

Inhaltsverzeichnis

- Zusammenfassung 10
- Abbildungsverzeichnis 11
- Tabellenverzeichnis 13
- Abkürzungsverzeichnis 14
- 1 Einleitung 15
- 2 Stand der Technik 17
 - 2.1 Fügetechnologie 17
 - 2.1.1 Clinchen 17
 - 2.1.2 Halbhohlstanznieten 19
 - 2.2 Mensch-Roboter-Kollaboration 21
 - 2.2.1 Kollaborierende Fügeprozesse 23
 - 2.2.2 Fügeprozessoptimierung durch den Einsatz von Leichtbaurobotern 24
- 3 Versuchsrandbedingungen 26
 - 3.1 Versuchswerkstoffe 26
 - 3.1.1 Aluminiumlegierung EN AW-5182 26
 - 3.1.2 Mikrolegierter Feinkornstahl HC340LA 26
 - 3.2 Versuchsanlagen 27
- 4 Analyse der Produktionssysteme (FH-IGP und LWF) 29
 - 4.1 Montageszenario 1: Automotive – Kleinserie im Prototypenbau 29
 - 4.2 Montageszenario 2 und 3: Hallenbau – Losgröße 1 30
 - 4.2.1 Montageszenario 2: Verteilte Fügestellen 30
 - 4.2.2 Montageszenario 3: Parametrierbare Fügestelle 31
 - 4.3 Ableitung eines Kataloges für repräsentative Montageszenarien 32
 - 4.4 Bewertung des Machine-Learning-Ansatzes für das Fügen in Kleinserien 33
 - 4.4.1 Datengrundlage 33
 - 4.4.2 Modellierung 34
 - 4.4.3 Auswertung und Bewertung 35
- 5 Analyse der Produktionseinflüsse (LWF) 36
 - 5.1 Ableiten eines Fehlerkatalogs für das Clinchen und Halbhohlstanznieten 36
 - 5.1.1 Ishikawa Diagramm 36
 - 5.1.2 Funktionsanalyse 37
 - 5.1.3 Fehlfunktionsanalyse 39
 - 5.1.4 FMEA 41
 - 5.1.5 Ableiten eines herstellerunabhängigen Fehlerkatalogs 43
 - 5.2 Konzipierung einer Prüfvorrichtung 44
 - 5.3 Prozesskurven 46

6	Entwicklung einer flexiblen Roboterzelle für das kollaborative mechanische Fügen (FH-IGP)	48
6.1	Konzeption eines handgeführten Robotersystems zur Aufrüstung konventioneller Industrieroboter.....	48
6.2	Entwicklung einer Handführungseinrichtung nach ISO 10218	49
6.3	Zusammenführung des Endeffektors für das mechanische Fügen zur Montage an einen Kuka-Roboter	52
6.3.1	Umsetzung mittels Industriekomponenten	53
6.3.2	Hardwareaufbau und realisierte Kommunikation	53
6.3.3	Kommunikation und Steuerung der Roboterbewegungen	55
6.3.4	Sicherheitsschnittstelle	55
7	Erweiterung der Prozessüberwachung für das kombinierte Produktionssystem (LWF).....	56
7.1	Erweiterung des Sensorikkonzepts	56
7.1.1	Notwendigkeit der Erweiterung	56
7.1.2	Konzeptfindung zur Fehlererkennung und Vermeidung	59
7.2	Validierung des Sensorikerweiterungskonzepts.....	63
7.2.1	3-Achs-Kraftmessung während des Clinchens	63
7.2.2	Erprobung des Ultraschallsensors	65
8	Entwicklung einer intuitiven Bedienung des Roboter-Setzgerät-Systems (FH-IGP)	67
8.1	Entwicklung der Handhabungsabläufe zur intuitiven Online-Programmierung... ..	67
8.1.1	Aufzeichnung von Roboterprogrammen	69
8.1.2	Fügevorgang.....	70
8.1.3	Abspielen von aufgezeichneten Programmen.....	70
8.1.4	Nachträgliche Bahnbearbeitung.....	70
8.2	Übertragbarkeit des Systems	71
8.3	Verifikation der Bedienung	72
8.4	Risikobeurteilung des Gesamtsystems	73
8.4.1	Beschreibung des Systems mit allen Komponenten	74
8.4.2	Beschreibung der Lebensphasen	74
8.4.3	Beschreibung der Nutzer und involvierten Personengruppen.....	75
8.4.4	Sicherheitsmechanismen im System	75
8.4.5	Gefährdungsanalyse und Risikobetrachtung	77
9	Fehlervermeidung auf Grundlage der intelligenten Prozessüberwachung (LWF).....	79
9.1	Steuerungskonzept	79
9.1.1	Regelungskonzept zur aktiven Fehlervermeidung	79
9.1.2	Implementierung SPS-Programmierung	80
9.2	Auswertung der Programmierung.....	81
10	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	84

11 Ergebnisse86

11.1 Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse
für KMU87

12 Literaturverzeichnis88