

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
Formelverzeichnis	X
Zusammenfassung.....	XII
Abstract.....	XIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Der Digitale Zwilling und seine Mehrwerte in der Automatisierungstechnik	1
1.2 Problemstellung und Abgrenzung	2
1.3 Herausforderungen	3
1.4 Anforderungen.....	4
1.5 Zielsetzung.....	5
1.6 Wissenschaftliche Vorgehensweise.....	5
1.7 Aufbau der Arbeit	6
2 Ausgangssituation	8
2.1 Grundlagen	8
2.1.1 Digitale Zwillinge und deren Bestandteile	8
2.1.2 Vakuum-Handhabungstechnik.....	9
2.2 Stand der Wissenschaft und Technik.....	12
2.2.1 Domänenübergreifender Stand der Wissenschaft und Technik.....	12
2.2.2 Domänenspezifischer Stand der Wissenschaft und Technik	15
2.3 Analyse der Randbedingungen.....	17
2.3.1 Einordnung von Komponentenherstellern in die industrielle Wertschöpfungskette	18
2.3.2 Anlagenlebenszyklus	20
2.3.3 Relevante Standards für Digitale Zwillinge.....	20
2.3.4 Verhaltensmodelle in Automatisierungssystemen.....	21
2.3.5 Grundlegende Ansätze zur Erstellung von Verhaltensmodellen	23
2.3.6 Systemmodelle unterschiedlicher Modellierungstiefen	26
2.3.7 Grundbausteine unterschiedlicher Detaillierung	27
2.3.8 Schaltpläne als Quelle von Primärinformationen	27
2.3.9 Ansätze zur Digitalisierung von Schaltplänen.....	30
2.3.10 Typischer Handhabungszyklus einer Automatisierungskomponente.....	32
2.3.11 Abstraktion der Modellierungstiefe von Verhaltensmodellen.....	34
2.4 Schlussfolgerungen und Aufzeigen einer Forschungslücke	34

3 Konzept zur automatisierten Erstellung von Verhaltensmodellen	37
3.1 Grundlegende Konzeptentscheidungen	37
3.2 Automatisierte Erstellung von Verhaltensmodellen für Komponenten und Systeme.....	38
3.3 Automatisierte Abstraktion der Modellierungstiefe	43
3.4 Assistierte Erstellung der Verhaltensmodellbibliothek	46
3.4.1 Graph aus Expertenwissen.....	49
3.4.2 Graph aus Informationsquelle mit passender Schnittstelle.....	49
3.4.3 Graph aus Informationsquelle ohne passende Schnittstelle.....	50
4 Entwicklung von domänenspezifischen Verhaltensmodellen	55
4.1 Modellbildung und Evaluierung für Vakuumerzeuger.....	55
4.2 Modellbildung und Evaluierung für Vakuumsauggreifer.....	61
5 Realisierung des Konzepts mithilfe eines Assistenzsystems	71
5.1 Automatisierte Erstellung der Verhaltensmodellbibliothek	71
5.1.1 Nicht strukturierte Informationsquelle.....	71
5.1.2 Strukturierte Informationsquelle mit passender Schnittstelle	71
5.1.3 Strukturierte Informationsquelle ohne passende Schnittstelle.....	72
5.1.4 Erstellung der Verhaltensmodellbibliothek aus dem Graph	75
5.2 Automatisierte Erstellung von Verhaltensmodellen	77
5.3 Automatisierte Abstraktion der Modellierungstiefe	79
5.4 Benutzeroberfläche	82
6 Evaluierung.....	84
6.1 Aufwandsarme Erstellung der Verhaltensmodellbibliothek.....	84
6.1.1 Strukturierte Informationsquelle ohne passende Schnittstelle.....	84
6.1.2 Weitere Informationsquellen	91
6.1.3 Verhaltensmodell des pneumatischen Vakuumerzeugers.....	91
6.2 Automatisierte Erstellung und Abstraktion von Verhaltensmodellen	92
6.2.1 Evaluierungsfall 1: Vakuum-Greifsystem für den automobilen Karosserierohrbau	92
6.2.2 Evaluierungsfall 2: Be- und Entladeeinheit einer Laserschneidmaschine....	101
6.3 Experten-Benchmark	107
6.3.1 Versuchsdurchführung.....	107
6.3.2 Ergebnisse.....	110
6.4 Abgleich mit Anforderungen und Zielsetzungen der Arbeit	116
6.5 Fazit und abschließende Diskussion	118
7 Schlussbetrachtung	120
7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	120
7.2 Ausblick auf weiterführende Forschungsaktivitäten	121
Literaturverzeichnis.....	123