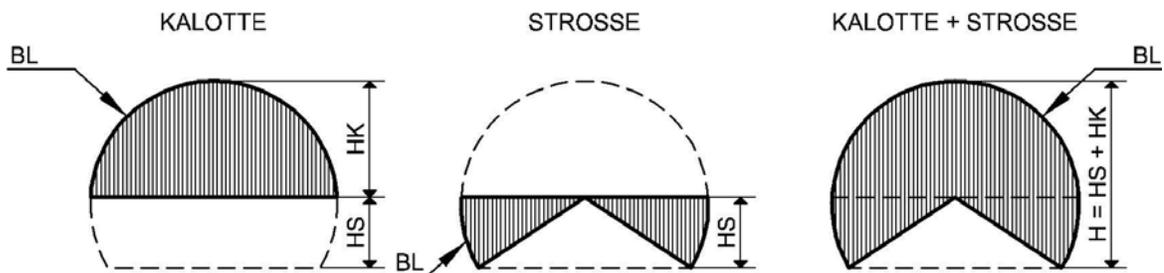
# **Anhang D**

Auszüge aus der ÖNORM B 2203-1

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen		Bewertungsfaktor je Mengeneinheit	Mengen- einheit	Bemer- kungen
Anker	Swellex oder gleichwertiges	0,8	m	
	SN Mörtelanker	1,1	m	
	Selbstbohranker	1,7	m	
	Verpressrohranker	2,0	m	
	vorgespannte Mörtelanker	2,5	m	
Ortsbrust- anker	Ankeranzahl im Abschlag	8,0	ST	<sup>1)</sup>
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung	1,7	ST	<sup>2)</sup>
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung	5,0	ST	<sup>2)</sup>
Spieße	Rammspieße	0,5	m	
	unvermörtelte Spieße	0,6	m	
	vermörtelte Spieße	0,9	m	
	Selbstbohrspieße	1,3	m	
	Verpressrohrspieße	1,6	m	
Verpressungen über 10 kg je m Anker, Spieß, Fußpfahl		0,1	kg	
Baustahl- gitter	bergseitig mit Bogen	1,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>
	hohlraumseitig mit Bogen	1,5	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>
	bergseitig ohne Bogen	2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>
	Kalottensohle	0,8	m <sup>2</sup>	<sup>3)</sup>
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung	2,0	m <sup>2</sup>	<sup>3), 4)</sup>
Bogen- und Lastverteiler		2,0	m	
Spritzbeton	Kalotte und Strosse	20,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>
	Kalottensohle, Kalottenfuß	12,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>
	Ortsbrust	14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5)</sup>
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch	14,0	m <sup>3</sup>	<sup>5), 6)</sup>
Verformungs- schlitze	ohne Stauchelemente	3,5	m	<sup>7)</sup>
	mit Stauchelementen	5,0	m	<sup>7)</sup>
Getriebedielen		5,5	m <sup>2</sup>	
Fußpfähle	Fußpfähle $\varnothing \leq 38$ mm	4,5	m	
	Fußpfähle $\varnothing > 38$ mm	5,0	m	
Teilflächen		22,0	ST	<sup>8)</sup>
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung		50,0	m	<sup>9)</sup>
Abbruch Kalottensohlengewölbe beim Strossenvortrieb		50,0	m	<sup>10)</sup>
<sup>1)</sup> Anzahl der vorhandenen Anker beim jeweiligen Abschlag. Im Bewertungsfaktor sind Versetzen, Kürzen und Erschwernisse beim Lösen berücksichtigt. <sup>2)</sup> Anzahl der an der jeweiligen Ortsbrust versetzten Ankerplatten <sup>3)</sup> theoretische Mengen ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung <sup>4)</sup> Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfläche - die Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet. <sup>5)</sup> theoretische Mengen, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall <sup>6)</sup> Auffüllen von plangemäßen Zwickeln (bei Getriebedielen u.dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A <sup>7)</sup> Laufmeter Schlitzlänge <sup>8)</sup> Es werden nur Teilausbrüche als Teilfläche bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten. <sup>9)</sup> für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel <sup>10)</sup> Länge des Kalottensohlengewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von eventuell erforderlichen Teilabbrüchen				

Tab. 8.1: Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen<sup>69</sup><sup>69</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1:2001-12-01, S. 13.

Abschlagslänge Kalotte bis	Maximaler Geltungsbereich für die zweite Ordnungszahl (Stützmittelzahl) Kalotte	Abschlagslänge Strosse bis	Maximaler Geltungsbereich für die zweite Ordnungszahl (Stützmittelzahl) Strosse
Keine Vorgabe	$\pm 0,35$	Keine Vorgabe	$\pm 0,45$
4,0 m	$\pm 0,35$		
3,0 m	$\pm 0,45$	3,0 m	$\pm 0,70$
2,2 m	$\pm 0,60$		
1,7 m	$\pm 0,80$	2,0 m	$\pm 1,20$
1,3 m	$\pm 1,00$		
1,0 m	$\pm 1,30$	1,0 m	$\pm 2,10$
0,8 m	$\pm 1,60$		
0,6 m	$\pm 2,10$		

Abb. 8.1: Gültigkeitsbereich der zweiten Ordnungszahl<sup>70</sup>

HK ... Höhe der Kalotte  
 HS ... Höhe der Strosse  
 BL ... Begrenzungslinie = plangemäße bergseitige Laibung der Innenschale  
 HK, HS und BL werden vertraglich festgelegt.

Abb. 8.2: Bewertungsflächen, schematische Darstellung<sup>71</sup>

<sup>70</sup> Vgl. ÖNORM B 2203-1:2001-12-01, S. 14.

<sup>71</sup> Ebd., S. 14.