

Ein Beitrag zu Theorie und Praxis datengetriebener Modellgeneratoren zur Simulation von Produktionssystemen

von

Frank Eckardt

Scheffelstr. 5a

98693 Ilmenau

an die

*Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Technische Universität Ilmenau
zur Erlangung des akademischen Grades*

Doktor rerum politicarum (Dr. rer. pol.)

vorgelegte Dissertation



Referent: Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Gmilkowsky

Korreferent: Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Dietrich Reschke

Tag der Einreichung: 03.07.2001

Tag der mündlichen Prüfung: Ilmenau, 01.02.2002

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	3
1.3 Gang der Untersuchung.....	5
2Unterstützung der Planung und Steuerung von Fertigungsprozessen als Zielbereich von Modellgeneratoren.....	7
2.1 Übersicht.....	7
2.2 Einordnung der Arbeit in den theoretischen Diskursbereich der Fertigungssteuerung... 7	7
2.2.1 PLANUNG UND STEUERUNG VON PRODUKTIONSPROZESSEN IM BETRIEBLICHEN UMFELD.....	7
2.2.2 SCHWACHSTELLENANALYSE VON PPS-SYSTEMEN.....	9
2.2.3 POTENTIELLER ANSATZ ZUR SCHWACHSTELLENBESEITIGUNG.....	12
2.3 Methodische Grundlagen einer automatischen Generierung von Simulationsmodellen 14	14
2.3.1 BEGRIFFSABGRENZUNG.....	14
2.3.2 TEILBEREICHE.....	15
2.3.2.1 Fertigungstechnik.....	16
2.3.2.2 Fertigungsleittechnik.....	19
2.3.2.3 Systemtheorie und Kybernetik.....	23
2.3.2.4 Simulation.....	31
2.3.2.5 Künstliche Intelligenz.....	33
2.4 Zusammenfassung.....	34
3Modellgeneratoren - „State of the Art“ und Entwicklungstendenzen.	35
3.1 Übersicht.....	35
3.2 Lösungsansätze zur automatisierten Modellbildung.....	36
3.2.1 ANFORDERUNGEN AN DIE LÖSUNGSANSÄTZE.....	36
3.2.2 KLASSIFIKATION UND BEWERTUNG DER ANSÄTZE.....	38
3.2.2.1 Parametrische Ansätze.....	39
3.2.2.2 Strukturbasierte Ansätze.....	43
3.2.2.3 Hybrid-wissensbasierte Ansätze.....	46
3.2.2.4 Mathematisch-statistische Ansätze.....	49
3.3 Zusammenfassung.....	50

4 Konzeption einer automatisierten Prozeßmodellierungs- und -Simulationskomponente.....	53
4.1 Grundproblemc einer automatischen Modellgenerierung.....	54
4.2 Modellierung als Systemtransformation.....	57
4.2.1 GRUNDLAGEN DER SYSTEMTRANSFORMATION.....	57
4.2.2 TRANSFORMATIONSAUTOMATISIERUNG DURCH INTROSPEKTIVES WISSEN.....	58
4.2.3 PHASENMODELL DER SYSTEMTRANSFORMATION.....	61
4.2.3.1 Bildung des Metasystems S im Phasenprozeß I.....	63
4.2.3.2 Bildung des Finalsystems S im Phasenprozeß II.....	64
4.3 Objektorientierte Abstraktion von Produktionsprozessen als Grundlage einer automatischen Generierung von Simulationsalgorithmen.....	65
4.3.1 BEGRIFFSABGRENZUNG.....	65
4.3.2 GRUNDBEGRIFFE UND ZIELE DER OBJEKTORIENTIERUNG.....	66
4.3.3 ABLEITUNG EINER FORMALISIERUNGSMÖGLICHKEIT DER OBJEKTDARSTELLUNG AUF DER BASIS EINER SYSTEMTHEORETISCHEN BETRACHTUNG.....	71
4.3.3.1 Systemtheoretisch orientierter Modellierungsansatz: DEVS.....	72
4.3.3.2 Operationalisierung des systemtheoretischen Modellierungsansatzes mittels einer objektorientierten Formalisierung.....	74
4.3.3.3 Dynamische Integration und Aggregation von Instanzen als Grundlage einer stetigen Modelladaption.....	77
4.3.3.4 Bedienungstheoretische Interpretation der objektorientierten Formalisierung eines Produktionssystems.....	78
4.3.4 ERWEITERTE OBJEKTORJENTIERTER SYSTEMANALYSE DES TECHNISCHEN PROBLEMBEREICHS (EOSJ80.....	
4.3.4.1 Statisches Modell des Systems.....	82
4.3.4.2 Dynamisches Modell des Systems.....	86
4.3.4.3 Funktionales Modell des Systems.....	87
4.3.5 PRODUKTIONSPROZESSE n OBJEKTDARSTELLUNG.....	87
4.3.5.1 Klasse der Realen Objekte.....	89
4.3.5.2 Klasse der Informationellen Objekte.....	92
4.3.5.3 Klasse der wissensbasierten Objekte.....	96
4.3.6 ALLGEMEINE GRANULARITÄTSMCHANISMEN DER KLASSENBIBLIOTHEK.....	97
4.3.6.1 Begriffsdefinition.....	97
4.3.6.2 Konzept eines abstraktionsbasierten Granularitätsmechanismus.....	98
4.3.6.3 Bedeutung von unterschiedlichen Granularitäten.....	98
4.3.6.4 jGrundprobleme der Anwendung von Abstraktionsansätzen.....	99
4.3.6.5 Klassifikation von Abstraktionsansätzen.....	102
4.3.6.6 Bewertung der Abstraktionsansätze.....	105
4.3.6.7 Konzeptionelle Umsetzung von Granularitäten in der Klassenbibliothek.....	107
4.3.7 QUELLEN UND VERFAHREN ZUR INFORMATIONSEXPLORATION DER OBJEKTE.....	111
4.3.7.1 Klassifikation und Deskription von Explorationsquellen.....	113
4.3.7.2 Klassifikation und Beschreibung von Explorationsverfahren.....	114

4.4 Zusammenfassende Bewertung.....	128
5Die automatische Generierung von Simulationsmodellen: der Modellgenerator.....	129
5.1 Systemarchitektur des Modellgenerators.....	129
5.2 Funktionalbereich SimGen++-Sprache.....	130
5.2.1 ENTWICKLUNG EINER AUTOGENERIERBAREN REPRÄSENTATIONSFORM FÜR SIMULATIONSORIENTIERTE, STRUKTURVARIANTE REFERENZKLASSENMODELLE.....	131
5.2.2 DIE MODELLIERUNGSSPRACHE SIMGEN++: EIN OBERBLICK.....	131
5.2.2.1 Einordnung.....	131
5.2.2.2 Abbildung der Klassen.....	132
5.2.2.3 Abbildung von Wissen.....	135
5.2.2.4 Parserkonstruktion.....	140
5.2.2.5 Parserimplementation.....	141
5.3 Funktionalbereich Expertensystemkern (introspektives Wissen).....	143
5.4 Funktionalbereich Objektpersistenz..7.....	146
5.4.1 ENTWICKLUNG DER DATENBANKMODELLE.....	147
5.4.1.1 Entwicklung eines relational-basierten objektorientiert repräsentierenden Datenbankmodells (OCP).....	148
5.4.1.2 Entwicklung eines abstrakten, untypisierten Datenmodells zur Metaablage von betrieblichen Daten- und Informationsbeständen (CDIP).....	153
5.5 Funktionalbereich Klassenbibliothek.....	156
5.5.1 DIE KLASSENBIBLIOTHEK MCL: ZUGRUNDELIEGENDE MODELLE UND MECHANISMEN.....	157
5.5.1.1 Das Inferenzmodell der MCL.....	157
5.5.1.2 Das Ressourcenmodell der MCL.....	160
5.5.1.3 Das Kommunikations-und Steuerungsmodell der MCL.....	162
5.5.1.4 Das Steuerungsmodell der MCL.....	163
5.6 Funktionalbereich Explorationsverfahren.....	164
5.6.1 SIMULATIONSRELEVANTE PPS-INFORMATIONEN: DAS ARIS-DATENREFERENZMODELL VON BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHEN STANDARDLÖSUNGEN AM BEISPIEL SAP R/3.....	165
5.7 Funktionalbereich Gencrator-/Analysatormodul:.....	169
5.7.1 DAS GENERATORMODUL.....	170
5.7.1.1 Implementierung der Identifikationsphase.....	170
5.7.1.2 Implementierung der Konzeptionsphase.....	171
5.7.1.3 Implementation der Transformationsphase.....	171
5.7.2 DAS ANALYSATORMODUL.....	172
5.8 Funktionalbereich Simulationsengine.....	172
5.9 Zusammenfassung und Entwicklungsbereiche.....	175

6	Umsetzung des Modellgenerators am Beispiel einer Modellfabrik	177
6.1	Modellstruktur	179
6.2	Generierung der Faktenbasis	180
6.2.1	XML-DATENFORMAT-BESCHREIBUNG	180
6.2.2	ERZEUGUNG VON PROLOG-TERMEN AUS XML-DATENSTRUKTUREN	185
6.2.2.1	Skalare Datenstrukturen	186
6.2.2.2	Hierarchische Datenstrukturen	187
6.2.2.3	Zusammenfassung	188
6.3	Generierung des Simulationsmodells	189
6.3.1	ENTWICKLUNGSUMGEBUNG	190
6.3.2	XML-REFERENZMODELLE FÜR DIE FAKTEN-ERZEUGUNG	191
6.3.3	REFERENZREGELN FÜR DIE BASISKLASSEN	196
6.3.4	GENERIERTES REFERENZMODELL	198
6.3.4.1	Klasse der realen Objekte	199
6.3.4.2	Klasse der Betriebsmittel	199
6.3.4.3	Klasse der technologischen Reihenfolge	201
6.3.4.4	Klasse der Ressourcen	201
6.3.4.5	Klasse der Aufträge	201
6.3.4.6	Klasse der Steuerungsstrategien	202
6.4	Ergebnisauswertung	203
6.5	Zusammenfassung	208
7	Zusammenfassende Schlußbetrachtungen	211
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	211
7.2	Kritische Würdigung der Ergebnisse	211
7.3	Ausblick	213
8	Anhang	xlix
8.1	Formalisierungsmöglichkeit der Objektdarstellung: Grundlagen	xlix
8.2	Klassifikation von Abstraktionsansätzen	liii
8.2.1	GRENZBEREICHSMODIFIKATION	LIII
8.2.2	VERHALTENSMODIFIKATION	LIV
8.2.3	GESTALTSMODIFIKATION	LV
8.3	Beschreibung der Modellierungssprache	lvi
8.4	Beschreibung des Datenbankmodells	lxi
8.5	Beschreibung der Syntaxdefinition von SimGen++	cxxxi
8.6	Beschreibung des Explorationsquellen von Abbildung 34	exlii

8.6.1	EXPLORATION VON OPERATIVEN, BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHEN STANDARDSOFTWARESYSTEM-DATEN	CXLIII
8.6.2	EXPLORATION VON KONSTRUKTIVEN PLANUNGSUNTERLAGEN	CXLVII
8.6.3	EXPLORATION VON PROZEBZUSTANDSDATEN	CXLVIII
8.6.4	EXPLORATION VON MITARBEITERN (INFORMATIONSD- UND WISSENSEXPLORATION)	CLII
8.7	Die Klassenbibliothek: MCL (Manufacturing Component Library)	
	Beispielimplementierung	cliii
8.8	XML-Datenbanken für Beispielimplementierung	clxvii
8.8.1	ARBEITSPLAN	CLXVII
8.8.2	AUFTRAG	CLXVIII
8.8.3	BETRIEBSMITTEL	CLXIX
8.8.4	BMGRUPPEN	CLXIX
8.8.5	TAETIGKEITEN	CLXX
8.9	SAP R/3-Data-Dictionary-Referenzen	clxxi
8.9.1	GESAMTUNTERNEHMENSDATENMODELL BEREICH PP	CLXXI
8.9.2	TABELLENÜBERSICHT BEREICH PP	CLXXI
8.10	PROLOG-Implementierung der Inferenzmaschine	clxxv