

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Zielsetzung und Fokus	4
1.3	Aufbau und Inhalt der Arbeit	5
2	Grundlagen	7
2.1	Grundlagen der modellgetriebenen Softwareentwicklung	7
2.1.1	Modellgetriebene Entwicklung im Fertigungssystembau	7
2.1.2	Zielsetzung der modellgetriebenen Softwareentwicklung	8
2.1.3	Anforderungen an einen modellgetriebenen Ansatz	11
2.1.4	Model Driven Architecture	13
2.1.5	Architekturzentrierter Entwicklungsansatz	14
2.2	Grundlagen der Modellierung technischer Systeme	15
2.2.1	Allgemeines	15
2.2.2	Grundlegende Konzepte der Systemtheorie	16
2.2.3	Technische Systeme	18
2.2.4	Klassifizierung technischer Systeme	21
2.2.5	Modellbildung technischer Systeme	24
2.3	Beschreibungsmittel für technische Systeme	25
2.3.1	Übersicht	25
2.3.2	Unified Modeling Language	25
2.3.3	Signalinterpretierte Petri-Netze	30
2.3.4	Sprachen der IEC 61131-3	31
2.3.5	MATLAB/Simulink	34
2.3.6	Modelica	35
2.3.7	Systems Modeling Language	37
2.4	Zusammenfassung	38
3	Analyse des Aufgabengebietes	39
3.1	Übersicht	39
3.2	Aufbau automatisierter Fertigungssysteme	39
3.2.1	Klassifizierung automatisierter Fertigungssysteme	39
3.2.2	Struktur automatisierter Fertigungssysteme	40
3.2.3	Fertigungssysteme als mechatronische Systeme	41
3.2.4	Steuerungsebenen in der Automatisierungstechnik	42
3.2.5	Steuerungsarchitekturen, Bussysteme und Komponenten	44
3.2.6	Speicherprogrammierbare Steuerungen	45
3.3	Eingrenzung des Betrachtungsbereiches	47
3.4	Entwicklung von Fertigungssystemen	48
3.4.1	Allgemeines	48
3.4.2	Produktplanung und Konstruktion der Maschinen und Anlagen	48
3.4.3	Konzeption und Implementierung der Steuerungssoftware	49
3.4.4	Steuerungstest, Inbetriebnahme und Wartung	50
3.5	Schlussfolgerungen	52
3.5.1	Übersicht	52
3.5.2	Organisatorische und methodische Defizite	52
3.5.3	Technologische Defizite	53
3.5.4	Trends in der Produktions- und Automatisierungstechnik	55

3.6	Domänenspezifische Anforderungen an einen modellgetriebenen Ansatz	56
3.6.1	Übersicht	56
3.6.2	Methodische Anforderungen	56
3.6.3	Technologische Anforderungen	57
3.7	Zusammenfassung	59
4	Analyse und Bewertung bestehender Ansätze	61
4.1	Übersicht	61
4.2	Vorgehensmodelle zur Systementwicklung	61
4.3	Bewertung der Vorgehensmodelle	66
4.4	Softwareentwicklung für automatisierte Fertigungssysteme	66
4.4.1	Übersicht	66
4.4.2	Ansätze zur Erstellung der Software	66
4.4.3	Ansätze im Bereich der Verifikation und Validierung	73
4.5	Bewertung der Ansätze zur Softwareentwicklung	77
5	Rahmenkonzept zur modellgetriebenen Softwareentwicklung	79
5.1	Aufgabenstellung und Übersicht	79
5.2	Systemtheoretischer Ansatz und Prinzipien zur Modellbildung	81
5.3	Vorgehensmodell zur modellgetriebenen Softwareentwicklung	83
5.4	Abstraktionsebenen bei der Modellbildung	90
5.5	Auswahl einer domänenspezifischen Modellierungstechnik	92
5.5.1	Vorgehen zur Entwicklung einer DSL	92
5.5.2	Systemtechnische Einordnung automatisierter Fertigungssysteme	93
5.5.3	Bewertung bestehender Beschreibungsmittel	96
5.5.4	Auswahl von Beschreibungsmitteln für eine Modellierungssprache	100
5.5.5	Unterstützung durch Visualisierung	103
5.6	Simulationsmethoden zur Verifikation und Validierung	104
5.6.1	Übersicht	104
5.6.2	Prinzipielle Verfahren zur Systemsimulation	104
5.6.3	Bewertung und Einordnung der Verfahren	106
5.7	Integration der Modelldaten in den Entwicklungsprozess	108
5.8	Zusammenfassung	110
6	Domänenspezifische Technik zur Systemmodellierung	111
6.1	Allgemeine Rahmenbedingungen zur Sprachdefinition	111
6.2	Grundlegende Sprachelemente	112
6.2.1	Übersicht	112
6.2.2	Datentypen	112
6.2.3	Ausdrücke und Einschränkungen	113
6.2.4	Informale Sprachelemente	115
6.3	Sprachelemente zur Spezifikation der Systemstruktur	116
6.3.1	Übersicht	116
6.3.2	Variablen	116
6.3.3	Komponenten und Konnektoren	117
6.3.4	Ports und Schnittstellen	119
6.3.5	Anwendung der Sprachelemente zur Strukturmodellierung	123
6.4	Sprachelemente zur Spezifikation des Systemverhaltens	124
6.4.1	Übersicht	124
6.4.2	Funktionen als teilsystemübergreifende, abstrakte Sprachelemente	125

6.4.3 Modellierung des Verhaltens des Steuerungssystems	126
6.4.4 Modellierung des Verhaltens des physikalischen Teilsystems	137
6.4.5 Interaktionen zur komponentenübergreifenden Modellierung	143
6.5 Modelltransformationen	148
6.5.1 Allgemeines	148
6.5.2 Eigenschaften des prinzipiellen Ansatzes	148
6.5.3 Transformation der präskriptiven Modelle	151
6.5.4 Transformation der deskriptiven Modelle	153
6.6 Zusammenfassung	156
7 Anwendung der modellgetriebenen Softwareentwicklung	157
7.1 Übersicht	157
7.2 Beschreibung der Anwendungsbeispiele	158
7.3 Aufbau des Systems zur modellgetriebenen Softwareentwicklung	159
7.4 Klären der Aufgabenstellung	160
7.5 Funktionale Phase der Systemkonzeption	161
7.6 Gestaltende Phase der Systemkonzeption	162
7.7 Systementwurf	170
7.8 Softwareerstellung (Implementierung)	171
7.9 Integration und Inbetriebnahme	174
7.10 Zusammenfassung	180
8 Technische und wirtschaftliche Betrachtung	181
9 Zusammenfassung und Ausblick	185
10 Literaturverzeichnis	187
11 Anhang	211
11.1 Begriffsdefinitionen	211
11.2 Prinzipielle Methoden zur Modellierung technischer Systeme	216
11.2.1 Kontinuierliche Systeme	216
11.2.2 Ereignisdiskrete Systeme	220
11.2.3 Hybride Systeme	227
11.3 Automatisierungstechnik in Fertigungssystemen	232
11.3.1 Steuerungsarchitekturen	232
11.3.2 Steuerungen in Fertigungssystemen	234
11.4 Ergänzende Sprecherelemente der Domain Specific Language	237
11.4.1 Datentypen	237
11.4.2 Operatoren und elementare Strukturbausteine	238
11.5 Transformationen präskriptiver Modelle	239
11.6 Modellbildungsregeln in Modelica	242