

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	Ergebnisse	86
11.1	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse für KMU	87
12	Literaturverzeichnis	88