

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 Vakuumherzeuger.....	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 Vakuumherzeugers.....	91
6.2	Automatisierte Erstellung und Abstraktion von Verhaltensmodellen	92
6.2.1	Evaluierungsfall 1: Vakuum-Greifsystem für den automobilen Karosserierohbau	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