

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>3</b>
2.1	Stanzbiegeteile und Stanzbiegeprozess	3
2.2	Fehler an Stanzbiegeteilen	4
2.2.1	Drahtherstellung	5
2.2.2	Einfluss der Halbzeuggeometrie	5
2.3	Richtverfahren und -prozesse	6
2.3.1	Varianten des Richtverfahrens	7
2.3.2	Industrielle Richtprozesse und Richtapparate	10
2.3.3	Empirische und modellbasierte Steuerungs- und Regelungsansätze im Richtprozess	11
2.4	Werkstoffcharakteristika des verwendeten austenitischen Edelstahls	15
2.4.1	Komplexes Verhalten des Elastizitätsmoduls	15
2.4.2	Verfestigungsgesetze	16
2.5	Analysemethoden und Messverfahren der Prozessgrößen	18
2.5.1	Die induktive Wirbelstrommessung	19
2.5.2	Verfahren zur Krümmungsmessung	21
2.6	Fazit Stand der Technik	24
<b>3</b>	<b>Motivation und Zielsetzung</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>Methodik zur Entwicklung eines selbstkorrigierenden Richtprozesses</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>Analyse der mechanischen Werkstoffparameter</b>	<b>31</b>
5.1	Zugversuche	32
5.2	Dynamisch-schwellende Zugversuche	33
5.3	Dynamisch wechselnde Zugversuche	35
5.3.1	Anti-Buckling-Device	35
5.4	Fazit - Analyse der mechanischen Werkstoffparameter	38
<b>6</b>	<b>Prozessmodellierung und Validierung</b>	<b>39</b>
6.1	Mathematische Modellbildung	39
6.1.1	Prozessmodell für einen Richtapparat mit einem Richtdreieck	41
6.1.2	Prozessmodell für einen Richtapparat mit fünf Richtdreiecken	44
6.1.3	Validierung des nicht-linearen mathematischen Prozessmodells	52
6.2	Benutzeroberfläche mathematisches Prozessmodell	57
6.3	Numerische Prozessbeschreibung	60
6.3.1	Parameteridentifikation - Yoshida Uemori - MAT125	60
6.3.2	Aufbau des numerischen Modells	64

6.4	Experimentelle Prozessuntersuchung . . . . .	65
6.4.1	Versuchsaufbau - experimentelle Untersuchungen . . . . .	66
6.4.2	Versuchsdurchführung . . . . .	67
6.4.3	Ergebnisse - experimentelle Untersuchungen . . . . .	69
6.5	Fazit - Prozessmodellierung und Validierung . . . . .	76
<b>7</b>	<b>Entwicklung des mechatronisierten Richtprozesses . . . . .</b>	<b>77</b>
7.1	Sensorik . . . . .	77
7.1.1	Krümmungsmessung mit offenem Halbzeugende . . . . .	78
7.1.2	Krümmungserfassung während des Prozesses ohne offe- nem Halbzeugende . . . . .	87
7.2	Einrichtassistent . . . . .	98
7.3	Aufbau des Demonstrators . . . . .	100
7.3.1	Prozessprinzip des selbstkorrigierenden Richtapparats . . .	100
7.3.2	Konstruktiver Aufbau . . . . .	104
7.4	Fazit - Entwicklung des mechatronisierten Richtprozesses . . . . .	107
<b>8</b>	<b>Exemplarische Umsetzung des selbstkorrigierenden Richtapparats 109</b>	
8.1	Die Richtstrategie . . . . .	109
8.2	Unterlagerte Regelkreise . . . . .	111
8.2.1	Positionsregelung . . . . .	111
8.3	Überwachung des kontinuierlichen Richtprozesses . . . . .	113
8.4	Validierung des mechatronisierten Richtapparats . . . . .	115
8.5	Handlungsempfehlungen für die industrielle Umsetzung . . . . .	117
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>119</b>
 <b>Anhang</b>		
<b>A</b>	<b>Quellcode . . . . .</b>	<b>131</b>
A.1	Quellcode - GUI - Mathematisches Modell . . . . .	131
A.2	Quellcode - Ermittlung der Biegelinie . . . . .	138
A.3	Quellcode - Materialverhalten . . . . .	143