

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	V
1 Einleitung	1
1.1 Wissenschaftliche und technologische Einordnung	1
1.1.1 Verschleißbewertung im maschinellen Tunnelbau	5
1.1.2 Tribologisches System Abbauwerkzeug	7
1.1.3 Maschinelles Tunnelbau im Schildvortrieb	9
1.1.4 Bodenabbau im Vollschnittverfahren mit TVM	13
1.1.5 Werkzeugkonzepte für den Vollschnittabbau	14
1.1.6 Verschleißmechanismen der Abbauwerkzeuge im Lockergestein .	18
1.2 Ableitung des Forschungsbedarfs	21
1.3 Vorgehensweise und Zielsetzungen	23
2 Grundlagen	25
2.1 Baugrund - Gegenkörper im tribologischen System	26
2.1.1 Geotechnische Beschreibung des Baugrunds	28
2.1.2 Einsatz von Stütz- und Konditionierungsmitteln	31
2.2 Belastungskollektiv - Vortriebsparameter und Prozesssteuerung	34
2.3 Grundkörper - Verschleißmechanismen und Werkzeugwerkstoffe	37
2.3.1 Substratwerkstoffe	40
2.3.2 Verschleißschutzschichten	42

3	Experimentelle Methoden	61
3.1	Untersuchung verschlissener TVM Werkzeuge	61
3.2	Verwendete Werkstoffe	62
3.2.1	Substratwerkstoffe	62
3.2.2	Verschleißschutzschichten	64
3.2.3	Probenherstellung und Wärmebehandlung	66
3.3	Mechanische Untersuchungen	67
3.3.1	Härtemessung und instrumentierte Eindringversuche	67
3.3.2	Druckversuche	69
3.3.3	Vier-Punkt-Biegeversuche	69
3.4	Bestimmung der Abrasivität des Baugrunds	70
3.4.1	LCPC Versuch	71
3.4.2	Cerchar Abrasivitätstest	71
3.5	Bodenmechanische Untersuchungen	73
3.5.1	Triaxialer Druckversuch	73
3.5.2	Proctor-Versuch	74
3.5.3	Siebanalyse	74
3.6	Bildgebende Verfahren	75
3.6.1	Lichtmikroskopie	75
3.6.2	Rasterelektronenmikroskopie	75
3.6.3	Focused-Ion-Beam Mikroskopie	76
3.6.4	Quantitative Bildanalyse	77
3.7	Verschleißversuche	78
3.7.1	Reibrad-Verfahren ASTM-G65	78
3.7.2	Stoßverschleiß-Versuch	79
3.7.3	RUB Tunneling Device	80
4	Ergebnisse	87
4.1	Methodiken zur Bewertung der Abrasivität des Baugrunds	88

4.1.1	LCPC Versuch	88
4.1.2	Cerchar Abrasivitätstest	89
4.2	Untersuchung der tribologischen Wechselwirkungen	91
4.2.1	Bodenmechanische Untersuchungen	91
4.2.2	Einfluss der Steuer- und Vortriebsparameter	93
4.2.3	Einfluss des Baugrunds	95
4.2.4	Einfluss von Stütz- und Konditionierungsmitteln	96
4.2.5	Einfluss des Werkzeugwerkstoffs	100
4.3	Werkstoffkundliche Analyse der Verschleißmechanismen	101
4.3.1	Härtemessung und Nanoindentation	101
4.3.2	Nanoritzversuche	102
4.3.3	Druckversuche	103
4.3.4	Vier-Punkt-Biegeversuche	103
4.3.5	Reibradversuch ASTM-G65	104
4.3.6	Stoßverschleiß-Versuche	104
4.3.7	Quantitative Bildanalyse und EBSD	107
5	Diskussion	109
5.1	Bewertung der Abrasivität des Baugrunds mit Indexwerten	110
5.2	Analyse der Systemkomponenten des Tribosystems	120
5.2.1	Einfluss des Belastungskollektivs	120
5.2.2	Einfluss des Gegenkörpers	124
5.2.3	Einfluss von Zwischen- und Umgebungsmedien	125
5.2.4	Einfluss des Grundkörpers	135
5.3	Werkstoffabhängige Analyse der Verschleißmechanismen	136
5.3.1	Materialabtrag in Folge von Furchungverschleiß	137
5.3.2	Zyklisch induzierte Oberflächenzerrüttung	139
5.4	Synthese und Bewertung der Ergebnisse aus tribologischer Sicht	159

6	Zusammenfassung	169
7	Ausblick	173
A	Tabellen	179
B	Bildanhang	201
C	Konstruktionsskizzen	263
	Literaturverzeichnis	265