

# Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort .....</b>	<b>V</b>
<b>Vorwort.....</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung, Definition und Stand der Umsetzung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Geschichtliche Entwicklung der Rechnerunterstützung.....	2
1.2 Definition der Digitalen Fabrik .....	9
1.2.1 Digitale Fabrik.....	9
1.2.2 Abgrenzung zu anderen Begriffen.....	12
1.3 Stand der branchenbezogenen Umsetzung.....	15
1.3.1 Automobilbau .....	15
1.3.2 Maschinen- und Anlagenbau.....	19
1.3.3 Schiffbau.....	21
1.3.4 KMU.....	22
<b>2 Anwendungsfelder der Digitalen Fabrik im Überblick .....</b>	<b>25</b>
2.1 Fabrik-, Gebäude- und Ausrüstungsplanung .....	26
2.1.1 Fabrikplanung .....	27
2.1.2 Gebäudeplanung .....	31
2.1.3 Ausrüstungsplanung .....	32
2.2 Produktionsplanung .....	33
2.2.1 Planung von Fertigungsprozessen .....	35
2.2.2 Planung von Lackierprozessen .....	37
2.2.3 Planung von Montageprozessen .....	38
2.2.4 Produktionslayoutplanung .....	41
2.3 Logistikplanung.....	43
2.4 Produktions- und logistikgerechte Produktgestaltung.....	45
2.5 Anlagenanlauf und -betrieb .....	48
<b>3 Nutzen der Digitalen Fabrik.....</b>	<b>51</b>
3.1 Nutzen für das Gesamtunternehmen .....	52
3.1.1 Marktvorteile durch schnellere Produkteinführung .....	52
3.1.2 Verbesserung der Produktqualität .....	55

## XII Inhaltsverzeichnis

3.1.3	Senkung der Produktionskosten .....	56
3.1.4	Verbesserung der Produktionsstätte .....	58
3.2	Nutzen für die Planung.....	59
3.2.1	Ganzheitliche Planung und neue Planungsprozesse .....	59
3.2.2	Verbesserung von Planungsschritten.....	60
3.2.3	Teilautomatisierung durch Assistenzsysteme und Workflowmanagementsysteme .....	63
3.2.4	Reduktion des Informationstransfераufwandes .....	66
3.2.5	Stabilisierung der Projektqualität .....	67
3.2.6	Bereitstellung von Planungsinformationen und -wissen	67
3.3	Nutzen für Anfertigung und Inbetriebnahme der Ressourcen....	70
3.4	Nutzen im Betrieb .....	73
3.5	Quantitative Aussagen zum Nutzen .....	76
<b>4</b>	<b>Methoden und Modelle in der Digitalen Fabrik.....</b>	<b>79</b>
4.1	Die Begriffe Modell, Methode und Werkzeug.....	79
4.1.1	Der Modellbegriff.....	79
4.1.2	Methoden und Werkzeuge.....	81
4.2	Klassifikation der Methoden in der Digitalen Fabrik.....	83
4.3	Methoden der Informations- und Datenerhebung .....	84
4.3.1	Primärerhebung – Methoden der Befragung .....	86
4.3.2	Primärerhebung – Manuelle Beobachtung .....	86
4.3.3	Primärerhebung – Automatische Beobachtung .....	88
4.3.4	Sekundärerhebung – Dokumentenanalyse.....	93
4.4	Darstellungs- und Gestaltungsmethoden.....	94
4.4.1	Methoden zur Ablauf- und Prozessmodellierung .....	96
4.4.2	Methoden zur Informations- und Datenmodellierung ..	97
4.4.3	Methoden zur Zustandsmodellierung .....	99
4.4.4	Methoden zur Strukturmodellierung .....	100
4.5	Mathematische Planungs- und Analysemethoden.....	101
4.5.1	Methoden der mathematischen Optimierung.....	101
4.5.2	Graphentheoretische Methoden.....	104
4.5.3	Methoden der Statistik und Stochastik .....	105
4.5.4	Vergleichende quantitative Bewertungsmethoden .....	110
4.6	Simulationsmethoden .....	112
4.6.1	Kontinuierliche Simulation .....	113
4.6.2	Zeitgesteuerte (zeitdiskrete) Simulation .....	121
4.6.3	Ereignisdiskrete (Ablauf-)Simulation.....	122
4.7	Methoden der künstlichen Intelligenz .....	126
4.7.1	Multiagentensysteme .....	126
4.7.2	Neuronale Netze .....	127
4.8	Visualisierungsmethoden .....	129

4.8.1	Visualisierung statischer grafischer Modelle.....	131
4.8.2	Dynamische Visualisierung.....	134
4.8.3	Virtual Reality (VR) .....	138
4.8.4	Augmented Reality (AR).....	139
4.9	Methoden der Kollaboration.....	143
4.9.1	Technische Kommunikationsmittel .....	144
4.9.2	Gemeinsame Informationsräume und Wissensmanagement .....	145
4.9.3	Workflowmanagement und Workgroup Computing .....	146
4.9.4	Projektmanagement .....	148
4.10	Aspekte der Modellbildung und Modellnutzung.....	149
4.11	Technische Einrichtungen für die Digitale Fabrik .....	153
4.11.1	Einzelarbeitsplätze.....	153
4.11.2	Arbeitsplätze zur Kollaboration.....	154
4.11.3	Projektionstechniken .....	156
4.11.4	Interaktionsmedien .....	157
<b>5</b>	<b>Datenmanagement und Softwarewerkzeugklassen .....</b>	<b>163</b>
5.1	Das Datenmanagement in der Digitalen Fabrik .....	163
5.1.1	Begriffsdefinition und Abgrenzung.....	163
5.1.2	Anforderungen an das Datenmanagement aus Sicht der Digitalen Fabrik.....	167
5.2	Interoperabilität und Integrationsebenen .....	172
5.2.1	Begriffsdefinition.....	172
5.2.2	Festlegung eines Integrationsrahmens für die DF .....	174
5.2.3	Beispiel eines Ordnungsrahmens zur Schaffung interoperabler Modelle und Systeme .....	176
5.3	Softwarewerkzeugklassen im Unternehmen .....	180
5.3.1	Werkzeugklassen der Produkt- und Produktionsmittelentwicklung .....	180
5.3.2	Werkzeugklassen in der Produktionsplanung.....	183
5.3.3	Werkzeugklassen zum Einsatz im Fabrikbetrieb.....	184
5.3.4	Steuerungssoftware zur Automatisierung von Produktionsanlagen .....	186
5.3.5	Softwarewerkzeugklassen für übergreifende Querschnittsaufgaben .....	187
5.4	Daten(-austausch)-formate .....	189
5.4.1	Proprietäre (herstellerspezifische) Formate .....	191
5.4.2	De-facto-Standards .....	192
5.4.3	Neutrale, nicht standardisierte Datenformate .....	193
5.4.4	Neutrale standardisierte Datenaustauschformate.....	194
5.4.5	Branchenspezifische Entwicklungen.....	195

5.5	Metasprachen zum Datenaustausch.....	197
5.5.1	Die Metasprache XML .....	197
5.5.2	Branchenspezifische XML-Entwicklungen.....	197
5.6	Technische Systemarchitekturen .....	198
5.6.1	Point-to-Point-Architektur.....	199
5.6.2	Hub&Spoke-Architektur .....	200
5.6.3	Bus-Architektur .....	201
5.7	IT-Lösungen zur technischen Werkzeugintegration.....	202
5.7.1	Filetransfer.....	202
5.7.2	Netzwerkprotokolle .....	202
5.7.3	Enterprise Application Integration .....	203
5.7.4	Service-orientierte Architektur .....	204
5.7.5	Die High Level Architecture .....	207
5.8	Integrative Lösungskonzepte.....	208
5.8.1	Produktpalette Dassault Systèmes .....	209
5.8.2	Produktpalette der Siemens AG .....	212
5.8.3	Die Integrationsplattform der xPLM Solution GmbH..	214
5.8.4	Die virtuelle Inbetriebnahme .....	215
<b>6</b>	<b>Organisation der Einführung und Nutzung .....</b>	<b>219</b>
6.1	Allgemeine organisatorische Hinweise .....	219
6.1.1	Managemententscheidung .....	220
6.1.2	Anwenderakzeptanz .....	221
6.1.3	Ablauf- und Aufbaustruktur .....	221
6.1.4	Hardwareinfrastruktur .....	222
6.2	Einführung der Digitalen Fabrik .....	222
6.2.1	Einführungsphasen .....	223
6.2.2	Einführung der Digitalen Fabrik bei KMU .....	225
6.2.3	Einführung der Digitalen Fabrik in einen Konzern .....	226
6.3	Ein neuer organisatorischer Ansatz .....	235
6.3.1	Anforderungen an die neue Organisationsstruktur .....	236
6.3.2	Alternierendes Mehrstufiges Projektteam (AMP) .....	236
6.3.3	Referenzmodell des Produktentstehungsprozesses.....	238
6.3.4	Grundmodell der neuen Organisationsstruktur.....	240
6.3.5	Embedded Planning .....	241
6.3.6	Anwendungsbeispiel des neuen Konzeptes .....	243
6.4	Neue Mitarbeiterrollen und -aufgaben .....	245
<b>7</b>	<b>Anwendungen der Digitalen Fabrik .....</b>	<b>249</b>
7.1	Industriebau .....	250
7.1.1	Die Modellierung der Fabrik .....	251
7.1.2	Ist-Aufnahme eines bestehenden Gebäudes .....	253

7.2	Planung der Gesamtfabrik .....	257
7.2.1	Fabriklayout.....	258
7.2.2	Fabrik-DMU .....	259
7.3	Planung der Logistik .....	262
7.3.1	Einsatz der Ablaufsimulation in der Logistikplanung ..	264
7.3.2	Auslegung der Investitionsgüter der Logistik.....	266
7.4	Ganzheitlicher Einsatz in der Automobilindustrie .....	268
7.4.1	Planung eines Presswerks .....	270
7.4.2	Planung eines Karosseriebaus .....	273
7.4.3	Planung der Lackiererei.....	277
7.4.4	Planung der Aggregatefertigung.....	281
7.4.5	Planung der Fahrzeugendmontage.....	283
7.4.6	Übergreifende Nutzung von Daten .....	287
7.4.7	Prozessoptimierungen und Änderungsmanagement .....	294
7.4.8	Einsatz von Projekt- und Wissensmanagement .....	298
7.5	Einsatz im Anlagenbau.....	300
7.6	Ganzheitliche Planung neuer Fertigungstechnologien .....	305
7.6.1	Einführung .....	305
7.6.2	Planung und Bewertung neuer Prozessketten beim Walzprofilieren.....	309
7.6.3	Ansatz und Vorgehensweise.....	311
7.6.4	Ergebnisse.....	315
7.7	Digitale Fabrik bei KMU .....	316
7.7.1	Projektmanagement bei KMU .....	317
7.7.2	Einführung von 3D-CAD und Einsatz von VR in der Fabrikplanung .....	318
7.7.3	Erweiterte virtuelle Fabrikmodelle .....	326
7.7.4	Perspektiven für den Einsatz mobiler Endgeräte.....	328
7.8	Die Digitale Fabrik im Schiffbau .....	329
7.9	Digitale Fabrik in der Getränkeindustrie .....	332
8	<b>Fazit und Ausblick .....</b>	<b>337</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>341</b>
	<b>Glossar .....</b>	<b>371</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>389</b>
	<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>395</b>