

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	4
Formelzeichen	5
1 Motivation	7
2 Grundlagen	10
2.1 Aufbau und Funktionsweise eines DC-Bürstenmotors	10
2.2 Tribologisches System Kohlebürste-Kommutator	11
2.2.1 Kohlebürste und Grafit	12
2.2.2 Patina und Verpastung	14
2.2.3 Reibung und Verschleiß	16
2.2.4 Funkenbildung	20
2.3 Kontakttemperatur im System Kohlebürste-Kommutator	20
2.3.1 Das Modell zur Berechnung der Temperatur im Kontaktbereich Kohlebürste-Kommutator	21
2.3.2 Wärme durch die Reibung	23
2.3.3 Mechanische Kontaktfläche nach dem Hertz'schen Modell	26
2.3.4 Mechanische Kontaktfläche nach dem JKR Modell	28
2.3.5 Temperaturanstieg in Abhängigkeit von der Zeit aufgrund der Rotationsbewegung	30
2.4 Vergleich der DC-Bürstenmotoren mit bürstenlosen DC-Motoren	33
3 Experimentelle Methoden und Versuchsmaterialien	35
3.1 Probenbeschreibung	35
3.1.1 Fensterheber DC-Bürstenmotoren	35
3.1.2 Kohlebürsten	37
3.1.3 Kommutatoren und ihre Oberflächenbehandlung	38
3.2 Drehmomentprüfstand	38
3.3 Fensterheber Dauerlaufprüfstand	41
3.4 Reibungsprüfstand	42
3.5 Vibrationsschock Prüfstand	52
3.6 Generatorische Messungen von DC-Bürstenmotoren	54

3.7	Elektromagnetische Störemissionsmessungen von DC-Bürstenmotoren.....	58
3.8	Akustische Messungen von DC-Bürstenmotoren.....	62
3.9	KI-basierte XRM-Analyse der Kohlebürsten	64
4	Ergebnisse.....	67
4.1	Charakterisierung der DC-Motoren mit Fehlerbild Verpastung.....	67
4.2	Nachstellung des Fehlerbildes Verpastung am Dauerlaufprüfstand.....	74
4.2.1	Einfluss der Zusammensetzung von Kohlebürsten auf das Fehlerbild Verpastung	77
4.2.2	Einfluss der Temperatur auf das Fehlerbild Verpastung	82
4.2.3	Einfluss des Kurzzeit-Betriebsmodus auf das Fehlerbild Verpastung.....	84
4.3	Analyse des Reibsystems Kohlebürste-Kommutator am Reibungsprüfstand	87
4.3.1	Einfluss der Anpresskraft auf den Kontaktwiderstand im System Kohlebürste-Kommutator.....	87
4.3.2	Einfluss der Drehzahl und der Anpresskraft auf die Temperatur von Kohlebürsten.....	89
4.3.3	Einfluss des Kommutierungsstromes auf Verpastung im System Kohlebürste-Kommutator.....	92
4.3.4	Einfluss der Oberflächenbehandlung des Kommutators auf die Verpastung im System Kohlebürste-Kommutator	95
4.3.5	Einfluss der Anpresskraft auf die Verpastung im System Kohlebürste-Kommutator (stromloser Versuch)	98
4.3.6	Einfluss von organischen Schmiermitteln auf Verpastung im System Kohlebürste-Kommutator.....	100
4.4	Einfluss von einem Vibrationsschock auf den Kontaktwiderstand Kohlebürste-Kommutator	102
4.5	Einfluss der Lagerung von DC-Motoren bei unterschiedlichen Bedingungen auf die Anlaufspannung.....	107
4.6	Elektromagnetische Störemissionsmessungen von DC-Bürstenmotoren.....	115
4.7	Generatorische Messungen von DC-Bürstenmotoren	121
4.8	Akustische Messungen von DC-Bürstenmotoren.....	128
4.9	KI-basierte XRM-Analyse der Kohlebürsten	133
5	Diskussion	135
5.1	Beurteilung der verpasteten DC-Bürstenmotoren	135

5.2	Analyse der Einflussfaktoren auf die Verpastung und den Verschleiß im System Kohlebürste-Kommutator	142
5.3	Einfluss von einem Vibrationsschock auf Kontaktwiderstand Kohlebürste-Kommutator...	148
5.4	Einfluss der Lagerung von DC-Bürstenmotoren bei unterschiedlichen Bedingungen auf die Anlaufspannung	150
5.5	Elektromagnetische Störemissionsmessungen von DC-Bürstenmotoren	154
5.6	Generatorische Messungen von DC-Bürstenmotoren	157
5.7	KI-basierte XRM-Analyse der Kohlebürsten.....	159
6	Zusammenfassung.....	161
7	Ausblick	163
	Literaturverzeichnis.....	166
	Abbildungsverzeichnis.....	188
	Tabellenverzeichnis.....	193
	Anhang A1 – LabView Blockdiagramm für die Steuerung des Drehmomentprüfstandes	195
	Anhang A2 – LabView Blockdiagramm für die Steuerung des Reibungsprüfstandes	197