

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	III
Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	XII
Danksagungen	XIII
1 Leistungskriterien bei der Gebirgslösung	1
1.1 Der Begriff Gebirgslösung	1
1.2 Ausbruchsystem	2
1.3 Behandelte Arten der Gebirgslösung.....	4
2 Technische Grundlagen der Gebirgslösung	5
2.1 Bohren – Bohr- und Sprengvortrieb	5
2.1.1 Bohrgeräte.....	5
2.1.2 Bohrverfahren	6
2.1.3 Bohrkronen	8
2.1.4 Bohrvorgang	12
2.1.5 Messgrößen zur Erfassung der Bohrbarkeit.....	13
2.1.5.1 Ermittlung der Bohrgeschwindigkeit	13
2.1.5.2 Ermittlung der Standzeit der Bohrkronen	14
2.1.5.3 Verschleißklassifizierung – qualitativer Verschleiß der Bohrkronen	15
2.1.6 Klassifikation der Bohrbarkeit.....	18
2.2 Sprengen – Bohr- und Sprengvortrieb.....	20
2.2.1 Sprengstoffe.....	20
2.2.2 Zündmittel.....	21
2.2.3 Sprengverfahren unter Tage.....	21
2.2.4 Zerstörungsvorgang im Gebirge	23
2.2.5 Messgrößen zur Erfassung der Sprengbarkeit	25
2.2.6 Klassifikation der Sprengbarkeit.....	25
2.3 Fräsen – Vortrieb mit Teilschnittmaschinen	26
2.3.1 Geräte.....	26
2.3.2 Ausbruchverfahren.....	28
2.3.3 Rundschaftmeißel	30
2.3.4 Fräsvorgang	32
2.3.5 Messgrößen zur Erfassung der Fräsbarkeit.....	34
2.3.5.1 Erfassung der Fräsleistung	34
2.3.5.2 Ermittlung des spezifischen Meißelverbrauchs.....	35
2.3.5.3 Verschleißklassifizierung – qualitativer Verschleiß der Rundschaftmeißel	35
2.3.6 Klassifikation der Fräsbarkeit.....	39
2.4 Schneiden – Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen.....	40
2.4.1 Typen von Tunnelbohrmaschinen.....	40
2.4.2 Ausbruchverfahren	42
2.4.3 Rollen- bzw. Diskenmeißel.....	43
2.4.4 Penetration eines Diskenmeißels	44
2.4.5 Messgrößen zur Erfassung der Schneidbarkeit.....	45
2.4.5.1 Ermittlung der spezifischen Penetration und der Schneidgeschwindigkeit	45
2.4.5.2 Quantitativer Verschleiß – Ermittlung des Rollwegs.....	46
2.4.5.3 Verschleißklassifizierung – qualitativer Verschleiß der Disken	47

2.4.6	Klassifikation der Schneidbarkeit.....	50
3	Einflussfaktoren auf die Gebirgslösung.....	51
3.1	Quantifizierbare Faktoren von Gestein und Gebirge.....	51
3.2	Basis-Gebirgslösbarkeit – felsmechanische und petrographische Parameter.....	53
3.2.1	Felsmechanische Parameter zur Korrelation mit der Löseleistung.....	54
3.2.1.1	Bohrgeschwindigkeit beim Bohr- und Sprengvortrieb	55
3.2.1.2	Sprengstoffverbrauch beim Bohr- und Sprengvortrieb.....	57
3.2.1.3	Fräsgeschwindigkeit beim Vortrieb mit einer Teilschnittmaschine.....	58
3.2.1.4	Spezifische Penetration beim Vortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine.....	60
3.2.2	Mineralogisch-petrographische Parameter zur Korrelation mit den Verschleißparametern.....	61
3.2.2.1	Methode des äquivalenten Quarzanteils.....	61
3.2.2.2	CERCHAR-Verschleißtest (CAI) nach PLINNINGER (2002).....	63
3.2.2.3	Verschleiß von Bohrkronen	67
3.2.2.4	Verschleiß von Rundschaftmeißeln	68
3.2.2.5	Verschleiß von Diskenmeißeln	69
3.3	Geologische Faktoren.....	70
3.3.1	Welchen Einfluss haben die geologische Faktoren auf die Gebirgslösung?.....	70
3.3.2	Diskontinuitäten – Der Einfluss des Trennflächengefüges.....	72
3.3.2.1	Einfluss auf die Bohrgeschwindigkeit und den spezifischen Sprengstoffverbrauch....	73
3.3.2.2	Einfluss auf die Fräsleistung	74
3.3.2.3	Einfluss auf die Schneidleistung	75
3.3.3	Anisotropie – Einfluss der Schieferung.....	76
3.3.3.1	Einfluss auf die Bohrgeschwindigkeit und den spezifischen Sprengstoffverbrauch....	76
3.3.3.2	Einfluss auf die Fräsleistung	83
3.3.3.3	Einfluss auf die Schneidleistung	84
4	Fallbeispiele.....	85
4.1	Übersicht der als Fallbeispiele behandelten Projekte	85
4.2	Bohr- und Sprengvortrieb unter hohen Primärspannungsverhältnissen: Nathpa-Jhakri Hydroelectric Project, Indien	86
4.2.1	Projektübersicht	86
4.2.2	Schadenereignisse über Tage.....	87
4.2.3	Stabilitätsprobleme unter Tage	89
4.2.4	Numerische Modellierung	93
4.2.5	Bohrbarkeit	95
4.2.6	Resumée.....	96
4.3	Verwitterung und hydrothermale Alteration von Graniten: Tunnel Königshainer Berge, Sachsen.....	97
4.3.1	Projektübersicht	97
4.3.2	Hydrothermale Alteration der Granite.....	98
4.3.3	Verwitterungsgrade im Gebirge.....	100
4.3.4	Resumée.....	106
4.4	Harte Komponenten in weicher Matrix: Altenbergtunnel, Idar-Oberstein.....	107
4.4.1	Projektbeschreibung und geologische Verhältnisse.....	107
4.4.2	Wahl einer wirtschaftlichen Vortriebsmethode	108
4.4.3	Einfluss der Verwitterung auf den Bohr- und Sprengvortrieb.....	111
4.5	Härtlingslagen in Sandsteinen: Meisterntunnel, Bad Wildbad.....	114
4.5.1	Projektbeschreibung und geologische Verhältnisse.....	114
4.5.2	Einflüsse auf die Wahl des Vortriebsverfahrens.....	116
4.5.3	Einfluss auf den Bohr- und Sprengvortrieb	118

4.5.4	Verschleißcharakteristik von Fanglomeraten und Sandsteinen	120
4.5.5	Einfluss der Porosität vor dem Hintergrund von vier Tunnelprojekten.....	121
4.5.6	Resumée.....	123
4.6	Veränderlich feste Gesteine und harte Gesteinslagen:	
	TSM-Vortriebe beim Nürnberger U-Bahnbau	124
4.6.1	Das Vortriebskonzept Teilschnittmaschine	125
4.6.2	Problem 1: Hoher Werkzeugverschleiß.....	126
4.6.3	Problem 2: Lösen und Schuttern der veränderlich festen Ton-Schluffsteine	127
4.6.4	Resumée.....	130
4.7	TBM-Vortrieb in schwach metamorphen Gesteinen:	
	Erkundungsstollen zum Schönbergtunnel, Schwarzach	131
4.7.1	Auswertung der TBM-Vortriebsdaten	131
4.7.2	Quantitativer Verschleiß – Ermittlung des Rollwegs	137
4.7.3	Auswirkungen des Gebirges auf die Schnittgeschwindigkeit.....	139
4.7.4	Resumée.....	141
5	Schlussbetrachtungen.....	142
5.1	Welche Schlüsse sind aus den Fallstudien zu ziehen?.....	142
5.2	Hinweise zu Voruntersuchungen.....	143
5.3	Möglichkeit einer Prognose der Gebirgslösbarkeit	145
6	Literatur	148
7	Anhang: Auswertung & Statistik	156
7.1	Vorgehensweise.....	156
7.2	Statistische Auswertung	156
7.3	Tabelle der verwendeten Tunnelprojekte in Kurzform	160