

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problembeschreibung . . . . .	2
1.2 Untersuchungsziel . . . . .	6
1.3 Vorgehensweise . . . . .	7
<b>2 Stand der Wissenschaft und Technik</b>	<b>9</b>
2.1 Historische Entwicklung des Roboterschweißens . . . . .	9
2.2 Objektlokalisierung und -vermessung . . . . .	11
2.2.1 Einordnung der Konturmessung . . . . .	14
2.2.2 Kamerabasierte Systeme . . . . .	16
2.2.3 Ultraschallbasierte Systeme . . . . .	17
2.2.4 Laserbasierte Systeme . . . . .	19
2.2.5 Sonstige Sensorsysteme . . . . .	26
2.3 Sensorik für das Roboterschweißen . . . . .	27
2.3.1 Prozessorientierte Verfahren . . . . .	28
2.3.2 Geometriorientierte Verfahren . . . . .	29
2.3.3 Bauteillokalisierung und Nahtanfangssuche im Stahlbau	35
2.4 Unternehmensumfrage . . . . .	36
<b>3 Ableitung der Problematik</b>	<b>39</b>
3.1 Zusammenfassung der Problematik . . . . .	39
3.2 Versuchsziele . . . . .	41
3.3 Rahmenbedingungen . . . . .	41
3.3.1 Beschränkung der Suchmuster . . . . .	42
3.3.2 Auswahl der Parameteranpassungen . . . . .	42
3.3.3 Oberflächenbeschaffenheit der Bauteile . . . . .	42
3.3.4 Klimatische Bedingungen . . . . .	43
3.4 Anforderungen an die Konzepte . . . . .	43
<b>4 Versuchsaufbau und Durchführung</b>	<b>45</b>
4.1 Beschreibung der Versuchssysteme . . . . .	45
4.1.1 Lasersensoren . . . . .	45
4.1.2 Micro-Epsilon optoNCDT 1401-200 . . . . .	45

4.1.3	Baumer OADM 20l4470/S14C . . . . .	47
4.1.4	Servo Robot Sense i/D-H . . . . .	47
4.1.5	Auszüge aus den Herstellervorgaben . . . . .	49
4.1.6	Auswahl eines Sensors . . . . .	50
4.1.7	Das Testbauteil . . . . .	50
4.1.8	Anlage Cloos QRC 350 . . . . .	50
4.1.9	ABB IRB 1600 . . . . .	52
4.1.10	Statischer Aufbau . . . . .	53
4.2	Gestaltung und Ergebnisse der Versuche . . . . .	55
4.2.1	Versuchsreihen an der Anlage Cloos QRC 350 . . . . .	57
4.2.2	Messungen am statischen Aufbau . . . . .	81
4.2.3	Messungen und Verifikation am Aufbau ABB IRB 1600	85
4.3	Zusammenfassung und Handlungsempfehlung . . . . .	87
<b>5</b>	<b>Konzept zur Softwareentwicklung</b>	<b>91</b>
5.1	Grundlegende Anforderungen . . . . .	93
5.2	Die Geometrieerkennung . . . . .	94
5.2.1	Externe Messwertfilterung . . . . .	95
5.2.2	Aufbereitung der Punktwolke . . . . .	96
5.2.3	Die Schnittpunktberechnung . . . . .	98
5.3	Die Fehlerbehandlung . . . . .	98
5.3.1	Behandlung von Unstetigkeiten . . . . .	98
5.3.2	Korrektur systematische Winkelabweichungen . . . . .	99
5.3.3	Korrektur der geometrischen Verzerrung . . . . .	103
5.4	Bereitstellung der Korrekturdaten . . . . .	103
<b>6</b>	<b>Evaluierung der Ergebnisse</b>	<b>105</b>
6.1	Verifikation an der Anlage ABB IRB 1600 . . . . .	105
6.2	Verifikation an der Anlage Cloos QRC 350 . . . . .	107
6.2.1	Verifikation der Winkelabweichungen . . . . .	107
6.2.2	Evaluierung der Parameteroptimierungen . . . . .	110
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>113</b>
7.1	Übertragbarkeit der Ergebnisse . . . . .	115
7.2	Ausblick . . . . .	115