



Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
Abstract	3
1 Motivation	5
2 Stand der Technik	11
2.1 Elektrokleinmotoren	11
2.1.1 Aufbau und Funktionsweise eines DC-Motors . . .	13
2.2 Widerstandsschweißen	16
2.3 Prozesskontrolle beim Widerstandsschweißen	18
2.4 Mechanismen der Verbindungsbildung	21
2.4.1 Diffusion	21
2.4.2 Metallbindung	23
3 Das Hot-Staking-Verfahren	25
3.1 Der allgemeine Prozessablauf	26
3.2 Voruntersuchungen zum Hot-Staking-Prozess	28
3.3 Materialien und Werkstoffe	30
3.4 Widerstandsmodell	32
4 Zielsetzung und Vorgehensweise	37
5 Messtechnik und Messaufbau	39
5.1 Versuchsaufbau an der Labormaschine	39
5.2 Hakenverschiebekraft	44
5.3 Temperaturmessung	45



6	Prozessphasenanalyse	47
6.1	Die fünf Prozessphasen	47
6.1.1	Prozessphase I	48
6.1.2	Prozessphase II	48
6.1.3	Prozessphase III	50
6.1.4	Prozessphase IV	50
6.1.5	Prozessphase V	50
6.2	Prozessablauftabelle	51
7	Wirkzusammenhänge	53
7.1	Einflussfaktoren auf die Festigkeit der Verbindung	54
7.1.1	Einfluss der Stromflussdauer auf die Hakenverschiebekraft	54
7.1.2	Einfluss einer Druckerhöhung innerhalb des Prozessablaufs	59
7.1.3	Metallografische Analysen der vorherigen Versuchsreihen	63
7.1.4	Härtemessungen der Kontaktierung unter Serienbedingungen	73
7.1.5	Einfluss der Oberflächenstruktur	75
7.2	Zusammenhang zwischen den Parametern Stromstärke und Druck	79
7.3	Messung der Prozesstemperatur	83
7.4	Verbindungsmechanismus	88
8	Zusammenfassung	101
A	Anhang: Datenblätter der Sensoren	105
A.1	Wegmessung	105
A.2	Strom- und Spannungsmessung	107
A.3	Druckmessung	107
B	Anhang: Python-Skript zur Auswertung der Analogsignale	109
	Abkürzungsverzeichnis	111
	Abbildungsverzeichnis	113
	Tabellenverzeichnis	117
	Literatur	119