

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>i</b>
<b>1. Forschungsumfeld und -programm</b> .....	<b>1</b>
1.1 Selbstreferenz als Lösungsansatz .....	2
1.2 Forschungseinordnung und -vorgehen .....	5
1.3 Aufbau der Arbeit.....	9
1.4 Beiträge der Arbeit .....	11
<b>2. Prozessfähigkeit gewandelter Großbauteilmontage</b> .....	<b>13</b>
2.1 Wandlungsfähigkeit und Wandeln .....	13
2.2 Wandlung roboterbasierter Montagezellen .....	18
2.2.1 Montagezellen .....	18
2.2.2 Montageroboter .....	20
2.2.3 Montageprozesse .....	22
2.3 Prozessfähiges Fügen von großen Bauteilen.....	24
2.3.1 Metallstrukturen.....	25
2.3.2 Faserverbundstrukturen .....	26
2.4 Anforderungen an selbstreferenzielle Montagezellen .....	28
<b>3. Kommunikation in globalen Referenzsystemen</b> .....	<b>31</b>
3.1 Komponenten .....	32
3.2 Datenübertragung .....	35
3.3 Geometrische Synchronisierung.....	38
3.4 Zeitliche Synchronisierung.....	44
3.5 Datenspeicherung .....	48
3.6 Informationsaustausch in globalen Referenzsystemen.....	52
<b>4. Perzeption von Montageabweichungen</b> .....	<b>53</b>
4.1 Wahrnehmung durch globale Sensorik .....	54
4.1.1 Zentralisierte sphärische Systeme .....	55
4.1.2 Verteilte Systeme mit Längenmessungen (Multilateration) .....	64
4.1.3 Verteilte Systeme mit Winkelmessungen (Multiangulation) .....	74
4.2 Wahrnehmung durch lokale Sensorik .....	92
4.2.1 Kraftsensoren.....	93
4.2.2 Kamerabasierte Sensoren .....	94
4.2.3 Projektionsbasierte Sensoren .....	96
4.3 Beobachtbarkeit selbstreferenzieller Montage .....	98

<b>5. Kompensation von Montageabweichungen .....</b>	<b>99</b>
5.1 Kompensation von Roboterabweichungen.....	99
5.2 Kompensation von Bauteil- und Umgebungsabweichungen .....	108
5.3 Kompensation von Prozessabweichungen .....	111
5.4 Kompensation von Messsystemen .....	113
5.5 Grenzpräzision selbstreferenzieller Montage .....	116
<b>6. Bewertung selbstreferenzieller Montage.....</b>	<b>117</b>
6.1 Organisatorische Kriterien.....	118
6.2 Technische Kriterien .....	120
6.3 Betriebswirtschaftliche Kriterien.....	122
6.4 Paarweiser Vergleich und Gewichtung .....	124
<b>7. Anwendungsszenarien.....</b>	<b>127</b>
7.1 Fügen von Strukturen der Fahrzeug- und Anlagentechnik.....	127
7.1.1 Flexibilisierte Anbauteilmontage .....	127
7.1.2 Vorrichtungloses Schweißen von Schutztüren .....	133
7.1.3 Fügen von Öltanks mit Kran .....	140
7.1.4 Fügen von Scheiben unter Fließbandbedingungen.....	145
7.2 Fügen von Strukturen im Flugzeugbau .....	150
7.2.1 Stringerintegration Pick&Place .....	151
7.2.2 Spantintegration am verformten Bauteil.....	158
7.2.3 Fügen von Schalen mit Toleranzausgleich .....	163
7.2.4 Fügen vom Rumpf mit wechselnden Messsystemen.....	167
7.3 Steigerung der Prozessfähigkeit gewandelter Montagezellen .....	172
<b>8. Diskussion.....</b>	<b>177</b>
8.1 Regelmäßigkeiten gesteigerter Prozessfähigkeit durch Selbstreferenz .....	178
8.2 Handlungsempfehlungen für selbstreferenzielle Montage .....	184
8.3 Fazit der Arbeit.....	189
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>191</b>
<b>Bewertung selbstreferenzieller Montage.....</b>	<b>225</b>
<b>Anwendungsszenarien .....</b>	<b>229</b>
<b>Glossar.....</b>	<b>237</b>
<b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....</b>	<b>241</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>243</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>245</b>
<b>Betreute studentische Arbeiten .....</b>	<b>247</b>
<b>Eigene Veröffentlichungen .....</b>	<b>249</b>
<b>Lebenslauf.....</b>	<b>253</b>
<b>Stichpunktverzeichnis.....</b>	<b>255</b>