



**VU BAUVERFAHREN im
TUNNEL- und HOHLRAUMBAU**

234.074

ÜBUNG – BLOCK 01

**ZYKLISCHER TUNNELVORTRIEB -
Ausschreibungsgrundlagen**

WS 2013

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Lukas Steinschaden

NUR FÜR DEN STUDIENGEBRAUCH!

INHALTSVERZEICHNIS

1	ALLGEMEINES	3
2	GEOMECHANISCHE PLANUNG	3
2.1	VORGANGSWEISE	3
2.2	PROJEKTSPEZIFISCHE BESTIMMUNG DER GEBIRGSARTEN UND GEBIRGSVERHALTENSTYPEN	6
2.2.1	<i>Kurzbeschreibung der Gebirgsverhaltenstypen</i>	7
2.3	BESTIMMUNG VON AUSBRUCH UND STÜTZUNG	10
3	VORTRIEBSKLASSIFIZIERUNG NACH ÖNORM B 2203-1	10
3.1	FESTLEGUNG DER ERSTEN ORDNUNGSZAHL	10
3.2	STÜTZMITTELVERTEILUNG IN DER KALOTTE	12
3.2.1	<i>GVT 2/1 - erste Ordnungszahl 2</i>	13
3.2.2	<i>GVT 3/1 - erste Ordnungszahl 3</i>	14
3.2.3	<i>GVT 3/2 - erste Ordnungszahl 6</i>	14
3.2.4	<i>GVT 4/1 - erste Ordnungszahl 8</i>	15
3.3	ERMITTLUNG DER VORTRIEBSKLASSEN	16
3.3.1	<i>Berechnung der zweiten Ordnungszahl</i>	17
3.4	VORTRIEBSKLASSENMATRIX	19
4	QUELLEN	20

1 Allgemeines

Ein Verkehrstunnel mit einem Ausbruchsquerschnitt von ca. 100 m² und einer Länge von 5.000 Metern ist nach der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NÖT) in wechselhaftem Gebirge aufzufahren.

Der Bauherr/Auftraggeber erstellt im Rahmen der Verwirklichung eines Bauprojektes die Ausschreibungsgrundlagen auf der Basis von Vorerkundungen. Die Durchführung der Vorerkundungen (Baugrunduntersuchung, Oberflächenkartierung, Informationsbeschaffung) wird vom Bauherrn in der Regel Gutachtern (Geologen, Hydrogeologen etc.) übertragen. Der Entwurf und die Planung werden üblicherweise an Planer (Zivilingenieure, Ingenieurbüros etc.) vergeben. Das Endergebnis der Planungsarbeiten ist eine kalkulationsfähige Ausschreibung des Bauprojektes.

Im gegenständlichen Beispiel werden nur die Kosten für Ausbruch und Stützmittel sowie Zusatzmaßnahmen in der Kalotte (Ausbruchsquerschnitt ca. 70 m²) in vier verschiedenen Vortriebsklassen betrachtet. Dem Beispiel liegen die ÖNORM B 2203-1 (in der Fassung vom 01.12.2001) und die Richtlinie für geomechanische Planung von Untertagebauwerken mit zyklischem Vortrieb (2. Überarbeitete Auflage 2008) zugrunde.

2 Geomechanische Planung

2.1 Vorgangsweise

Die geomechanische Planung versteht sich wie die statisch-konstruktive Planung als Teil der ingenieurmäßigen Tunnelplanung und erstreckt sich sowohl auf die Phase der Entwurfs- als auch der Ausschreibungs- und Ausführungsplanung. Zielsetzung der bauvorbereitenden und baubegleitenden Tätigkeiten im Rahmen der geomechanischen Planung ist die wirtschaftliche Optimierung der bautechnischen Maßnahmen bei Gewährleistung der jeweiligen Sicherheitserfordernisse unter Nutzung der vor Ort anstehenden Gebirgsverhältnisse.

Die geomechanische Planung erstreckt sich daher über folgende zwei Phasen:

- **Phase 1: Planung**

Die Planungsphase beinhaltet die Bestimmung der erwarteten Gebirgseigenschaften und des erwarteten Gebirgsverhaltens¹, die Festlegung der daraus abgeleiteten bautechnischen Maßnahmen und in weiterer Folge die Ermittlung der Vortriebsklassen anhand der ÖNORM B 2203-1. Im Zuge dieser Phase 1 ist weiters ein tunnelbautechnischer Rahmenplan zu erarbeiten, in dem klar zu be-

¹ Gebirgsverhalten (GV) = Reaktion des Gebirges auf den Ausbruch ohne Berücksichtigung von Stützung oder Querschnittunterteilung

schreiben ist, welche Gebirgsverhältnisse und welche sonstigen Annahmen der Planung zu Grunde gelegt wurden. Der Rahmenplan hat auch eindeutige Festlegungen zu enthalten, welche bautechnischen Maßnahmen vor Ort als unveränderlich gelten bzw. welche Maßnahmen nach welchen Kriterien an die Verhältnisse vor Ort anzupassen sind.

Das folgende Flussdiagramm (Phase 1) zeigt den grundsätzlichen Ablauf der geomechanischen Planung in 5 Schritten von der Bestimmung der art² bis hin zur Ermittlung der Vortriebsklassen.

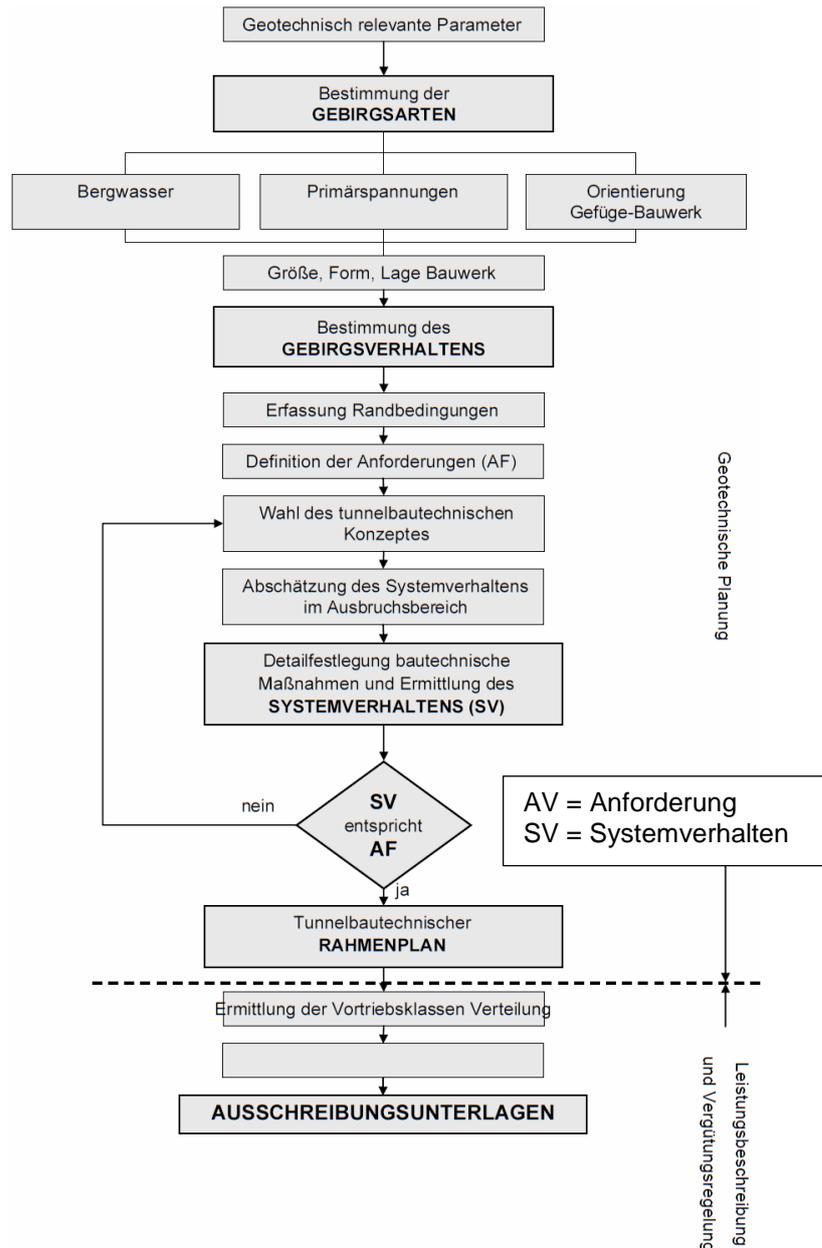


Abb. 1: Phase 1 - Schematischer Ablauf der geomechanischen Planung³

² Gebirgsart (GA) = Gebirge mit gleichartigen Eigenschaften, wie geologisches, hydrogeologisches oder geotechnische Eigenschaften

³ RL für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, ÖGG, 2008, S.9

- **Phase 2: Bauausführung**

Die Phase 2 beinhaltet die Erfassung der geomechanisch relevanten Gebirgseigenschaften sowie die Zuordnung des aktuellen Gebirgsverhaltens zum jeweiligen Gebirgsverhaltenstyp⁴ (GVT). Da die Gebirgsverhältnisse vor Baubeginn meist nicht umfassend erkundet und somit auch nicht vollständig bekannt sein können, ist zur Erreichung des Gewünschten in der Regel eine Fortschreibung und Verfeinerung der Prognosen sowie eine Anpassung der bautechnischen Maßnahmen während des Baues erforderlich. Eine endgültige Zuordnung der bautechnischen Maßnahmen zu den jeweils vorliegenden Gebirgsverhältnissen (Ausbau- und Vortriebsfestlegung) ist daher erst vor Ort möglich. An dieser Stelle ist jedoch anzumerken, dass die bautechnischen Maßnahmen zum größten Teil vor dem Ausbruch festgelegt werden müssen. Nach dem Ausbruch sind in der Regel nur mehr geringfügige Anpassungen (z.B. örtliche Ankerungen, zusätzlicher Auftrag von Spritzbeton) möglich. Die Entscheidung basiert daher auch in dieser Phase zum größten Teil auf einer durch bereits gemachte Erfahrung vorangeschrittenen Prognose.

In beiden Phasen sollten die Grundlagen und Annahmen für die einzelnen Festlegungen nachvollziehbar begründet und dokumentiert werden. Darüber hinaus sind im Zuge der Planung und Ausführung sämtliche zweckdienliche Informationen, welche über die Gebirgseigenschaften sowie das Gebirgsverhalten während der Herstellung der Untertagebauten Auskunft geben können, sicherzustellen, aufzubereiten und zu analysieren.

⁴ Gebirgsverhaltenstyp (GVT) = Bezeichnung für ein Gebirge mit gleichartigem Verhalten in Bezug auf Ausbruch des Gesamtquerschnittes, auf zeitliche und räumliche Verformung und auf Versagensform, ohne Berücksichtigung von Stütz- und Zusatzmaßnahmen

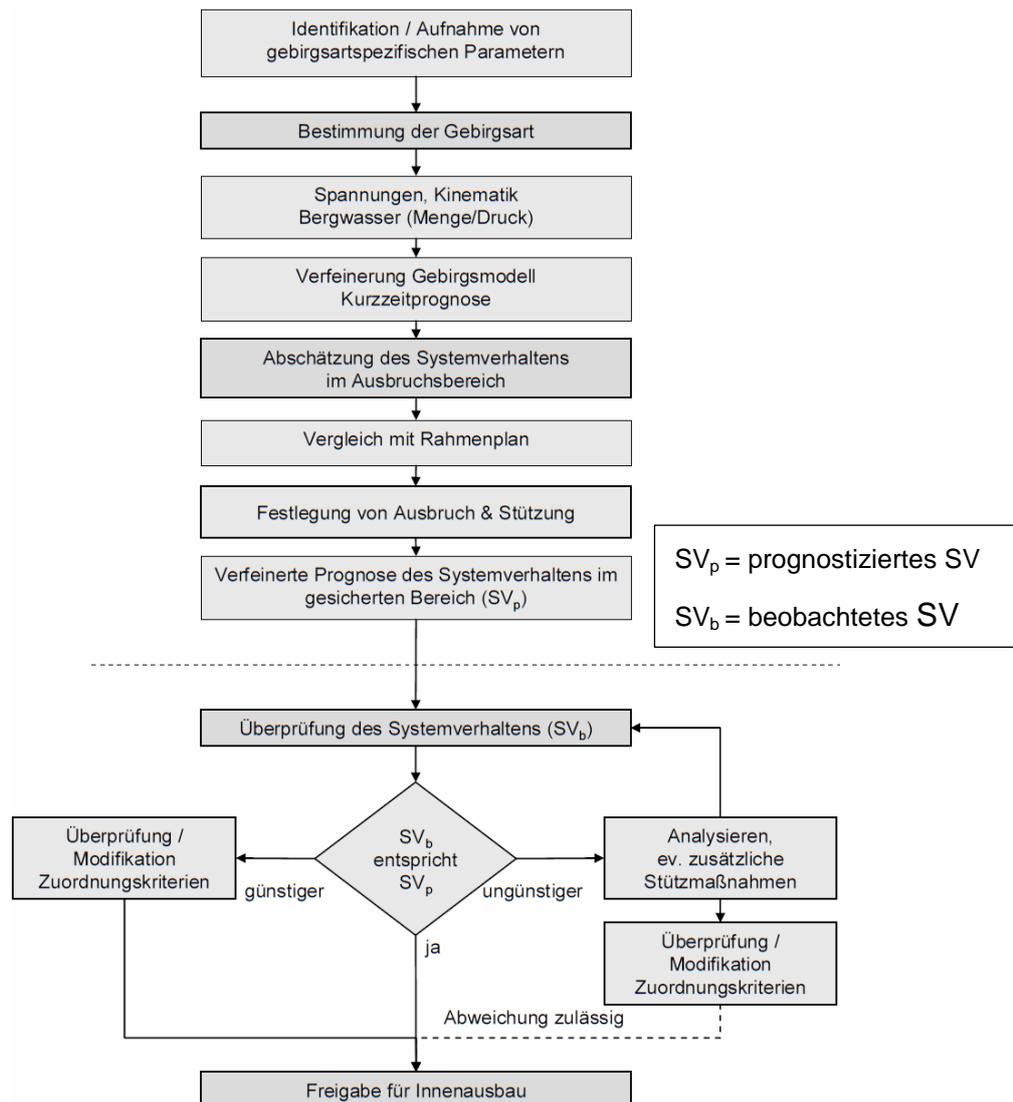


Abb. 2: Phase 2 - Grunds. Ablauf d. Festlegung u. Überprüfung v. Baumaßnahmen während Ausführung⁵

2.2 Projektspezifische Bestimmung der Gebirgsarten und Gebirgsverhaltenstypen

Im ersten Schritt der geomechanischen Planung ist das Ziel, eine idealisierte Einstufung von Gesteinsverbänden mit ähnlichen Kombinationen von Art und Größe der maßgebenden Schlüsselparameter sowie deren besondere Eigenschaften in baugelogeische Homogenbereiche – in Österreich hat sich hier der Begriff der Gebirgsartbestimmung durchgesetzt, die als Basis für die Beurteilung des Gebirges hinreichend sind und die Erarbeitung von Baugrundmodellen erlauben. Die Homogenbereichsfestlegung bzw. die Gebirgsartbestimmung erfolgt daher ausschließlich pro beschriebener, annähernd gleichartig aufgebauter geologischer und geomechanischer Einheit, wobei hier die qualitative Beschreibung mit möglichst maßgebenden quantitativen Angaben zu ergänzen ist.

⁵ RL für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, ÖGG, 2008, S.22

Im zweiten Schritt werden die Gebirgsarten mit den örtlichen Bergwasserverhältnissen, der räumlichen Orientierung der Diskontinuitäten zur projektierten Achse des Untertagebauobjektes sowie der örtlichen Spannungssituation und eventuellen anderen Faktoren, welche das Gebirgsverhalten erheblich beeinflussen, in Bezug zur Größe, Form und Lage des Tunnelbauwerks kombiniert. Aus diesem Vorgang resultiert die Bestimmung der projektspezifischen Gebirgsverhaltenstypen, die jeweils eine einheitliche Beschreibung des Gebirges entsprechend dem geomechanischen Verhalten ohne Einfluss der gezielt zu setzenden bautechnischen Maßnahmen am Gesamtquerschnitt darstellen.

Die Ergebnisse der gleichartigen Zuteilung der projektspezifischen geologischen, hydrogeologischen und geomechanischen Verhältnisse werden dann planlich festgehalten.

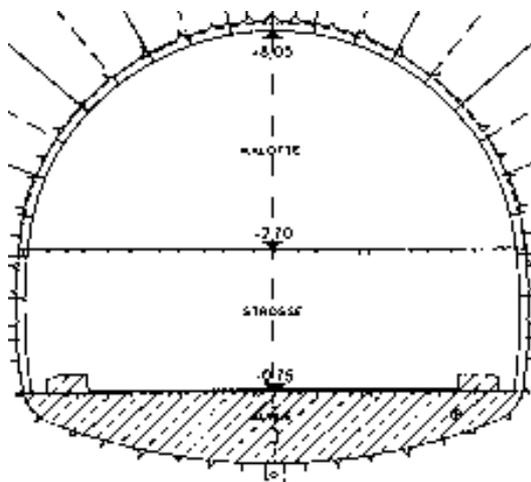


Abb. 3: Tunnelquerschnitt (exemplarisch)

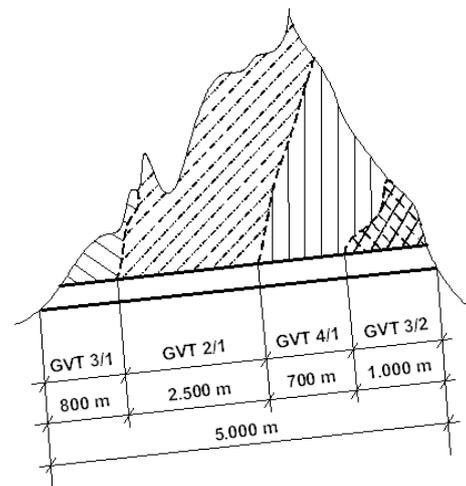


Abb. 4: Verteilung der projektspezifischen Gebirgsverhaltenstypen

2.2.1 Kurzbeschreibung der Gebirgsverhaltenstypen

Die Gebirgsverhaltenstypen werden gem. Richtlinie für die geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb in 11 übergeordnete Kategorien unterteilt (siehe nachstehende Tabelle). Werden mehrere Gebirgsverhaltenstypen bei einem Projekt identifiziert, welche zwar in dieselbe Kategorie passen, sich jedoch im Detail unterscheiden, so sind Untergruppen einzuführen (z.B.: GVT 2/1, GVT 2/2 etc.).

Übergeordnete Kategorien von Gebirgsverhaltenstypen		Beschreibung des Gebirgsverhaltens (ohne bautechnische Maßnahmen)
1	Standfestes Gebirge	Standfestes Gebirge mit dem Potenzial zum schwerkraftbedingten Herausfallen oder Herausgleiten von kleinvolumigen Klufftkörpern
2	Gefügebedingte Ausbrüche	Großvolumige gefüge- und schwerkraftbedingte Ausbrüche, vereinzelt lokales Überschreiten der Scherfestigkeit an Trennflächen
3	Hohlraumnahe Überbeanspruchung	Spannungsbedingte Entfestigung bzw. Plastifizierung des Gebirges in Hohlraumnähe, ev. in Kombination mit gefügebedingten Ausbrüchen
4	Tiefreichende Überbeanspruchung	Spannungsbedingte tiefreichende Entfestigung bzw. Plastifizierung im Gebirge mit großen Deformationen
5	Bergschlag	Schlagartige Ablösungen von Gesteinsplatten verursacht durch Sprödbbruch
6	Schichtknicken	Knicken von schlanken Schichtpaketen, häufig in Kombination mit Scherversagen
7	Firstniederbruch durch Scherversagen	Großvolumige Ausbrüche überwiegend im Firstbereich mit progressivem Scherversagen
8	Rolliges Gebirge	Ausrieseln von kohäsionsarmem, gering verzahntem, trockenem bis feuchtem Gebirge
9	Fließendes Gebirge	Ausfließen von kohäsionsarmem, gering verzahntem Gebirge mit hohem Wassergehalt oder Wasserzufluss
10	Quellendes Gebirge	Zeitabhängige Volumszunahme des Gebirges vorwiegend im Sohlbereich durch physikalisch-chemische Reaktion von Gebirge und Wasser in Kombination mit Entspannung
11	Gebirge mit kleinräumig wechselnden Verformungseigenschaften	Kombination mehrerer GVT bei kleinräumiger, starker Änderung von Spannungen und Deformationen über längere Strecken, bedingt durch heterogenen Gebirgsbau (z. B. Block-Matrix Struktur, heterogene Störungszonen, tektonische Melange)

Tab. 1: Übergeordnete Kategorien von Gebirgsverhaltenstypen⁶

Die Darstellung der einzelnen, ermittelten Gebirgsverhaltenstypen erfolgt in tabellarischer Form und ist zumeist durch eine symbolische Form der charakteristischen Ausbruchsituation ergänzt:

⁶ RL für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, ÖGG, 2008, S.15

Zum Beispiel:

- Gebirgsverhaltenstyp 2/1

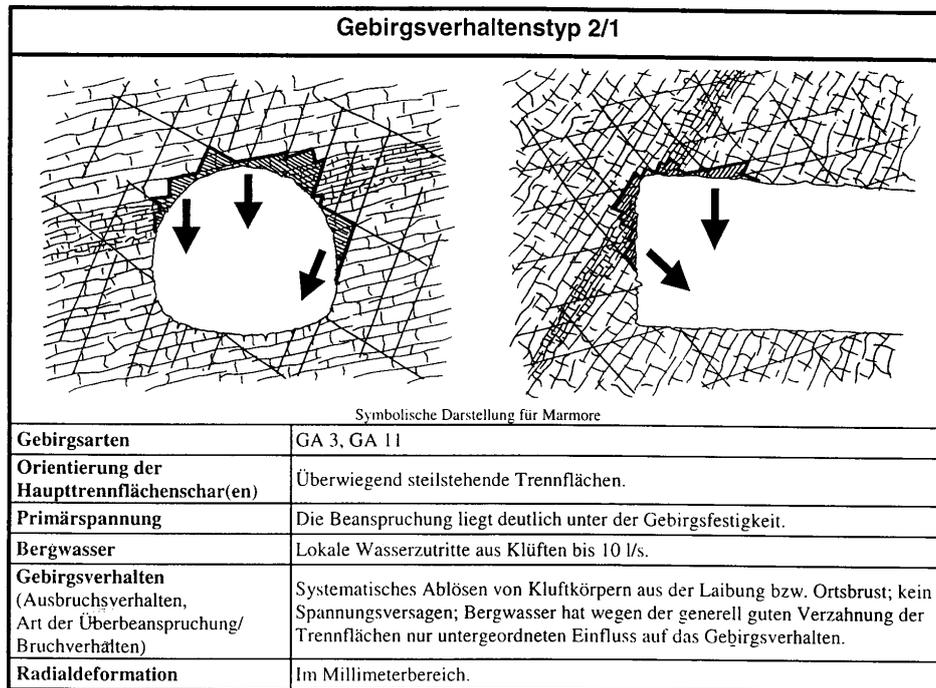


Abb. 5: Beispiel für GVT 2/1

- Gebirgsverhaltenstyp 4/1

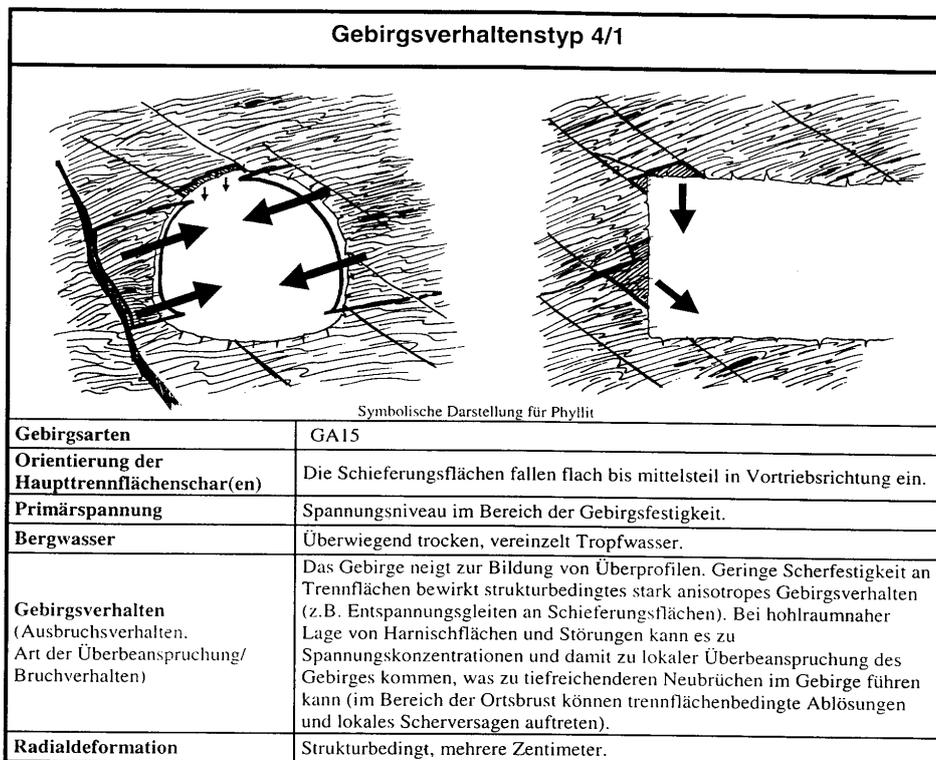


Abb. 6: Beispiel für GVT 4/1

2.3 Bestimmung von Ausbruch und Stützung

Zur Bestimmung von Ausbruch und Stützung ist anzumerken, dass auf Basis der projektspezifisch bestimmten GVT die Festlegung der auf den jeweiligen GVT abgestimmten Baumaßnahmen erfolgt. Aus der Kombination von Gebirgsverhalten und gewählten Baumaßnahmen ergibt sich das Systemverhalten⁷ (SV). Das ermittelte Systemverhalten ist mit den definierten Anforderungen (Kriterien der Gebrauchstauglichkeit) zu vergleichen. Bei ungenügender Übereinstimmung werden Bau- und Betriebsweise oder Stützmittel- und Zusatzmaßnahmen so lange variiert, bis eine Übereinstimmung erzielt werden kann. Bei diesen Untersuchungen (numerische oder analytische Methoden) des Systemverhaltens ist die Sicherheit bzw. Gebrauchstauglichkeit in allen möglichen Bauzuständen nachzuweisen. Als wichtige Parameter werden hier die **Abschlagslängen**⁸ in Abhängigkeit von der Standzeit des jeweiligen GVT und **die erforderlichen Stützmittel- und Zusatzmaßnahmen in Abhängigkeit der Obergrenze des jeweiligen Abschlagslängenbereiches** durch den Planer - aufgrund langjähriger Erfahrung mit anderen Tunnelbauprojekten – im Sinne der ÖNORM B 2203-1/Pkt. 4.3.2.3 festgelegt.

In der Folge ist eine Abgrenzung von bautechnisch gleichartigen Vortriebsbereichen vorzunehmen. Für diese ist sodann ein tunnelbautechnischer Rahmenplan mit klaren Vorgaben für Ausbruch und Stützung sowie mit sonstigen Angaben und Festlegungen zu erarbeiten.

3 Vortriebsklassifizierung nach ÖNORM B 2203-1

Der Grundgedanke der Normenklassifizierung ist die Schaffung einer nachvollziehbaren und objektiven Grundlage für die Projektabwicklung (Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung und Vergütung).

Auf der Basis eindeutig definierter Kriterien muss eine Klassenzuordnung möglich sein.

Das Ziel ist es, im Zuge eines formulierten und dynamisch steuerbaren Vergütungsmodells einer angemessenen, fairen und leistungsgerechten Vergütung so nahe wie möglich zu kommen.

3.1 Festlegung der ersten Ordnungszahl

Die Ermittlung der Vortriebsklassen gemäß ÖNORM B 2203-1 basiert auf Grundlage des tunnelbautechnischen Rahmenplans, welche sich aus der Bewertung der Bau-

⁷ Systemverhalten (SV) = Verhalten des Gesamtsystems resultierend aus Gebirge und gewählten Baumaßnahmen – Zusammenwirken von Gebirge, Ausbau und Bauablauf.

⁸ Abschlagslänge: mittlere Tiefe des Abschlages

maßnahmen ergeben und der Erstellung der Vergütungsregelungen in den Ausschreibungsunterlagen dienen. Um die Mengenermittlung für das Leistungsverzeichnis und eine Bauzeitprognose durchführen zu können, ist des Weiteren auf Basis der prognostizierten Verteilung der Gebirgsverhaltenstypen eine Prognose hinsichtlich der Verteilung der Vortriebsklassen über die gesamte Länge des zu errichtenden Hohlraumes zu erstellen.

Über die in der ÖNORM B 2203-1 vorgesehenen Abschlagslängenbereiche wird die erste Ordnungszahl einer Vortriebsklasse definiert (siehe ausführlich in ÖNORM B 2203-1, Tab. 1). Im gegenständlichen Beispiel wurden vom planenden Bauingenieur nachfolgende maximale Abschlagslängen bzw. Abschlagslängenbereiche je Gebirgsverhaltenstyp, die im gegenständlichen Beispiel exakt den bautechnisch gleichartigen Vortriebsbereichen entsprechen, auf Basis der ÖNORM B 2203-1 definiert:

ERSTE ORDNUNGSZAH	ABSCHLAGSLÄNGE BIS		ZWEITE ORDNUNGSZAH											
	KALOTTE oder KALOTTE+ STROSSE	STROSSE	STÜTZMITTELZAH											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	keine Vorgabe	ist projektbezogen festzulegen												
2	4,0 m													
3	3,0 m													
4	2,2 m					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. 7: Vortriebsklassenmatrix für Vortrieb der Kalotte, der Strosse oder der Kalotte mit Strosse⁹

Gebirgsverhaltenstyp	Abschlagslänge(n)	Erste Ordnungszahl
GVT 2/1	von 3,01 m bis 4,00 m	2
GVT 3/1	von 2,21 m bis 3,00 m	3
GVT 3/2	von 1,01 m bis 1,30 m	6
GVT 4/1	von 0,61 m bis 0,80 m	8

Tab. 2: Festlegung der 1. Ordnungszahl

⁹ ÖNORM B 2203-1, 2001, S.12

3.2 Stützmittelverteilung in der Kalotte

Darstellung der Verteilung der Stützmittel- und Zusatzmaßnahmen nach Art und Menge in den Gebirgsverhaltenstypen bzw. in den bautechnisch gleichartigen Vortriebsbereichen in tabellarischer Form:

Die **Bewertungsfläche** ist lt. nachfolgender Abbildung festzulegen, diese gilt im Gegensatz zur Abrechnungslinie als unveränderlich und ist begrenzt durch die bergseitige Laibung der Innenschale.

$$R_{BF} = R + d_{in}$$

R_{BF} = Radius der Bewertungsfläche

R = Radius des lichten Querschnittes

d_{in} = plangemäße Dicke der Innenschale

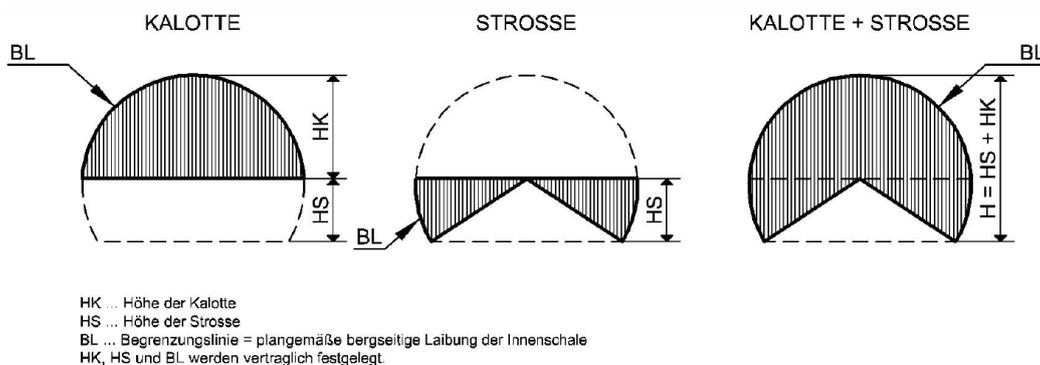


Abb. 8: Schematische Darstellung der Bewertungsflächen¹⁰

Die **Abrechnungslinie (Linie 1a)** wird für die Ermittlung der Massen von Baustahlgitter, Spritzbeton und Bögen herangezogen.

$$R_{Linie\ 1a} = R + d_i + \ddot{u}_m$$

$R_{Linie\ 1a}$ = Abrechnungslinie

R = Radius des lichten Querschnittes

d_i = plangem. Dicke der Innenschale einschl. Abdichtungsuntergrund und Abdichtung

\ddot{u}_m = im Zuge der Ausbrucharbeiten vom AG festgelegtes Übermaß

Das **plangemäße Ausbruchprofil** wird mit der Linie 2 bestimmt, dieses Profil dient der Kostenkalkulation.

$$R_{Ausbruch} = R + d_i + \ddot{u}_m + d_s$$

$R_{Ausbruch}$ = Radius zur Bestimmung des plangemäßen Ausbruchprofils

R = Radius des lichten Querschnittes

d_i = plang. Dicke der Innenschale einschl. Abdichtungsuntergrund und Abdichtung

\ddot{u}_m = im Zuge der Ausbrucharbeiten vom AG festgelegtes Übermaß

d_s = festgelegte Dicke des Spritzbetons als Stützmaßnahme

¹⁰ ÖNORM B 2203-1, S.14

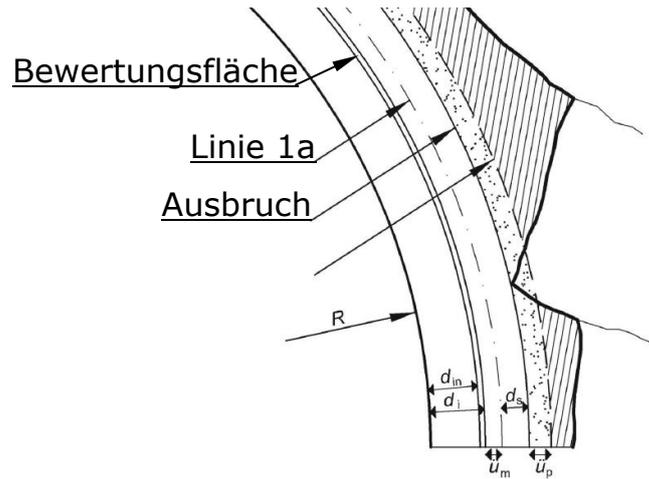


Abb. 9: Ausbruch und Stützmittel vor der Verformung¹¹

Nachfolgend werden die Stützmittel in der Kalotte pro Abschlag und pro Laufmeter berechnet. Zur Ermittlung der Stützmittel pro Laufmeter ist die Obergrenze der jeweiligen Abschlagslänge maßgebend.

3.2.1 GVT 2/1 - erste Ordnungszahl 2

plangemäße Ausbruchsprofil	65,00 m ²
Bewertungsfläche	60,00 m ²
Linie 1a	21,00 m
Abschlagslänge	3,01 m - 4,00 m

Tab. 3: Querschnitts- und Abschlagsangaben GVT 2/1

Stützmittel in der Kalotte	Einheit	Menge/Abschlag	Menge/lfm
Anker			
Swellex-Anker (3 Stk; 3,00 m lang)	m	9,00	2,25
SN-Mörtelanker	m		
Baustahlgitter			
1. Lage	m ²	84,00	21,00
2. Lage	m ²		
Bogen- und Lastverteiler			
Spritzbeton			
Kalotte (d = 0,05 m)	m ³	4,20	1,05
Ortsbrust	m ³		
Spieße			
vermörtelt	m		
unvermörtelt	m		

Tab. 4: Stützmittelbedarf GVT 2/1

¹¹ modifiziert von ÖNORM B 2203-1, 2001

3.2.2 GVT 3/1 - erste Ordnungszahl 3

plangemäße Ausbruchsprofil	68,00 m ²
Bewertungsfläche	62,00 m ²
Linie 1a	21,50 m
Abschlagslänge	3,21 m - 3,00 m

Tab. 5: Querschnitts- und Abschlagsangaben GVT 3/1

Stützmittel in der Kalotte	Einheit	Menge/Abschlag	Menge/lfm
Anker			
Swellex-Anker (22 Stk; 5,00 m lang)	m	24,00	8,00
SN-Mörtelanker	m		
Baustahlgitter			
1. Lage	m ²	64,50	21,50
2. Lage	m ²		
Bogen- und Lastverteiler	m	21,50	7,17
Spritzbeton			
Kalotte (d = 0,15 m)	m ³	9,68	3,23
Ortsbrust	m ³		
Spieße			
vermörtelt	m		
unvermörtelt	m		

Tab. 6: Stützmittelbedarf GVT 3/1

3.2.3 GVT 3/2 - erste Ordnungszahl 6

plangemäße Ausbruchsprofil	74,00 m ²
Bewertungsfläche	64,00 m ²
Linie 1a	22,00 m
Abschlagslänge	1,01 m – 1,30 m

Tab. 7: Querschnitts- und Abschlagsangaben GVT 3/2

Stützmittel in der Kalotte	Einheit	Menge/Abschlag	Menge/lfm
Anker			
Swellex-Anker	m		
SN-Mörtelanker (22 Stk; 2,50 m lang)	m	55,00	42,31
Baustahlgitter			
1. Lage	m ²	28,60	22,00
2. Lage	m ²	28,60	22,00
Bogen- und Lastverteiler			
	m	22,00	16,92
Spritzbeton			
Kalotte (d = 0,25 m)	m ³	7,15	5,50
Ortsbrust (d = 0,03 m)	m ³	2,22	1,71
Spieße			
vermörtelt	m		
unvermörtelt (20Stk., 2,50 m lang)	m	50,00	38,46

Tab. 8: Stützmittelbedarf GVT 3/2

3.2.4 GVT 4/1 - erste Ordnungszahl 8

plangemäße Ausbruchprofil	78,00 m ²
Bewertungsfläche	66,00 m ²
Linie 1a	22,50 m
Abschlagslänge	0,61 m – 0,80 m

Tab. 9: Querschnitts- und Abschlagsangaben GVT 4/1

Stützmittel in der Kalotte	Einheit	Menge/Abschlag	Menge/lfm
Anker			
Swellex-Anker	m		
SN-Mörtelanker (6 Stk, 6,00 m und 23 Stk, 3,00 m lang)	m	105,00	131,25
Baustahlgitter			
1. Lage	m ²	18,00	22,50
2. Lage	m ²	18,00	22,50
Bogen- und Lastverteiler			
	m	22,50	28,13
Spritzbeton			
Kalotte (d = 0,35 m)	m ³	6,30	7,88
Ortsbrust (d = 0,05 m)	m ³	3,90	4,88
Spieße			
vermörtelt (40 Stk., 2,50 m lang)	m	100,00	125,00
unvermörtelt	m		

Tab. 10: Stützmittelbedarf GVT 4/1

3.3 Ermittlung der Vortriebsklassen¹²

Der zyklische (konventionelle) Vortrieb ist in Vortriebsklassen zu unterteilen. Die Einteilung der Vortriebsklassen, die zweckmäßiger Weise in einer Matrix dargestellt werden, ist folgendermaßen vorzunehmen:

- Der Ausbruch der Kalotte, der Strosse oder des Querschnittes von Kalotte mit Strosse wird nach dem Abschlagslängenbereich unterteilt. Daraus ergibt sich die erste Ordnungszahl.
- Die Stütz- und Zusatzmaßnahmen der Kalotte, der Strosse oder des Querschnittes von Kalotte mit Strosse werden gemäß ÖNORM B 2203-1 Tab. 3 bewertet und die Stützmittelzahl als zweite Ordnungszahl errechnet. Die Größe des Gültigkeitsbereiches der zweiten Ordnungszahl ist in den Grenzen der ÖNORM B 2203-1 Tab. 4 festzulegen.

Stützmittel und Zusatzmaßnahmen		Bewertungsfaktor je Mengeneinheit	Mengeneinheit	Bemerkungen
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	
Ortsbrustanker	Ankeranzahl im Abschlag	8,0	ST	¹⁾
	Versetzen Ankerplatte ohne Vorspannung	1,7	ST	²⁾
	Versetzen Ankerplatte mit Vorspannung	5,0	ST	²⁾
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	
Baustahlgitter	bergseitig mit Bogen	1,0	m ²	³⁾
	hohlraumseitig mit Bogen	1,5	m ²	³⁾
	bergseitig ohne Bogen	2,0	m ²	³⁾
	Kalottensohle	0,8	m ²	³⁾
	Zusatzbewehrung, Ortsbrustbewehrung	2,0	m ²	^{3), 4)}
Bogen- und Lastverteiler		2,0	m	
Spritzbeton	Kalotte und Strosse	20,0	m ³	⁵⁾
	Kalottensohle, Kalottenfuß	12,0	m ³	⁵⁾
	Ortsbrust	14,0	m ³	⁵⁾
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbruch	14,0	m ³	^{5), 6)}
Verformungsschlitze	ohne Stauchelemente	3,5	m	⁷⁾
	mit Stauchelementen	5,0	m	⁷⁾
Getriebedielen		5,5	m ²	
Fußpfähle	Fußpfähle Ø ≤ 38 mm	4,5	m	
	Fußpfähle Ø > 38 mm	5,0	m	
Teilflächen		22,0	ST	⁸⁾
Ausbruch Kalottenfußverbreiterung		50,0	m	⁹⁾
Abbruch Kalottensohlgewölbe beim Strossenvortrieb		50,0	m	¹⁰⁾

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 Mengen ohne Berücksichtigung der Übergriffe in Längs- und Querrichtung
⁴⁾ Durch die Bewehrung abgedeckte Ansichtsfäche - die Anschlussbewehrung Kalotte/Strosse und Strosse/Sohle wird nicht bewertet.
⁵⁾ theoretische Mengen, ohne Berücksichtigung von Überprofil und Rückprall
⁶⁾ Auffüllen von plangemäßen Zwickeln (bei Getriebedielen u. dgl.) oder Auffüllen von anerkannten Mehrausbrüchen bergseitig der Grenzfläche A
⁷⁾ Laufmeter Schlitzlänge
⁸⁾ Es werden nur Teilausbrüche als Teilfläche bewertet, die jeweils unmittelbar nach dem Öffnen eine Erstsicherung erhalten.
⁹⁾ für beide Kalottenfüße, pro Laufmeter Tunnel
¹⁰⁾ Länge des Kalottensohlgewölbes beim jeweiligen Abschlag der Strosse, unabhängig von eventuell erforderlichen Teilabbrüchen

Abb. 10: Bewertung der Stützmittel und Zusatzmaßnahmen¹³

¹² vgl. ÖNORM B 2203-1, 2001, S.11

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

Abb. 11: Gültigkeitsbereich der zweiten Ordnungszahl¹⁴

- Bei der Sohle bestimmt die Ausbauart die zweite Ordnungszahl.

3.3.1 Berechnung der zweiten Ordnungszahl

- Vortriebsklasse 2/1,08 – GVT 2/1

plangem. Ausbruchprofil [m ²]	65,00	Die erste Ordnungszahl wird über die Abschlagslänge definiert!
Bewertungsfläche [m ²]	60,00	
Abrechnungslinie [m]	21,00	
Abschlagslänge [m]	4,00	
1. ORDNUNGSZAHL: 2		

Stützmittel	Menge pro Abschlag	Menge pro lfm	Bewertungsfaktor je Mengeneinheit	Mengeneinheit	Bewertungszahl
Anker					
Swellex-Anker	9,00	2,25	0,8	m	1,80
SN-Mörtelanker	0,00	0,00		m	0,00
Baustahlgitter					
1. Lage	84,00	21,00	2,0	m ²	42,00
2. Lage	0,00	0,00		m ²	0,00
Bogen- und Lastverteiler					
	0,00	0,00		m	0,00
Spritzbeton					
Kalotte	4,20	1,05	20,0	m ³	21,00
Ortsbrust	0,00	0,00		m ³	0,00
Spieße					
vermörtelt	0,00	0,00		m	0,00
unvermörtelt	0,00	0,00		m	0,00
SUMME:					64,80
2. ORDNUNGSZAHL: 1,08					
Obergrenze + 0,35					1,43
Untergrenze - 0,35					0,73

Die zweite Ordnungszahl ist der Quotient aus Summe Bewertungszahlen und Bewertungsfläche!

Abb. 12: Ermittlung von erster und zweiter Ordnungszahl – GVT 2/1

¹³ ÖNORM B 2203-1, 2001, Tabelle 3

¹⁴ ÖNORM B 2203-1, 2001, Tabelle 4

• **Vortriebsklasse 3/1,72 – GVT 3/1**

plangem. Ausbruchprofil [m²]	68,00	Die erste Ordnungszahl wird über die Abschlagslänge definiert!
Bewertungsfläche [m ²]	62,00	
Abrechnungslinie [m]	21,50	
Abschlagslänge [m]	3,00	
1. ORDNUNGSZAHL:		

Stützmittel	Menge pro Abschlag	Menge pro lfm	Bewertungsfaktor je Mengeneinheit	Mengeinheit	Bewertungszahl
Anker					
Swellex-Anker	24,00	8,00	0,8	m	6,40
SN-Mörtelanker	0,00	0,00		m	0,00
Baustahlgitter					
1. Lage	64,50	21,50	1,0	m ²	21,50
2. Lage	0,00	0,00		m ²	0,00
Bogen- und Lastverteiler					
	21,50	7,17	2,0	m	14,33
Spritzbeton					
Kalotte	9,68	3,23	20,0	m ³	64,50
Ortsbrust	0,00	0,00		m ³	0,00
Spieße					
vermörtelt	0,00	0,00		m	0,00
unvermörtelt	0,00	0,00		m	0,00
SUMME:					106,73
2. ORDNUNGSZAHL:					1,72
Obergrenze + 0,45					2,17
Untergrenze - 0,45					1,27

Die zweite Ordnungszahl ist der Quotient aus Summe Bewertungszahlen und Bewertungsfläche!

Abb. 13: Ermittlung von erster und zweiter Ordnungszahl – GVT 3/1

• **Vortriebsklasse 6/4,55 – GVT 3/2**

plangem. Ausbruchprofil [m²]	74,00	Die erste Ordnungszahl wird über die Abschlagslänge definiert!
Bewertungsfläche [m ²]	64,00	
Abrechnungslinie [m]	22,00	
Fläche innerh der Abr-linie [m ²]	70,00	
Abschlagslänge [m]	1,30	
1. ORDNUNGSZAHL:		6

Stützmittel	Menge pro Abschlag	Menge pro lfm	Bewertungsfaktor je Mengeneinheit	Mengeinheit	Bewertungszahl
Anker					
Swellex-Anker	0,00	0,00		m	0,00
SN-Mörtelanker	55,00	42,31	1,1	m	46,54
Baustahlgitter					
1. Lage	28,60	22,00	1,0	m ²	22,00
2. Lage	28,60	22,00	1,5	m ²	33,00
Bogen- und Lastverteiler					
	22,00	16,92	2,0	m	33,85
Spritzbeton					
Kalotte	7,15	5,50	20,0	m ³	110,00
Ortsbrust	2,10	1,62	14,0	m ³	22,62
Spieße					
vermörtelt	0,00	0,00		m	0,00
unvermörtelt	50,00	38,46	0,6	m	23,08
SUMME:					291,08
2. ORDNUNGSZAHL:					4,55
Obergrenze + 1,00					5,55
Untergrenze - 1,00					3,55

Die zweite Ordnungszahl ist der Quotient aus Summe Bewertungszahlen und Bewertungsfläche!

Abb. 14: Ermittlung von erster und zweiter Ordnungszahl – GVT 3/2

• Vortriebsklasse 8/8,95 – GVT 4/1

plangem. Ausbruchsprofil [m²]	78,00	Die erste Ordnungszahl wird über die Abschlagslänge definiert!			
Bewertungsfläche [m ²]	66,00				
Abrechnungslinie [m]	22,50				
Fläche innerh der Abr-linie [m ²]	73,00				
Abschlagslänge [m]	0,80				
		1. ORDNUNGSZAHL: 8			
Stützmittel	Menge pro Abschlag	Menge pro lfm	Bewertungs-faktor je Mengeneinheit	Mengen-einheit	Bewertungszahl
Anker					
Swellex-Anker	0,00	0,00		m	0,00
SN-Mörtelanker	105,00	131,25	1,1	m	144,38
Baustahlgitter					
1. Lage	18,00	22,50	1,0	m ²	22,50
2. Lage	18,00	22,50	1,5	m ²	33,75
Bogen- und Lastverteiler					
	22,50	28,13	2,0	m	56,25
Spritzbeton					
Kalotte	6,30	7,88	20,0	m ³	157,50
Ortsbrust	3,65	4,56	14,0	m ³	63,88
Spieße					
vermörtelt	100,00	125,00	0,9	m	112,50
unvermörtelt	0,00	0,00		m	0,00
SUMME:					590,75
2. ORDNUNGSZAHL:					8,95
Obergrenze + 1,60					10,55
Untergrenze - 1,60					7,35

Die zweite Ordnungszahl ist der Quotient aus Summe Bewertungszahlen und Bewertungsfläche!

Abb. 15: Ermittlung von erster und zweiter Ordnungszahl – GVT 4/1

3.4 Vortriebsklassenmatrix

Die Schnittpunkte aus erster und zweiter Ordnungszahl ± einer festgelegten Bandbreite ergeben Matrixfelder, die so genannten Vortriebsklassen, in die vom Auftragnehmer garantierte Einheitspreise je Kubikmeter Ausbruch und garantierte Vortriebsleistung je Arbeitstag einzusetzen sind.

Dadurch ergibt sich, dass geringfügige Änderungen in den Abschlagslängen und am Umfang der Stützmaßnahmen keine sofortige Vortriebsklassenänderung bewirken.

Dies bringt für den Auftraggeber eine gewisse Kostensicherheit und vermindert das Diskussionspotential bei der Abrechnung.

ERSTE ORDNUNGSZAHL	KALOTTE ODER KALOTTE PLUS STROSSE	STROSSE	ZWEITE ORDNUNGSZAHL - STÜTZMITTELZAHL										
			ABSCHLAGSLÄNGE BIS										
			1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
1	Keine Vorgabe	Wird im gegenständlichen Beispiel nicht behandelt!											
2	4,00 m		2/1,08										
3	3,00 m		3/1,72										
4	2,20 m												
5	1,70 m												
6	1,30 m					6/4,55							
7	1,00 m												
8	0,80 m									8/8,95			
9	0,60 m												

Abb. 16: Vortriebsklassenmatrix

4 Quellen

- [1] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik: Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, 2. überarbeitete Auflage, 2008
- [2] ÖNorm B 2203-1 Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb, Ausgabe 2001