



# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Kurzfassung</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1 Motivation</b>	<b>5</b>
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>11</b>
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
<b>3 Das Hot-Staking-Verfahren</b>	<b>25</b>
3.1 Der allgemeine Prozessablauf . . . . .	26
3.2 Voruntersuchungen zum Hot-Staking-Prozess . . . . .	28
3.3 Materialien und Werkstoffe . . . . .	30
3.4 Widerstandsmodell . . . . .	32
<b>4 Zielsetzung und Vorgehensweise</b>	<b>37</b>
<b>5 Messtechnik und Messaufbau</b>	<b>39</b>
5.1 Versuchsaufbau an der Labormaschine . . . . .	39
5.2 Hakenverschiebekraft . . . . .	44
5.3 Temperaturmessung . . . . .	45



<b>6</b>	<b>Prozessphasenanalyse</b>	<b>47</b>
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
<b>7</b>	<b>Wirkzusammenhänge</b>	<b>53</b>
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
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>101</b>
<b>A</b>	<b>Anhang: Datenblätter der Sensoren</b>	<b>105</b>
A.1	Wegmessung . . . . .	105
A.2	Strom- und Spannungsmessung . . . . .	107
A.3	Druckmessung . . . . .	107
<b>B</b>	<b>Anhang: Python-Skript zur Auswertung der Analogsignale</b>	<b>109</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>111</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>113</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>117</b>
	<b>Literatur</b>	<b>119</b>