

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	V
Kurzfassung	IX
Abstract	XI
Vorwort	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Herausforderungen.....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	3
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Automatisierte Montageanlagen in der Automobilindustrie	6
2.1 Automatisierten Montageanlagen	6
2.1.1 Produktionsbezogene Eingliederung der Montage.....	8
2.1.2 Aufbau und Strukturierung der Montage.....	9
2.2 Entstehungsprozess von automatisierten Montage-	
anlagen	12
2.2.1 Planungsphase	14
2.2.2 Detailplanung	14
2.2.3 Realisierungsphase	15
2.2.4 Serienbetrieb und Demontage	16
2.3 Automatisierung der Montageprozesse im Automobil-	
bau.....	17
2.4 Bedeutung der Technischen Mechanik für das	
Automatisieren von Montageprozessen	18
2.4.1 Bedeutung der Kinematik	19
2.4.2 Bedeutung der Dynamik.....	21
2.4.3 Bedeutung der Festigkeit	26
2.5 Bedeutung der Fluidtechnik für das Automatisieren	
von Montageprozessen	30
2.6 Zusammenfassung.....	33
3 Stand der Forschung und Technik	34

3.1	Simulation des physikalischen Verhaltens	34
3.1.1	Simulation des physikalischen Verhaltens vom starren Körpern.....	35
3.1.2	Kollisionserkennung	41
3.1.3	Kollisionsbehandlung	44
3.1.4	Simulation des physikalischen Verhaltens von verformbaren Körpern.....	46
3.1.5	Simulation des physikalischen Verhaltens von Fluiden ..	51
3.1.6	Physik-Engines	53
3.2	Digitale Absicherung von automatisierten Montage- anlagen.....	54
3.2.1	Absicherung der Mechanik von automatisierten Montageanlagen.....	54
3.2.2	Absicherung der Steuerungsprogramme von automatisierten Montageanlagen.....	56
3.3	Vorhandene IT-Werkzeuge für die digitalen Absiche- rung von automatisierten Montageanlagen.....	59
3.3.1	IT-Werkzeuge für die digitale Mechanik-Absicherung	59
3.3.2	IT-Werkzeuge für die Virtuelle Inbetriebnahme	64
3.4	Zusammenfassung.....	66
4	Methode der physikbasierten mechatronischen Absicherung von automatisierten Montageanlagen.....	67
4.1	Anforderung an die Absicherungsmethode	67
4.2	Schwerpunkt der Methode	70
4.2.1	Vorbereitung des physikbasierten Simulations- modells.....	72
4.2.2	Physikbasierte mechanische Absicherung	84
4.2.3	Physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme.....	91
4.3	Zusammenfassung.....	101
5	Umsetzung der Absicherungsmethode.....	103
5.1	Anforderungen an das Physik-Tool	103
5.2	Auswahl des Physik-Tools	107
5.3	Vorbereitung des physikbasierten Simulations- modells.....	109

5.3.1	Erzeugen des physikbasierten Anlagenmodells anhand der Simulationsstruktur.....	115
5.3.2	Modellierung des Pneumatik-Modells in V-Rep	118
5.3.3	Ansteuerung des Pneumatik-Modells in V-Rep	121
5.3.4	Modellierung der Druckluftversorgung in V-Rep	123
5.3.5	Modellierung der Reibung in den Gelenken in V-Rep....	125
5.3.6	Aufbau des physikbasierten Anlagenmodells am Beispiel der Pneumatikstation.....	127
5.4	Durchführung der physikbasierten mechanischen Absicherung am Beispiel der Schraubstation.....	131
5.5	Durchführung der physikbasierten mechanischen Absicherung am Beispiel der Wendestation.....	146
5.6	Durchführung der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme am Beispiel der Schraubstation	152
5.7	Zusammenfassung.....	159
6	Verifizierung der Methode und Validierung der Simulationsergebnisse	161
6.1	Verifizierung der Methode der physikbasierten mechatronischen Absicherung	161
6.2	Validierung der aus der physikbasierten Simulation gewonnenen Ergebnisse.....	170
6.2.1	Validierung der Kinematik.....	171
6.2.2	Validierung der Dynamik	193
6.3	Zusammenfassung.....	197
7	Zusammenfassung und Ausblick	198
7.1	Zusammenfassung.....	198
7.2	Ausblick.....	200
	Literaturverzeichnis.....	202
	Publikationen in Rahmen der Doktorarbeit	208
	Abbildungsverzeichnis.....	209
	Tabellenverzeichnis	218
	Abkürzungsverzeichnis	219