

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	xi
1 Einleitung	1
2 Die einheitliche Beschreibung von Informationen für die Fertigungssteuerung	5
X 2.1 Grundlagen für den Aufbau eines Informationsmodell der Fertigungssteuerung	7
X 2.1.1 Problembereich Fertigungssteuerung	8
X 2.1.2 Informationsbedarf der Fertigungssteuerung	15
2.2 Anforderungen an ein Fertigungsinformationsmodell der Fertigungssteuerung	19
2.2.1 Anforderungen an ein generisches Fertigungsinformationsmodell der Fertigungssteuerung	20
2.2.2 Anforderungen an ein anwendungsspezifisches Fertigungs- informationsmodell der Fertigungssteuerung	22
2.3 Anforderungen an eine Sprache zur Modellierung von Fertigungs- informationen für die Fertigungssteuerung	28
3 Stand der Technik	33
3.1 Anwendungsneutrale Methoden zur Modellierung betrieblicher Systeme	34
3.1.1 Basis- und kombinierte Techniken	36
3.1.1.1 Struktur- und Datenmodellierung	36
3.1.1.2 Funktions- und Aktivitätenmodellierung	39
3.1.1.3 Verhaltensmodellierung	40
3.1.1.4 Kombinierte Techniken	43
3.1.1.5 Methoden der Wissensrepräsentation	44
3.1.1.6 Zusammenfassende Bewertung	46
3.1.2 Integrierte Ansätze zur Gestaltung betrieblicher Informationssysteme	47
3.1.2.1 Die Architektur Integrierter Informationssysteme	48
3.1.2.2 Das Semantische Objektmodell	49
3.1.2.3 CIMOSA	51
3.1.2.4 Zusammenfassende Bewertung	54
3.1.3 Methoden der Geschäftsprozeßmodellierung	55
3.2 Methoden zur Modellierung von Produktionssystemen	57
3.2.1 Methoden zur Modellierung von Fertigungsprozessen	57
3.2.2 CIM-Planungs- und Analyse-Tools	59
3.2.3 Standards zur Informationsmodellierung im Produktionsbereich	61

3.3	Methoden zur Modellierung von FST-Systemen	63
3.3.1	Konzeptuelle Informationsmodelle für FST-Systeme	63
3.3.1.1	Traditionelle Darstellungstechniken für FST-Informationen	63
3.3.1.2	Referenzmodelle für FST-Informationen	64
3.3.1.3	Modellierung der Schnittstellen von FST-Systemen	65
3.3.1.4	Zusammenfassende Bewertung	66
3.3.2	Modellierung von Fertigungsprozessen als Gestaltungsgrundlage für FST-Systeme	67
3.3.3	Ganzheitliche Ansätze zur Modellierung von FST-Systemen	68
4	Zu leistende Arbeiten und weiteres Vorgehen	71
5	Konzepte und Notation eines generischen Fertigungsinformationsmodells der Fertigungssteuerung	73
5.1	Grundlegender Modellaufbau und Argumentationsbasis	73
5.2	Die Modellierung von Fertigungselementen aus Sicht der Fertigungssteuerung	80
5.2.1	Fertigungselemente	80
5.2.2	Eigenschaften von Fertigungselementen	83
5.2.2.1	Zustandsbeschreibende Eigenschaften von Fertigungselementen ..	83
5.2.2.2	Das Leistungsangebot von Fertigungselementen	87
5.2.3	Beziehungen zwischen Fertigungselementen	96
5.3	Die Modellierung von Fertigungsaktivitäten aus Sicht der Fertigungssteuerung ...	109
5.3.1	Fertigungsaktivitäten	109
5.3.2	Eigenschaften von Fertigungsaktivitäten	114
5.3.2.1	Zustandsübergangsbeschreibende Eigenschaften von Fertigungsaktivitäten	114
5.3.2.2	Der Leistungsbedarf und -verbrauch von Fertigungsaktivitäten	120
5.3.3	Beziehungen zwischen Fertigungsaktivitäten	124
5.4	Die Modellierung von Zeit aus Sicht der Fertigungssteuerung	135
5.4.1	Physikalische Grundlagen zur Zeitmessung	137
5.4.2	Die Repräsentation von Zeit im Fertigungsinformationsmodell der Fertigungssteuerung	142
5.4.2.1	Die Modellierung individueller, diskreter Zeitskalen	144
5.4.2.2	Die Transformation von Zeitaussagen auf diskreten Zeitskalen	153
5.4.2.3	Die Modellierung zeitlicher Reihenfolgen	157

5.5	Die Integration der Konzepte zu einem Fertigungsinformationsmodell der Fertigungssteuerung	160
5.5.1	Aufbau eines einstufigen Fertigungsinformationsmodells der Fertigungssteuerung	160
5.5.1.1	Aufbau der Restriktionsebene	160
5.5.1.2	Aufbau der Realisationsebene	165
5.5.2	Der Aufbau eines Fertigungsinformationsmodells der Fertigungs- steuerung am Beispiel der „Fabrik 2000“	169
5.5.2.1	Der Fertigungsablauf	169
5.5.2.2	Das graphische Modell der Restriktionsebene	171
5.5.2.3	Die Beschreibung ausgewählter Modellkomponenten der Restriktionsebene	172
5.5.2.4	Die Beschreibung ausgewählter Modellkomponenten der Realisationsebene	188
5.5.3	Aufbau eines mehrstufigen, verteilten Fertigungsinformationsmodells der Fertigungssteuerung	193
5.5.3.1	Horizontale Dekomposition eines Fertigungsinformations- modells der Fertigungssteuerung	195
5.5.3.2	Vertikale Dekomposition eines Fertigungsinformations- modells der Fertigungssteuerung	198
5.5.4	Submodelle und Sichten	203
6	Formale Spezifikation der Konzepte des generischen Fertigungsinformations- modells der Fertigungssteuerung	207
6.1	Phase 1: Basisobjekte	208
6.2	Phase 2: Beziehungen und Attribute	222
6.3	Phase 3: Zwangsbedingungen	228
7	Zusammenfassung und Ausblick	231
	Literaturverzeichnis	235
	Anhang	257
	Anhang A: Überblick über die Sprachelemente von EXPRESS und EXPRESS-G	257
	A.1 EXPRESS	257
	A.2 EXPRESS-G	260
	Anhang B: Formale Spezifikation der Bausteine des Fertigungsinformationsmodells der Fertigungssteuerung in EXPRESS	263
	B.1 Schemadefinition <i>support_schema</i>	263
	B.2 Schemadefinition <i>property_schema</i>	264

B.3	Schemadefinition <i>time_schema</i>	267
B.4	Schemadefinition <i>element_and_operation_definition_schema</i>	270
B.5	Schemadefinition <i>production_planning_and_control_constraint_schema</i>	275
B.6	Schemadefinition <i>event_documentation_schema</i>	282
Anhang C: Spezifikation der Bausteine des Fertigungsinformationsmodells der Fertigungssteuerung in EXPRESS-G		287

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	Das „Meaning triangle“ (in Anlehnung an [Gie192, S. 271])	5
Abb. 2-2:	Beschreibungsebenen von FST-Informationen	8
Abb. 2-3:	Komponenten eines Fertigungssystems	10
Abb. 2-4:	Schematische Einordnung des Fertigungssystems in ein Unternehmen	11
Abb. 2-5:	Grundmodell der FST als betrieblicher Regelkreis	14
Abb. 2-6:	Informationsbedarf der FST über die Fertigung	19
Abb. 2-7:	Sichten, Teilmodelle, Planungsebenen	25
Abb. 2-8:	Beschreibungsebenen eines rechnergestützten Informationssystems [Sche95, S.14]	28
Abb. 3-1:	Petri-Netz-Modell eines Fertigungsprozesses	41
Abb. 3-2:	Beschreibungsebenen und Zerlegungssichten in ARIS [Sche95, S. 82]	48
Abb. 3-3:	Das V-Modell zum SOM mit Darstellungstechniken [FeSi91]	50
Abb. 3-4:	Die CIMOSA-Referenzarchitektur mit generischen Konstrukten der Anforderungsdefinitionsebene [TöJü92]	52
Abb. 3-5:	Konzeptuelle Ebene des GRAI-Rahmenwerks mit Modellierungs- techniken	59
Abb. 3-6:	Aufbau von STEP	62
Abb. 5-1:	Basiskomponenten des generischen Fertigungsinformationsmodells der FST	74
Abb. 5-2:	Übertragung des Petri-Netz-Ansatzes auf das Fertigungsinformations- modell der FST	75
Abb. 5-3:	Grundlegender Aufbau des generischen Fertigungsinformationsmodells der FST	76
Abb. 5-4:	Klassifikation der Fertigungselemente	81
Abb. 5-5:	Die Modellierung von Fertigungselementen und FE-im-FST-Zustand	85
Abb. 5-6:	Ausschnitt aus dem FST-relevanten Lebenszyklus eines Werkzeugs	86
Abb. 5-7:	Das Leistungsangebot eines Fertigungselements am Beispiel eines BAZ	89
Abb. 5-8:	Alternative Belegungsfolgen eines BAZ	92
Abb. 5-9:	Darstellung verschiedener Kapazitätsverläufe	94
Abb. 5-10:	Klassifizierung von Fertigungselementen zu FE-Klassen	97
Abb. 5-11:	FE-Klassenhierarchie für Transportmittel	98

Abb. 5-12: Arbeitsplan und Stückliste eines Stahlrohrtisches [GGR92, S. 1 u. S. 150]	99
Abb. 5-13: Alternativen zur Auswahl einer Menge an Fertigungselementen	101
Abb. 5-14: Konzepte zur Beschreibung einer FE-Kategorie	103
Abb. 5-15: Modellierung einer FE-Kategorie am Beispiel eines Waren- eingangslagers	106
Abb. 5-16: Ein FE-Knoten als Repräsentant einer Hierarchie an FE-Kategorien	107
Abb. 5-17: Fertigungsvorgang	111
Abb. 5-18: Die Aggregation von Fertigungsverfahren	113
Abb. 5-19: Fertigungselemente im Übergang vom Input zum Output eines Fertigungsvorgangs	116
Abb. 5-20: Modell zum Beispiel, Fall a)	118
Abb. 5-21: Modell zum Beispiel, Fall b)	119
Abb. 5-22: Modell zum Beispiel, Fall c)	119
Abb. 5-23: Leistungsbedarf und -verbrauch eines Fertigungsvorgangs	124
Abb. 5-24: Klassifikation von Fertigungsverfahren [Warn93b, S. 3]	126
Abb. 5-25: Modellierung einer FV-Kategorie am Beispiel einer Wellenfertigung	131
Abb. 5-26: Ein FV-Knoten als Repräsentant einer Hierarchie an FV-Kategorien	133
Abb. 5-27: Aufbau einer Zeitskala	138
Abb. 5-28: Bestimmung von Zeitpunkten anhand einer Zeitskala	139
Abb. 5-29: Die Projektion auf eine diskrete Zeitskala	140
Abb. 5-30: Klassifikation von Zeitmodellen	144
Abb. 5-31: Eigenschaften einer originären Zeitskala am Beispiel einer Taktzeitskala	146
Abb. 5-32: Lückenlos und partiell abgeleitete Zeitskalen	148
Abb. 5-33: Sukzessive Ableitung eines Schichtkalenders	151
Abb. 5-34: Reihenfolgen von Zeitpunkten und Projektionsintervallen	154
Abb. 5-35: Zuordnungsbeziehungen zwischen Bezugs- und abgeleiteter Zeitskala	154
Abb. 5-36: Transformation von Zeitpunkten zwischen Bezugs- und lückenlos abgeleiteter Skala	155
Abb. 5-37: Transformation von Zeiträumen zwischen Bezugs- und lückenlos abgeleiteter Skala	156
Abb. 5-38: Transformation von Zeitpunkten zwischen Bezugs- und partiell abgeleiteter Skala	157

Abb. 5-39: Modellierung zeitlicher Reihenfolgen als Graph	159
Abb. 5-40: Grundlegender Aufbau des generischen Fertigungsinformationsmodells der FST	161
Abb. 5-41: Elementarmodell eines Fertigungsprozesses	162
Abb. 5-42: Alternatives Prozeßmodell zur Abb. 5-41	163
Abb. 5-43: FE-Knoten mit parallel verlaufenden Input- und Outputpfaden	164
Abb. 5-44: Mit Marken belegtes Elementarmodell eines Fertigungsprozesses	166
Abb. 5-45: Dokumentation des Elementflusses	168
Abb. 5-46: Enderzeugnis Pyramide und ihre Komponenten	170
Abb. 5-47: Modellgraph „Fabrik 2000“	173
Abb. 5-48: Modellabschnitt „Fertigung der Aluminiumsockel“	174
Abb. 5-49: Modellabschnitt „Transport“	179
Abb. 5-50: Modellabschnitt „Fertigung der Elektronikbaugruppen“	182
Abb. 5-51: Modellabschnitt „Endmontage“	185
Abb. 5-52: Horizontale und vertikale Dekomposition eines Fertigungs- informationsmodells	194
Abb. 5-53: Modellierung der verschiedenen Schnittstellenvarianten	197
Abb. 5-54: Zulässige Verknüpfungen über vertikale FST-Informationspfade	200
Abb. 5-55: Einbettung eines Teil-Informationsmodells am Beispiel der „Fabrik 2000“	202
Abb. 5-56: Sub-, Meta- und Teilsysteme	203
Abb. 5-57: Anwendung des Submodellkonzepts auf das Beispiel „Fabrik 2000“	204
Abb. 5-58: Sichten und Zielgruppen am Beispiel der „Fabrik 2000“	206
Abb. 6-1: Schema-Level-Diagramm zum generischen Fertigungsinformations- modell der FST	230
Abb. A-1: Darstellungssymbole EXPRESS-G	261
Abb. A-2: Beispielmodell EXPRESS-G: Schema-Level-Diagramm	261
Abb. A-3: Beispielmodell EXPRESS-G: Entity-Level-Diagramm zum <i>typen_schema</i>	261
Abb. A-4: Beispielmodell EXPRESS-G: Entity-Level-Diagramm zum <i>personen_schema</i>	262
Abb. C-1: Fertigungselement und FE-Klasse	287
Abb. C-2: FE-im-FST-Zustand und Klasse an FE-im-FST-Zustand	287

Abb. C-3:	Fertigungsverfahren und Verfahrensklasse	288
Abb. C-4:	Fertigungsvorgang und FV-Klasse	288
Abb. C-5:	Kategorien und Knoten	289
Abb. C-6:	Pfade und Schnittstellen	290
Abb. C-7:	Ereignisse	291
Abb. C-8:	Ereignis-Zeit-Leisten	292
Abb. C-9:	Zeitskalen	293

Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1:	Synonyme Begriffe der Systemmodellierung	34
Tab. 5-1:	Betriebliche Strukturmatrix nach [GGR92, Tab. 144, S. 392]	77
Tab. 5-2:	Die Zusammensetzung der aktuellen Verfügbarkeit am Beispiel eines Werkers	91
Tab. 5-3:	Beziehungen in der betriebstypologischen Matrix	108
Tab. 5-4:	Arbeitsplan zur Herstellung eines Stahlrohrtisches [GGR92, S. 150]	110
Tab. 5-5:	Gruppen an Fertigungsvorgängen bei Einzelfertigung	127
Tab. 5-6:	Gruppen an Fertigungsvorgängen bei Massenfertigung	128
Tab. 5-7:	Start-/Endtermin-Leisten Kategorie FERTIGUNG_ALU	189
Tab. 5-8:	Start-/Endtermin-Leisten Kategorie FERTIGUNG_ALU_TYP1	191
Tab. 5-9:	Start-/Endtermin-Leisten Kategorie FERTIGUNG_ALU_TYP2	191
Tab. 5-10:	Zugangstermin-Leiste PORT_I1 der Kategorie FTS_FREI	192
Tab. 5-11:	Abgangstermin-Leiste PORT_O1 der Kategorie FTS_FREI	192
Tab. 5-12:	Abgangstermin-Leiste PORT_O2 der Kategorie FTS_FREI	192
Tab. 5-13:	Abgangstermin-Leiste PORT_O3 der Kategorie FTS_FREI	193
Tab. 5-14:	Einbettung von horizontalen Schnittstellen	196
Tab. 6-1:	Bausteine und ihre Eigenschaften zur Modellierung von Fertigungselementen	209
Tab. 6-2:	Bausteine und ihre Eigenschaften zur Modellierung von Fertigungsaktivitäten	214
Tab. 6-3:	Bausteine und ihre Eigenschaften zur Modellierung von Zeit	218
Tab. 6-4:	Bausteine und ihre Eigenschaften zur Modellierung der Verbindungselemente	221