

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
1. Forschungsumfeld und -programm	1
1.1 Selbstreferenz als Lösungsansatz	2
1.2 Forschungseinordnung und -vorgehen	5
1.3 Aufbau der Arbeit.....	9
1.4 Beiträge der Arbeit	11
2. Prozessfähigkeit gewandelter Großbauteilmontage	13
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
3. Kommunikation in globalen Referenzsystemen	31
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
4. Perception von Montageabweichungen	53
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

5. Kompensation von Montageabweichungen	99
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
6. Bewertung selbstreferenzieller Montage	117
6.1 Organisatorische Kriterien.....	118
6.2 Technische Kriterien	120
6.3 Betriebswirtschaftliche Kriterien.....	122
6.4 Paarweiser Vergleich und Gewichtung	124
7. Anwendungsszenarien.....	127
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
8. Diskussion.....	177
8.1 Regelmäßigkeiten gesteigerter Prozessfähigkeit durch Selbstreferenz.....	178
8.2 Handlungsempfehlungen für selbstreferenzielle Montage.....	184
8.3 Fazit der Arbeit.....	189
Literaturverzeichnis.....	191
Bewertung selbstreferenzieller Montage.....	225
Anwendungsszenarien	229
Glossar	237
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	241
Abbildungsverzeichnis	243
Tabellenverzeichnis	245
Betreute studentische Arbeiten	247
Eigene Veröffentlichungen	249
Lebenslauf	253
Stichpunktverzeichnis.....	255