

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problembeschreibung	2
1.2	Untersuchungsziel	6
1.3	Vorgehensweise	7
2	Stand der Wissenschaft und Technik	9
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	Geometrieorientierte Verfahren	29
2.3.3	Bauteillokalisierung und Nahtanfangssuche im Stahlbau	35
2.4	Unternehmensumfrage	36
3	Ableitung der Problematik	39
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
4	Versuchsaufbau und Durchführung	45
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 2014470/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
5	Konzept zur Softwareentwicklung	91
5.1	Grundlegende Anforderungen	93
5.2	Die Geometrierkennung	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
6	Evaluierung der Ergebnisse	105
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
7	Zusammenfassung und Ausblick	113
7.1	Übertragbarkeit der Ergebnisse	115
7.2	Ausblick	115