

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis . . . . .	IX
Abbildungsverzeichnis . . . . .	XI
Tabellenverzeichnis . . . . .	XIII
<b>1 Einleitung und Gang der Untersuchung</b>	<b>1</b>
<b>2 Einführung in die Thematik</b>	<b>3</b>
2.1 Fertigung . . . . .	3
2.2 Simulation . . . . .	5
2.2.1 Begriffliche Abgrenzung . . . . .	5
2.2.2 Durchführung einer Simulation . . . . .	6
2.2.3 Datengetriebene Simulation . . . . .	10
2.3 Einsatzgebiete der Simulation in der Fertigung . . . . .	11
2.3.1 Simulation als Entscheidungsunterstützungsinstrument . . . . .	11
2.3.2 Begleitende Simulation in der Fertigung . . . . .	13
<b>3 Ein Simulationsmodell für die Fertigung</b>	<b>15</b>
3.1 Objektorientierte Modellierung . . . . .	15
3.1.1 Grundbegriffe . . . . .	16
3.1.2 Objektorientierte Vorgehensweise bei der Softwareentwicklung	18
3.1.2.1 Objektorientierte Analyse . . . . .	19
3.1.2.2 Objektorientiertes Design . . . . .	23
3.1.2.3 Objektorientierte Programmierung . . . . .	24
3.1.3 Zusammenfassung . . . . .	24
3.2 Modellierung der Fertigung . . . . .	25
3.2.1 Problemstellung . . . . .	26
3.2.2 Objekte der Fertigung . . . . .	26

3.2.2.1	Physische Objekte . . . . .	27
3.2.2.1.1	Teil . . . . .	28
3.2.2.1.2	Lager . . . . .	29
3.2.2.1.3	Betriebsmittel . . . . .	29
3.2.2.1.4	Werker . . . . .	29
3.2.2.2	Informationelle Objekte . . . . .	30
3.2.2.2.1	Fertigungsauftrag . . . . .	31
3.2.2.2.2	Arbeitsplan . . . . .	31
3.2.2.2.3	Arbeitsgang . . . . .	32
3.2.2.2.4	Stückliste . . . . .	33
3.2.2.2.5	Arbeitsplatz . . . . .	34
3.2.2.2.6	Arbeitsplatzgruppe . . . . .	35
3.2.2.2.7	Plan . . . . .	35
3.2.2.3	Entscheidungsinstanzen . . . . .	36
3.2.2.3.1	Planungsleitung . . . . .	37
3.2.2.3.2	Lagerverwaltung . . . . .	37
3.2.2.3.3	Beschaffungsleitung . . . . .	38
3.2.2.3.4	Fertigungsleitung . . . . .	38
3.2.2.3.5	Personaleinsatzplanung . . . . .	39
3.2.2.3.6	Arbeitsplatzgruppenleitung . . . . .	39
3.2.2.3.7	Arbeitsplatzleitung . . . . .	40
3.2.2.4	Zusammenhang der Objekte des Fertigungsmodells . . . . .	41
3.2.3	Dynamik des Fertigungsmodells . . . . .	43
3.2.4	Funktionalität des Fertigungsmodells . . . . .	45
3.2.5	Validitätsprüfung des Fertigungsmodells . . . . .	46
3.3	Modellierung der Simulation . . . . .	46
3.3.1	Problemstellung . . . . .	47
3.3.2	Objekte der Simulation . . . . .	47
3.3.2.1	Simulationsmodell . . . . .	47
3.3.2.2	Simulationsexperiment . . . . .	47
3.3.2.2.1	Charakteristika eines Simulationsexperiments . . . . .	47
3.3.2.2.2	Handlungsalternative . . . . .	48
3.3.2.3	Ergebnisse der Simulation . . . . .	49
3.3.2.3.1	Zahlenreihen . . . . .	49

3.3.2.3.2	Kritische Werte . . . . .	50
3.3.2.3.3	Trace . . . . .	50
3.3.2.4	Simulationsdurchführer . . . . .	51
3.3.2.5	Zusammenhang der Objekte des Modells der Simulation . . . . .	51
3.3.3	Dynamik des Modells der Simulation . . . . .	53
3.3.4	Funktionalität des Modells der Simulation . . . . .	56
3.3.5	Validitätsprüfung des Modells der Simulation . . . . .	56
<b>4</b>	<b>Ein datengetriebenes Simulationssystem</b>	<b>57</b>
4.1	Einleitung und Vorgehen . . . . .	58
4.2	Grundlagen . . . . .	60
4.2.1	Kommunikation . . . . .	60
4.2.1.1	Beschreibung des Kommunikationsablaufs . . . . .	60
4.2.1.2	Zeitliche Beziehungen zwischen den Kommunikationsteilnehmern . . . . .	63
4.2.2	Abbildung des Verhaltens von Entscheidungsinstanzen . . . . .	64
4.2.2.1	Konzepte . . . . .	64
4.2.2.2	Beispiel . . . . .	67
4.2.2.3	Implementierung . . . . .	68
4.2.2.3.1	Implementierung von Verhaltensweisen im Simulator oder als externer Code . . . . .	68
4.2.2.3.2	Implementierung in der Datenbank . . . . .	70
4.3	Beschreibung des Simulationssystems . . . . .	71
4.3.1	Simulationsdatenbank . . . . .	71
4.3.1.1	Daten des Fertigungsmodells . . . . .	72
4.3.1.1.1	Entity-Relationship-Diagramm der Organisationsstruktur . . . . .	73
4.3.1.1.2	Arbeitsplatz . . . . .	74
4.3.1.1.3	Arbeitsplatzgruppe . . . . .	76
4.3.1.1.4	Organisationsbeziehungen . . . . .	77
4.3.1.2	Daten des Modells der Simulation . . . . .	78
4.3.1.2.1	Simulationsexperiment . . . . .	78
4.3.1.2.2	Ergebnisse der Simulation . . . . .	79

4.3.1.2.2.1	Simulationsergebnis-Kundenauftrag . . . . .	80
4.3.1.2.2.2	Simulationsergebnis-Fertigungsauftrag . . . . .	81
4.3.1.2.2.3	Belegungszeiten der Arbeitsplätze . . . . .	81
4.3.1.2.2.4	Lagerbewegungen . . . . .	82
4.3.1.2.2.5	Bestellungen . . . . .	83
4.3.1.2.2.6	Statistiken . . . . .	83
4.3.1.3	Entity-Relationship-Diagramm der Simulationsdatenbank . . . . .	84
4.3.2	Simulator . . . . .	85
4.3.2.1	Simulationsthroughführer . . . . .	87
4.3.2.2	Entscheidungsinstanzen des Fertigungsmodells . . . . .	88
4.3.2.2.1	Planungsleitung . . . . .	88
4.3.2.2.2	Beschaffungsleitung . . . . .	94
4.3.2.2.3	Lagerverwaltung . . . . .	95
4.3.2.2.4	Personaleinsatzplanung . . . . .	101
4.3.2.2.5	Fertigungsleitung . . . . .	102
4.3.2.2.6	Arbeitsplatzgruppenleitung . . . . .	105
4.3.2.2.7	Arbeitsplatzleitung . . . . .	112
4.3.3	Dynamik des Simulationssystems . . . . .	114
4.3.4	Oberfläche . . . . .	117
4.3.4.1	Menüpunkt „System“ . . . . .	117
4.3.4.2	Menüpunkt „Daten“ . . . . .	117
4.3.4.3	Menüpunkt „Ergebnisauswahl“ . . . . .	120
4.3.4.4	Menüpunkt „Simulation“ . . . . .	122
4.4	Planung und Durchführung von Experimenten . . . . .	124
4.4.1	Planung . . . . .	124
4.4.2	Datenspezifikation . . . . .	125
4.4.2.1	Fremde Daten . . . . .	125
4.4.2.2	Explizite Dateneingabe . . . . .	125
4.4.3	Simulationsthroughführung, Interpretation und Dokumentation . . . . .	126
<b>5</b>	<b>Beispielhafte Anwendung</b>	<b>129</b>
5.1	Beschreibung der Fahrradfabrik . . . . .	129
5.1.1	Organisationsaufbau der Fahrradfabrik . . . . .	130

5.1.2	Endprodukt . . . . .	135
5.1.2.1	Struktur des Fahrrads . . . . .	135
5.1.2.2	Fertigungsvorschrift . . . . .	139
5.1.3	Nachfrage . . . . .	143
5.2	Simulationsdurchführung . . . . .	144
5.2.1	Problemdefinition . . . . .	144
5.2.2	Modellerstellung und Validitätsprüfung . . . . .	145
5.2.3	Durchführung und Auswertung von Simulationsexperimenten . . . . .	145
5.2.3.1	Basismodell . . . . .	145
5.2.3.2	Handlungsalternative 1 . . . . .	147
5.2.3.3	Handlungsalternativen 2 bis 5 . . . . .	150
5.2.3.3.1	Spezifikation der Handlungsalternativen . . . . .	150
5.2.3.3.2	Durchführung der Simulationsläufe . . . . .	155
5.2.3.3.3	Auswertung und Interpretation der Simulationsergebnisse . . . . .	155
<b>6</b>	<b>Ausblick</b>	<b>161</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>163</b>
	<b>Anhänge</b>	<b>176</b>
<b>A</b>	<b>Module des Simulationssystems</b>	<b>177</b>
A.1	Module des Simulators . . . . .	177
A.2	Module der Oberfläche . . . . .	181
<b>B</b>	<b>SQL-Kommandos im Simulationssystem</b>	<b>183</b>
<b>C</b>	<b>Relationen der Simulationsdatenbank</b>	<b>189</b>
<b>D</b>	<b>Relationen des Beispiels (Fahrradfabrik)</b>	<b>195</b>
D.1	Relationen des Basismodells . . . . .	195
D.2	Veränderte Relation der Handlungsalternative 1 . . . . .	216
D.3	Veränderte Relation der Handlungsalternative 2 . . . . .	216
D.4	Veränderte Relationen der Handlungsalternative 3 . . . . .	217
D.5	Veränderte Relation der Handlungsalternative 4 . . . . .	219
D.6	Veränderte Relationen der Handlungsalternative 5 . . . . .	219

<b>E Ergebnisse der Simulationsläufe</b>	<b>221</b>
E.1 Simulationsergebnisse des Basismodells . . . . .	221
E.2 Simulationsergebnisse der Handlungsalternative 1 . . . . .	231
E.3 Simulationsergebnisse der Handlungsalternative 2 . . . . .	233
E.4 Simulationsergebnisse der Handlungsalternative 3 . . . . .	235
E.5 Simulationsergebnisse der Handlungsalternative 4 . . . . .	237
E.6 Simulationsergebnisse der Handlungsalternative 5 . . . . .	239
<b>Glossar</b>	<b>242</b>