

Dipl.-Ing. Carsten Thomas, Chemnitz

**Ein objektorientiertes
Konzept zur Modellierung
und Simulation komplexer
Systeme**

Reihe **20**: Rechnerunterstützte
Verfahren

Nr. **208**

Vorwort	III
Inhalt	V
Symbole und Bezeichner	VIII
Überblick	XI
1. Motivation	1
1.1. Computersimulation - Ein Überblick	1
1.2. Akzeptanz der Simulationstechnik	2
1.3. Moderne Modellierungs- und Simulationssysteme	2
2. Grundlagen der Modellierung	5
2.1. Einführung	5
2.1.1. Systeme und Modelle	5
2.1.2. Modellvarianten und Modellierungsmethodik	7
2.1.3. Grundeigenschaften abstrakter Systeme	10
2.2. Formalismen und Systeme	12
2.2.1. Atomare Systeme	12
2.2.2. Gekoppelte Systeme	16
3. Der DEVS-Formalismus	19
3.1. Modelle	19
3.1.1. Atomare DEVS-Modelle	19
3.1.2. Gekoppelte DEVS-Modelle	22
3.2. Simulation	23
3.2.1. Abstrakte Simulatoren	23
3.2.2. Hierarchische Simulation	24
3.3. Anwendungsfelder des DEVS-Formalismus	27
3.3.1. Simulation	27
3.3.2. Analyse	28
3.3.3. Synthese	28
3.3.4. Ereignisbasierte Steuerung	29
4. Hierarchische Objektetze	30
4.1. Einführung	30
4.1.1. Objektorientierung und Objekte	30
4.1.2. Objektorientierung in der Simulationstechnik	31
4.2. Ein objektorientiertes Modellbeschreibungsmittel	33
4.2.1. Der DEVS-Formalismus als Grundlage	33
4.2.2. Simulationsobjekte	33
4.2.3. Atomare Komponenten: Atome	34
4.2.4. Zusammengesetzte Komponenten: Aggregate	35
4.2.5. Hierarchische Objektetze und der DEVS-Formalismus	38

4.3. Objektorientierte Implementierung	39
4.3.1. Passive Modelldaten und unabhängige Werkzeuge	39
4.3.2. Aktive Modelle mit integrierter Funktionalität	41
4.3.3. Modellierung	43
4.3.4. Simulation	44
4.3.5. Animation	46
4.3.6. Die Integration der modellbezogenen Methoden	48
5. Die Verwaltung der Modelle	50
5.1. Modellrepräsentation in der System Entity Structure	50
5.1.1. Multifaceted Modeling	51
5.1.2. Die System Entity Structure	51
5.1.3. Arbeiten mit der System Entity Structure	53
5.1.4. SES und Objektorientierung	54
5.2. Prototypen und Instanzen von Simulationsobjekten	56
5.2.1. Prototypen	56
5.2.2. Instanzen	56
5.2.3. Änderungen von Instanzen und Prototypen	57
5.2.4. Die Hierarchie der Spezifikationsebenen	59
5.3. Schnittstellenorientierte Klassifizierung von Modellen	59
5.3.1. Taxonomisches Wissen und Klassifizierung von Modellen	59
5.3.2. Schnittstellen als Klassifizierungskriterium	60
5.3.3. Die Schnittstellen eines Atoms	61
5.3.4. Die Schnittstelle eines Aggregates	61
5.3.5. Relationen über Schnittstellen von Simulationsobjekten	62
5.3.6. Der Klassenbaum	64
5.3.7. Parallelen in der Software-Technik	67
5.4. Prototypen, Klassifizierung und SES	68
5.4.1. Gemeinsamkeiten und Unterschiede	68
5.4.2. Integriertes Modellierungskonzept	70
6. Multiformalismus-Modelle	74
6.1. Motivation	74
6.2. Spezifikation atomarer Modelle mit individuellen Formalismen	75
6.3. Die Nutzung individueller Beschreibungsmittel	77
6.3.1. Nachbildung der Grundelemente	77
6.3.2. Kopplung von Individualmodellen	81
6.3.3. Verfeinerung der Individualmodelle	82
6.4. Kapselung unterschiedlicher Beschreibungsmittel	83
6.4.1. Grundlagen	83
6.4.2. Modellierungsunterstützung	87
6.4.3. Abstraktion	88
7. Strukturell veränderliche Modelle	93
7.1. Freie Simulationsobjekte	94
7.1.1. Modelle als Nachrichtenparameter: Objektreferenzen	94
7.1.2. Erzeugung und Vernichtung	94
7.1.3. Eine angepaßte Portmengendefinition	95
7.2. Grundlegende Anwendungen freier Simulationsobjekte	95

7.2.1. Speicherung von freien Objekten	98
7.2.2. Interaktion mit freien Objekten	100
7.2.3. Modellierung von Ressourcenproblemen	103
7.3. Strukturell veränderliche Modelle	103
7.3.1. Einführung	103
7.3.2. Objektvariablen als Platzhalter in Aggregaten	105
7.3.3. Strukturumschaltung in Komponenten	108
8. Umsetzung und Anwendung	110
8.1. Eine prototypische Realisierung – Das System VSIM.....	110
8.1.1. Randbedingungen der Implementierung	111
8.1.2. Systemarchitektur	111
8.1.3. Simulationsfunktionalität	115
8.1.4. Editierfunktionalität	119
8.1.5. Animationsfunktionalität	124
8.1.6. Bausteinbibliotheken	125
8.2. Anwendungsmethodik	129
8.2.1. Das Realsystem	130
8.2.2. Das Grobmodell ohne externe Steuerung	130
8.2.3. Experimentbeschreibung mit Experimental Frames	131
8.2.4. Das Feinmodell mit abstrakter Steuerungsspezifikation	132
8.2.5. Feinmodell zur Prüfung des implementierten SPS-Programms	134
8.3. Eine komplexe Pilotanwendung	135
8.3.1. Das Realsystem	135
8.3.2. Die Modellvarianten	137
8.3.3. Ergebnisse und Erfahrungen	140
9. Zusammenfassung und Ausblick	142
9.1. Hauptergebnisse.....	142
9.1.1. Das Modellierungs- und Simulationskonzept	142
9.1.2. Die Implementierung	146
9.2. Diskussion	147
9.2.1. Hierarchiebegriff und Objektorientierung	147
9.2.2. Eigenschaften des Konzepts und seiner Realisierung	148
9.3. Ausblick	148
Anhang A: Notation.....	150
Anhang B: Modellbibliotheken.....	153
Literatur.....	157