

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemaufriss	1
1.2 Zielstellung der Arbeit	2
1.3 Untersuchungsbereich und Abgrenzungsfragen.....	4
1.4 Stand der bisherigen Forschung	6
1.5 Stand der Technik	8
1.6 Forschungsbedarf und Präzisierung der Zielstellung.....	8
1.7 Untersuchungsmethode	10
1.8 Aufbau der Arbeit	11
1.9 Begriffsdefinitionen	12
2 Die Digitale Fabrik als Werkzeug der ganzheitlichen integrierten Fabrikplanung	14
2.1 Allgemein	14
2.2 Aktuelle Situation in der Fabrikplanung.....	14
2.2.1 Objekte der Fabrikplanung	14
2.2.2 Anforderungen an die aktuelle Fabrikplanung	15
2.2.3 Defizite sukzessiver und simultaner Fabrikplanungsstrategien	16
2.2.4 Ganzheitliche integrierte Fabrikplanung	17
2.2.5 Computerintegration in Planung und Produktion.....	18
2.2.6 Anforderungen an ein Werkzeug zur ganzheitlichen integrierten Fabrikplanung	20
2.3 Fabrikplanung mit der Digitalen Fabrik	21
2.3.1 Allgemein	21
2.3.2 Einsatz der Digitalen Fabrik in der Fabrikplanungsphase	22
2.3.3 Nutzenpotenziale der Digitalen Fabrik	23
2.3.4 Defizite im derzeitigen Einsatz der Digitalen Fabrik	24
2.4 Eignung der Digitalen Fabrik als Werkzeug zur ganzheitlichen integrierten Fabrikplanung	26

2.5	Fazit	28
3	Untersuchung von Problemlösungsmethodiken und Vorgehensweisen zur Fabrikplanung	29
3.1	Zielformulierung für die Fabrikplanungsmethodik mit Hilfe der Digitalen Fabrik..	29
3.1.1	Untersuchungsobjekte	29
3.1.2	Methodologische Voraussetzungen	29
3.1.3	Voraussetzungen zur praktischen Fabrikgestaltung	30
3.1.4	Zielkriterien und Bewertungsmaßstab	31
3.2	Untersuchung der Problemlösungsmethodiken	32
3.3	Untersuchung der Fabrikplanungssystematiken	32
3.4	Bewertung und Auswahl	33
3.4.1	Bewertung der Problemlösungsmethodiken	33
3.4.2	Bewertung der Fabrikplanungssystematiken	34
3.4.3	Auswahl und Konzeption der Fabrikplanungsmethodik	36
3.5	Fazit	38
4	Entwicklung einer Methodik zur ganzheitlichen integrierten Fabrikplanung	40
4.1	Manufacturing Systems Engineering (MSE)	40
4.2	Problemstellung – Grundfälle der Fabrikplanung	42
4.3	Systemtheorie im Kontext der Digitalen Fabrik	44
4.3.1	Grundlagen	44
4.3.2	Systemtheoretisches Modell des Produktionsunternehmens	46
4.4	Vorgehensmodell – Grundsätze der Fabrikplanung	49
4.4.1	Allgemein	49
4.4.2	Grundsätze der Fabrikplanung mit der MSE-Methodik	50
4.4.2.1	Grundsatz der Kunden- und Produktorientierung	50
4.4.2.2	Grundsatz der Wandlungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit	51
4.4.2.3	Grundsatz der Ganzheitlichkeit und Integration	53
4.4.2.4	Grundsatz der Strukturierung und Parallelisierung	53
4.4.2.5	Grundsatz der Standardisierung und Vereinfachung	54
4.4.2.6	Grundsatz der interdisziplinären Planung und Mitarbeiterpartizipation	56
4.4.2.7	Grundsatz der Alternativenplanung und Idealplanung	56
4.4.2.8	Grundsatz der Digitalisierung und Absicherung	57
4.4.3	Vorgehensweise der MSE-Methodik	58

4.4.3.1	Makrologik: Phasengliederung	58
4.4.3.2	Mesologik: Systematik der digitalen Fabrikplanung	65
4.4.3.3	Mikrologik: Problemlösungszyklus	72
4.4.3.4	Der Planungswürfel des Manufacturing Systems Engineering.....	72
4.5	Fabriksystemgestaltung.....	74
4.6	Projektmanagement im digitalen Fabrikplanungsprozess	75
4.6.1	Allgemein	75
4.6.2	Funktionale Dimension – Projektphasen	76
4.6.3	Institutionelle Dimension – Projektorganisation.....	77
4.6.4	Personelle Dimension – Teamarbeit.....	78
4.6.5	Instrumentelle Dimension – Projektmanagementsystem.....	78
4.6.6	Psychologische Dimension – Intuitionsebene.....	79
4.7	Fazit.....	79
5	Werkzeuge, Techniken und Verfahren der Digitalen Fabrik.....	81
5.1	Allgemein	81
5.2	Funktionsorientierte Gliederung der Digitalen Fabrik	82
5.3	Fabrikinformations- und Datenmanagement	83
5.3.1	Allgemein	83
5.3.2	Anforderungen an das Datenmanagement der Digitalen Fabrik.....	84
5.3.3	Klassifizierung der Nutzertypen der Digitalen Fabrik	86
5.3.4	Nutzenbeitrag des Fabrikinformations- und Datenmanagements	87
5.4	Produktionsprozessmanagement	88
5.4.1	Allgemein	88
5.4.2	Produktionsprozessdatenmanagement	90
5.4.2.1	Allgemein	90
5.4.2.2	Administration der Digitalen Fabrik.....	90
5.4.2.3	Verwaltung und Organisation der Produktionsdaten.....	91
5.4.3	Produktionsprozessmodellierung.....	92
5.4.3.1	Allgemein	92
5.4.3.2	Modellbildung.....	93
5.4.3.3	Modelle des Produktionsprozesses	94
5.4.3.4	Produktmodell/ Fügemodell	96
5.4.3.5	Prozessmodell.....	98

5.4.3.6	Ressourcenmodell/ Standortmodell	99
5.4.3.7	Zeitliches Strukturmodell.....	100
5.4.3.8	Räumliches Strukturmodell.....	101
5.4.4	Produktionsprozessanalyse.....	101
5.4.4.1	Allgemein	101
5.4.4.2	Modellanalyse.....	103
5.4.4.3	Prozessoptimierung.....	103
5.4.4.4	Produktionsharmonisierung und Linienausstattung	104
5.4.4.5	Investitionskostenermittlung.....	104
5.4.5	Nutzenbeitrag des Produktionsprozessmanagements	105
5.5	Produktionsprozessabsicherung.....	106
5.5.1	Allgemein.....	106
5.5.2	Konstruktionsbeurteilung des Produkts und der Betriebsmittel	107
5.5.3	Absicherung durch Simulation.....	108
5.5.4	Physiksimulation	110
5.5.5	Kinematiksimulation	110
5.5.6	Dynamiksimulation	111
5.5.7	Betriebskostenermittlung.....	112
5.5.8	Nutzenbeitrag der Produktionsprozessabsicherung.....	112
5.6	Fabricsystemvisualisierung.....	113
5.6.1	Allgemein.....	113
5.6.2	Produktvisualisierung	115
5.6.3	Prozessvisualisierung	115
5.6.4	Ressourcenvisualisierung	116
5.6.5	Fabrikvisualisierung	116
5.6.6	Nutzenbeitrag der Fabricsystemvisualisierung.....	116
5.7	Aggregierte Nutzenbetrachtung der Digitalen Fabrik und Fazit	117
6	Einführung der Manufacturing Systems Engineering Methodik mit der Digitalen Fabrik.....	119
6.1	Allgemein	119
6.2	Vorgehensweise zur MSE-Einführung	120
6.2.1	Einführungsszenario.....	120
6.2.2	Herleitung der Vorgehensweise	121
6.2.3	Projektmanagement der MSE-Einführung.....	123

6.3	Methodik und Systemarchitektur (I).....	123
6.3.1	Unternehmensspezifischer MSE-Fabrikplanungsprozess (Ia).....	123
6.3.2	Durchgängiges Soft- und Hardwarekonzept Digitale Fabrik (Ib).....	126
6.3.3	Umsetzung Hard- und Softwarekonzept (Ic)	128
6.4	Integration der statischen Produktionsdaten (II)	129
6.4.1	Produkt-, Prozess-, Ressourcen-, Logistik- und Peripheriedatenintegration (IIa-e)	129
6.4.2	Verbindungs- und Schnittstellen statischer Daten	129
6.4.3	Produktionsdatenkataloge und -bibliotheken	129
6.5	Dynamisierung der Produktionsdaten (III)	130
6.5.1	Fabrikmodelldynamisierung und Layoutgestaltung (IIIa).....	130
6.5.2	Produktionssteuerungsintegration (IIIb)	130
6.6	Pilotprojekt MSE unter Nutzung der Digitalen Fabrik (IV).....	131
6.7	Produktiver Einsatz des MSE und Fazit.....	131
7	Industrieanwendung/ Praktisches Fallbeispiel	132
7.1	Vorgehensweise und Zielstellung	132
7.2	Unternehmen und Gestaltungsobjekt.....	132
7.3	Methodik und Systemarchitektur (I).....	133
7.3.1	Unternehmensspezifischer MSE-Fabrikplanungsprozess (Ia).....	133
7.3.2	Durchgängiges Soft- und Hardwarekonzept Digitale Fabrik (Ib).....	136
7.3.3	Umsetzung Hard- und Softwarekonzept, Neuorganisation (Ic)	141
7.4	Integration der statischen Produktionsdaten (II)	142
7.4.1	Produktdatenintegration (IIa).....	142
7.4.2	Prozessdatenintegration (IIb)	145
7.4.3	Ressourcen-, Logistik- und Peripheriedatenintegration (IIc-e).....	147
7.5	Dynamisierung der Produktionsdaten (III)	151
7.5.1	Gestaltung und Fabrikmodelldynamisierung (IIIa)	151
7.5.2	Produktionssteuerungsintegration (IIIb)	153
7.6	Erfahrungen und Fazit.....	153
8	Zusammenfassung und Ausblick	155
8.1	Zusammenfassung.....	155
8.2	Ausblick	157
Autorenmeinung.....		XV
Literatur- und Quellenverzeichnis.....		XVII

Anhang	XXV
Verzeichnis der Anhänge	XXVI

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Objekt, Modell und Methode der aktuellen Fabrikplanung	3
Abb. 2	Faktoren im Problemlösungsprozess /i.A. DAEN1993/	4
Abb. 3	Produktentstehung - Produktionsentstehung - Produktionssteuerung	5
Abb. 4	Material- und informationsflussorientierte Prozessketten	5
Abb. 5	Forschungsmethodik der angewandten Wissenschaft /ULRI1981/	10
Abb. 6	Fabriktypen der Unternehmens- und Prozessebene /i.A. WIRT 2004/	15
Abb. 7	Integration von Funktionen in der Fabrikplanung /ZÜLC1993/	18
Abb. 8	Anforderungen an ein Werkzeug zur ganzheitlichen integrierten Fabrikplanung.	21
Abb. 9	Beziehungen zwischen Fabrik – Produktdaten – Produktionsdaten	22
Abb. 10	Methodik als Komponente der Problemlösung /DAEN1994/	31
Abb. 11	Zwischenergebnis: Klassische sukzessive Phasengliederung	37
Abb. 12	Komponenten des Systems Engineering /i.A. an DAEN1994/	40
Abb. 13	Komponenten des Manufacturing Systems Engineering	41
Abb. 14	Grundfälle der Fabrikplanung als Eingangsdaten des MSE	42
Abb. 15	Systemtheorie als Baustein der MSE-Methodologie	44
Abb. 16	Grundlegendes systemtheoretisches Modell /i.A. WIEN1998/	45
Abb. 17	Hierarchisches Modell und Prozessdiagramm (PERT) der Subsysteme	46
Abb. 18	Engeres und weiteres Unternehmensumfeld /i.A. WIEN1989/	46
Abb. 19	Hierarchisches Modell eines Produktionsunternehmens /i.A. WIEN1989/ ...	47
Abb. 20	Unternehmensfunktionen als Teilsysteme	47
Abb. 21	Das Vorgehensmodell als Bestandteil der MSE-Methodologie	49
Abb. 22	Erweiterung der Produktdaten zum Modell der Digitalen Fabrik	50
Abb. 23	Bausteine der Wandlungsfähigkeit /nach VOLL2002/	51
Abb. 24	Makrologik: Phasengliederung des Manufacturing Systems Engineering	59
Abb. 25	Permanente Fabrikmodellierung im Fabrikbetrieb	63
Abb. 26	Produktionsentstehungszeiten verschiedener Strategien im Vergleich	64
Abb. 27	Mesologik: Systematik der digitalen Fabrikplanung	66
Abb. 28	Rekursive Absicherung des digitalen Fabrikmodells	71
Abb. 29	Mikrologik: Problemlösungszyklus /nach DAEN1994/	72
Abb. 30	Überlagerung der Phasengliederung durch den Problemlösungszyklus	73

Abb. 31	Planungswürfel des Manufacturing Systems Engineering	73
Abb. 32	Fabricsystemgestaltung als Baustein des MSE-Fabrikplanungsprozesses..	74
Abb. 33	Projektmanagement als Bestandteil des MSE-Fabrikplanungsprozesses ...	75
Abb. 34	Hierarchische Projektaufbauorganisation	77
Abb. 35	Integration von Werkzeugen, Techniken und Verfahren im MSE	81
Abb. 36	Funktionsbereiche der Digitalen Fabrik.....	83
Abb. 37	Funktionsbereich Fabrikinformations- und Datenmanagement	84
Abb. 38	Klassifizierung der Nutzertypen in der Digitalen Fabrik.....	86
Abb. 39	Funktionsbereich Produktionsprozessmanagement	88
Abb. 40	Funktionen des Produktionsprozessmanagements	89
Abb. 41	Arbeitsfelder des Produktionsprozessmanagements.....	89
Abb. 42	Komponente Produktionsprozessdatenmanagement.....	90
Abb. 43	Komponente Produktionsprozessmodellierung	92
Abb. 44	Dynamisierung des Produktionsprozessmodells	94
Abb. 45	Modelle des Produktionsprozesses	95
Abb. 46	Hierarchischer Aufbau der Elemente des Produktmodells	97
Abb. 47	Hierarchische Aufbauorganisation der Elemente des Prozessmodells	99
Abb. 48	Hierarchische Aufbauorganisation der Elemente des Ressourcenmodells	100
Abb. 49	Komponente Produktionsprozessanalyse	102
Abb. 50	Wirtschaftlichkeitssteigerung durch Produktionsprozessanalyse.....	102
Abb. 51	Funktionsbereich Produktionsprozessabsicherung.....	107
Abb. 52	Arbeitsfelder der Produktionsprozessabsicherung	107
Abb. 53	Iterativer Prozess bei Simulationsstudien in der Digitalen Fabrik	109
Abb. 54	Funktionen der Produktionsprozessabsicherung.....	109
Abb. 55	Teilbereich Fabricsystemvisualisierung	114
Abb. 56	Funktionen der Fabricsystemvisualisierung	115
Abb. 57	Verbesserung der Planungskennlinien durch Nutzung der Digitalen Fabrik	118
Abb. 58	Entwicklung eines unternehmensspezifischen optimalen Planungssystems....	120
Abb. 59	Manufacturing Systems Engineering Einführungsszenario	120
Abb. 60	Einführungsprozess der Digitalen Fabrik nach VDI 4499 /VDI2006/	121
Abb. 61	Vorgehensweise zur MSE-Einführung mit Digitaler Fabrik.....	122
Abb. 62	Entwicklung unternehmensspezifischer MSE-Fabrikplanungsprozess	123
Abb. 63	Arbeitsfelder im Untersuchungsbereich.....	124

Abb. 64	Entwicklung des Softwarekonzepts der Digitalen Fabrik.....	126
Abb. 65	3-Tier Systemarchitektur	128
Abb. 66	Luxusklassensportwagen	133
Abb. 67	Systemtheoretische Betrachtung der produktorientierten Prozesskette aus Markt- und Unternehmenssicht	134
Abb. 68	Modell des zu untersuchenden Systems (Problemfeld) ohne Prozesse.....	134
Abb. 69	Zuordnung der Abteilungen zu den Arbeitsfeldern im Untersuchungsbereich	135
Abb. 70	Die Softwaresysteme im Mutterkonzern.....	137
Abb. 71	Tecnomatix Softwareprogramm zur Digitalen Fabrik	138
Abb. 72	Aufbau der Projektstruktur.....	141
Abb. 73	Produktmodell (Produkt- und Montagestruktur) im eM-Planner	143
Abb. 74	Konzept der Produktdatenschnittstelle	144
Abb. 75	Ansicht der SGR Türen im integrierten 3D-Viewer	144
Abb. 76	Prozessmodell (Operationsstruktur) im eM-Planner	146
Abb. 77	Ressourcenmodell (Ressourcenstruktur im eM-Planner)	147
Abb. 78	Ressourcenstruktur der Anbauteilefertigung mit Varianten.....	148
Abb. 79	Industrieroboter im Ressourcenmodell.....	149
Abb. 80	Anlagenkomponente des Ressourcenmodells ohne Nachbearbeitung /LORE2006/	149
Abb. 81	Robotersimulation einer Bearbeitungszelle.....	150
Abb. 82	DMU-Untersuchung des Zusammenspiels Produkt Ressource	150
Abb. 83	Objektverknüpfungen durch die Dynamisierung	151
Abb. 84	PERT-Diagramm der Anbauteilefertigung ohne Teile.....	152
Abb. 85	Gantt-Diagramm der Prozesse eines Arbeitsplatzes.....	152
Abb. 86	Digitale Fabrik als Datenlieferant der PPS.....	157

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Zeitliche Entwicklung der Fabrikplanung /i.A. an WIRT2004/	6
Tab. 2	Aufbau der Arbeit	11
Tab. 3	Investition und Ersparnis durch Nutzung der Digitalen Fabrik /CIMD2003/	23
Tab. 4	Anforderungen an ein Expertensystem zur Fabrikplanung und die Leistungen der Digitalen Fabrik.....	27
Tab. 5	Bewertungsmatrix Problemlösungsmethodiken	33
Tab. 6	Bewertungsmatrix Fabrikplanungsabläufe	35
Tab. 7	Grundfälle der Fabrikplanung /i.A. KETT1984, GRUN2000/	43
Tab. 8	Projektphasen und Funktionale Dimension des Projektmanagements	76
Tab. 9	Angepasste Abarbeitung der Systematik der digitalen Fabrikplanung	82