

# ***Inhaltsverzeichnis***

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Laserstrahlschweißen von Aluminiumlegierungen</b> .....	<b>17</b>
2.1	Schweißen mit Laserstrahlung .....	17
2.2	Prozessemissionen .....	20
2.3	Nahtigenschaften .....	23
<b>3</b>	<b>Steuerung und Überwachung von Laserstrahlschweißprozessen</b> .....	<b>25</b>
3.1	Übersicht .....	25
3.2	Pre-Prozess .....	28
3.2.1	Taktile Nahtführung .....	28
3.2.2	Optische Nahtführung.....	30
3.2.3	Thermographiebasiertes Nahtführungssystem .....	34
3.3	In-Prozess .....	35
3.3.1	Thermographische Prozessvisualisierung, -regelung und -überwachung.....	35
3.3.2	Optische Prozessvisualisierung, -regelung und –überwachung ohne Fremdbeleuchtung	40
3.3.3	Optische Prozessvisualisierung, -regelung und -überwachung mit Fremdbeleuchtung ....	41
3.4	Post-Prozess .....	49
3.4.1	Thermographiebasierte Qualitätskontrolle.....	49
3.4.2	Optische Qualitätskontrolle .....	53
3.5	Anwendungsgrenzen für eine Online-Überwachung von Aluminiumkehlnähten.....	57
<b>4</b>	<b>Konzept</b> .....	<b>59</b>
4.1	Konzeptentwicklung .....	59
4.2	Konzeptumsetzung und Aufbau.....	66
4.2.1	Übersicht.....	66
4.2.2	Definition der Schweißszene .....	67
4.2.3	Schweißszenenabbildung und -erfassung.....	69
4.2.4	Prozessbeleuchtung .....	76
4.2.5	Sequentielle Beleuchtungssteuerung .....	83
4.2.6	Analyse, Aufzeichnung und Visualisierung der Bilddaten .....	85
4.2.7	Analyse der sekundären Prozesslichtstrahlung .....	87
4.2.8	Korrelation von Profilschnitten zur Positionsüberwachung.....	89

<b>5</b>	<b>Experimentelle Untersuchung</b> .....	<b>93</b>
5.1	Übersicht .....	93
5.2	Voruntersuchung der Systemeigenschaften .....	94
5.2.1	Schweißszenenabbildung .....	94
5.2.2	Prozessbeleuchtung .....	99
5.3	Versuchsplanung .....	102
5.4	Versuchsdurchführung .....	105
5.4.1	Variation der Beleuchtungsdauer .....	106
5.4.2	Lateraler Versatz der Fokusposition.....	106
5.5	Versuchsauswertung.....	111
5.5.1	Beleuchtungsdauer .....	111
5.5.2	Sekundäre Prozesslichtstrahlung.....	112
5.5.3	Nahtprofilkorrelation .....	116
5.6	Zeitliche Eignung der Algorithmen.....	123
<b>6</b>	<b>Industrielle Umsetzung</b> .....	<b>125</b>
6.1	Anlagenintegration .....	125
6.2	Systemoptimierung .....	127
6.2.1	Sequentielle Beleuchtung .....	127
6.2.2	Beleuchtungsdauer .....	130
6.2.3	Referenzprofile .....	132
6.3	Ergebnisse der industriellen Umsetzung.....	134
6.3.1	Durchschweißungen.....	134
6.3.2	Schutzgasabdeckung .....	137
6.3.3	Lateraler Positionierungsfehler .....	139
6.3.4	Axialer Positionierungsfehler .....	145
<b>7</b>	<b>Einschätzung der Ergebnisse und Ausblick</b> .....	<b>149</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>155</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>159</b>