

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	v
Abkürzungsverzeichnis	vi
Begriffsverzeichnis	viii
Zusammenfassung	x
Abstract	xi
1 Einleitung	1
1.1 Mehrwerte des Digitalen Zwillings während des gesamten Lebenszyklus	1
1.2 Herausforderungen bei der Breitstellung des Digitalen Zwillings	3
1.3 Forschungsanforderungen	4
1.4 Zielsetzung der Arbeit	5
1.5 Abgrenzung zu ähnlichen Themenstellungen	6
1.6 Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen automatisierter Systeme	10
2.1 Grundstruktur automatisierter Systeme	10
2.1.1 SPS-gesteuerte automatisierte Systeme	12
2.1.2 Entwicklungsvorgehen bei automatisierter Systeme	12
2.2 Domänenübergreifende Zusammenarbeit während des Engineering-Prozesses automatisierter Systeme	15
2.3 Ansätze zur Modelldurchgängigkeit und Verknüpfung von Tools	18
2.3.1 Proprietäre Punkt-zu-Punkt-Schnittstellen zwischen Tools	18
2.3.2 Standardisierte neutrale Austauschformate	19
2.3.3 Strukturierte Daten	21
2.3.4 Semantische Technologien zur Modellierung der Daten	21
2.4 Zusammenfassung	22
3 Stand der Wissenschaft und Technik	23
3.1 Digitaler Zwilling	23
3.1.1 Digitaler Zwilling im cyber-physischen Produktionssystem	25
3.1.2 Architektur des Digitalen Zwillings	26
3.2 Ansätze zur Integration der domänenübergreifenden Modelle	30
3.2.1 AutomationML-basierte Ansätze	31
3.2.2 SysML-basierte Ansätze	33
3.2.3 Ontologie-basierte Ansätze	35
3.2.4 Toolset-basierte Ansätze	36
3.3 Ansätze zur Synchronisierung der Modelle eines automatisierten Systems	37
3.3.1 3D-Laserscan-basierte Ansätze	37

3.3.2	Netzwerkscan-basierte Ansätze	39
3.3.3	Kommunikationsnetzwerkscan-basierte Ansätze	40
3.3.4	Änderungsdokumentationsanalyse-basierte Ansätze.....	41
3.4	Ansätze zur Modellgenerierung aus einem bestehenden automatisierten System	42
3.4.1	Generierung eines 3D-CAD-Modells	42
3.4.2	Generierung von Systemtopologien.....	45
3.4.3	Generierung eines Simulationsmodells	45
3.5	Zusammenfassende Bewertung und Schlussfolgerungen für die Konzeption	46
4	Lösungsansatz zur domänenübergreifenden Synchronisierung der Modelle des Digitalen Zwillings	51
4.1	Grundlegende Konzeptentscheidungen und Ansatz	51
4.1.1	Ankerpunkte innerhalb des Digitalen Zwillings	53
4.1.2	Voraussetzungen zur Synchronisierung der Ankerpunkte.....	57
4.2	Ankerpunktmethode zur Synchronisierung der Modelle des Digitalen Zwillings	61
4.2.1	Gesamtprozessablauf der Ankerpunktmethode	62
4.2.2	Phase 1: Änderungsdetektion.....	65
4.2.3	Phase 2: Domänenübergreifenden Abhängigkeitsdetektion	70
4.2.4	Phase 3: Modellanpassung	77
5	Realisierung der Ankerpunktmethode mithilfe eines Assistenzsystems	87
5.1	Gesamtüberblick über Softwarekomponenten des Assistenzsystems	87
5.2	Komponente „Grafische Benutzeroberfläche“	89
5.3	Komponente „Wrapper“	90
5.4	Komponente „Metamodell der SPS-Steuerungssoftware“	92
5.5	Komponente „Ankerpunktmodellierung und Analyse“	94
5.6	Komponente „Change-Request-Modell-Generierung“	97
6	Evaluierung.....	101
6.1	Szenario 1: Modulares Produktionssystem	101
6.1.1	Digitaler Zwilling des modularen Produktionssystems	104
6.1.2	Bewertung der Evaluierungsergebnisse.....	106
6.2	Szenario 2: Intelligentes Lager in der flexiblen Produktionsanlage	108
6.2.1	Digitaler Zwilling des intelligenten Lagers	110
6.2.2	Bewertung der Evaluierungsergebnisse	112
6.3	Erfüllung der Forschungsanforderungen und Zielsetzung der Arbeit	115
7	Schlussbetrachtung	117
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung	117
7.2	Ausblick.....	118
	Literaturverzeichnis.....	120