

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen</b>	<b>ix</b>
<b>Verzeichnis der verwendeten Symbole</b>	<b>xiii</b>
<b>Verzeichnis der verwendeten Funktionen</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2 Produktionssteuerung als Wettbewerbsfaktor</b>	<b>5</b>
2.1 Wettbewerbsbedingungen gegen Ende des 20. Jahrhunderts . . .	5
2.2 Begriffe und Definitionen . . . . .	8
2.3 Fertigungssteuerung innerhalb des betrieblichen Umfeldes . . .	14
2.3.1 Problemlösung und Organisation . . . . .	14
2.3.1.1 Aufbauorganisation . . . . .	15
2.3.1.2 Ablauforganisation . . . . .	17
2.3.1.3 Ziele und Zielsysteme . . . . .	19
2.3.2 Fertigungssteuerung in traditionellen Unternehmen . . .	26
2.3.3 Fertigungssteuerung innerhalb neuer organisatorischer Konzepte . . . . .	30
2.3.3.1 Lean Production . . . . .	30
2.3.3.2 Natural analoge Konzepte . . . . .	32

2.3.3.3	Virtuelle Unternehmen und Unternehmens-	
	netzwerke . . . . .	35
2.3.4	Zusammenfassung . . . . .	38
2.4	Fertigungssteuerung bei Werkstattfertigung . . . . .	39
2.4.1	Grundtypen der Fertigung . . . . .	39
2.4.1.1	Faktorbezogene Eigenschaften der Produktion	39
2.4.1.2	Prozeßbezogene Eigenschaften der Produktion	40
2.4.1.3	Produktbezogene Eigenschaften der Produk-	
	tion . . . . .	41
2.4.2	Besonderheiten der Werkstattfertigung . . . . .	42
2.4.3	Zum Stand der Modellierung . . . . .	43
2.4.4	Praktisch bedeutsame Spezialprobleme . . . . .	45
2.5	Anforderungen an ein Softwarewerkzeug zur Werkstattsteuerung	50
2.5.1	Flexibilität . . . . .	50
2.5.2	Globale Planung innerhalb dezentraler Struktureinheiten	51
2.5.3	Einbeziehung von Spezialproblemen in die Planung . . .	51
<b>3</b>	<b>Heutige Fertigungsleitstände</b>	<b>53</b>
3.1	Euphorie und Ernüchterung . . . . .	53
3.2	Regelmäßig angewandte Konzepte . . . . .	54
3.2.1	Methoden zur Reihenfolgebildung . . . . .	54
3.2.1.1	Prioritätsregeln . . . . .	54
3.2.1.2	Steuerung mittels Erfahrungswissen . . . . .	57
3.2.1.3	Weitere Verfahren . . . . .	58
3.2.2	Methoden der Koordination . . . . .	60
3.2.3	Flexibilität . . . . .	61
3.2.4	Lösung von Spezialproblemen . . . . .	62
3.3	Zusammenfassung . . . . .	62

<b>4</b>	<b>Objektorientierter Ansatz</b>	<b>63</b>
4.1	Grundlagen der objektorientierten Modellierung . . . . .	64
4.1.1	Objektorientierte Entwurfsmethoden . . . . .	64
4.1.2	Die Object Modeling Technique . . . . .	66
4.1.3	Begriffe und Symbolik . . . . .	68
4.2	Ein Objektmodell zur Belegungsplanung . . . . .	72
4.3	Zusammenfassung . . . . .	83
<b>5</b>	<b>Heuristischer Ansatz für JSSP-Instanzen</b>	<b>85</b>
5.1	Das allgemeine Job Shop Scheduling Problem . . . . .	86
5.1.1	Klassifizierung . . . . .	89
5.1.1.1	Maschinencharakteristika . . . . .	90
5.1.1.2	Auftragscharakteristika . . . . .	93
5.1.1.3	Optimalitätskriterien . . . . .	95
5.1.1.4	Zusammenfassung . . . . .	100
5.1.2	Begriffsdefinitionen . . . . .	100
5.1.3	Sequencing . . . . .	106
5.1.4	Scheduling . . . . .	108
5.2	Heuristische Verfahren zur Maschinenbelegungsplanung . . . . .	114
5.2.1	Überblick über Heuristiken . . . . .	114
5.2.1.1	Eröffnungsverfahren . . . . .	115
5.2.1.2	Verbesserungsverfahren . . . . .	116
5.2.2	Genetische Algorithmen . . . . .	119
5.2.2.1	Kodierung . . . . .	120
5.2.2.2	Population . . . . .	121
5.2.2.3	Selektion . . . . .	123
5.2.2.4	Genetische Operatoren . . . . .	124
5.2.2.5	Berechnung des Fitneßwertes . . . . .	128
5.3	Erweiterungen zur Belegungsplanung . . . . .	129
5.3.1	Belegungsplanung und Kapazitäten . . . . .	130
5.3.2	Betriebskalender . . . . .	131

---

5.3.3	Termine . . . . .	138
5.3.4	Kapazitätstypen . . . . .	146
5.3.5	Kapazitätsarten . . . . .	157
5.3.6	Ressourcen einer Kapazitätsart . . . . .	159
5.3.7	Kapazitätsalternativen . . . . .	161
5.3.8	Rüstzeiten . . . . .	163
5.4	Zusammenfassung . . . . .	165
<b>6</b>	<b>Testergebnisse</b>	<b>167</b>
6.1	Vergleich an Benchmarkproblemen . . . . .	167
6.2	Praktischer Einsatz . . . . .	176
6.2.1	Darstellung des Problems . . . . .	176
6.2.2	Lösung des Problems mit LaDurOpt . . . . .	180
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>185</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>187</b>
	<b>Indexverzeichnis</b>	<b>201</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Inhaltliche Gliederung der Arbeit . . . . .	3
2.1	Hauptprozeß der Auftragsbearbeitung . . . . .	9
2.2	Aufgaben der Fertigungssteuerung . . . . .	13
2.3	Formen von Erzeugnisstrukturen . . . . .	15
2.4	Formen von Aufgabenstrukturen . . . . .	16
2.5	Prozeß der Zielbildung . . . . .	19
2.6	Gliederung der Durchlaufzeit . . . . .	23
2.7	MRP-Konzepte . . . . .	27
2.8	Formen von Unternehmensnetzen . . . . .	36
2.9	Sichten auf die Reihenfolgeplanung . . . . .	38
2.10	Stückzahlen von Fertigungsaufträgen . . . . .	47
2.11	Durchschnittliches Verhältnis von Rüst- zur Bearbeitungszeit . . . . .	47
2.12	Beispiel mit reihenfolgeabhängigen Rüstzeiten . . . . .	48
2.13	Umrüstmatrizen zum Beispiel . . . . .	48
2.14	Gantt-Diagramme zum Beispiel . . . . .	49
3.1	Methoden zur Reihenfolgeplanung . . . . .	55
3.2	Test elementarer Prioritätsregeln . . . . .	56
3.3	Methoden zur Koordination mehrerer Leitstände . . . . .	61
4.1	OOA nach Rumbaugh et al. . . . .	67
4.2	Klassenbox im Klassendiagramm . . . . .	69
4.3	Einfache Vererbung von Klassen . . . . .	70
4.4	Assoziationen, Aggregation . . . . .	72

4.5	Klassendiagramm zur Belegungsplanung . . . . .	75
5.1	Aufgabenbereiche der Werkstattsteuerung . . . . .	86
5.2	Maschinencharakteristika . . . . .	90
5.3	Problem-Klassifikation . . . . .	100
5.4	Beispiel in Gantt-Diagramm-Darstellung . . . . .	102
5.5	Maschinenfolgegraph . . . . .	103
5.6	$3 \times 3$ . . . . .	104
5.7	$5 \times 5$ . . . . .	104
5.8	$8 \times 8$ . . . . .	104
5.9	Disjunktiver Graph . . . . .	106
5.10	Ablaufgraph . . . . .	107
5.11	Gantt-Diagramme . . . . .	108
5.12	Algorithmus zur Generierung eines semiaktiven Ablaufplanes .	109
5.13	Algorithmus zur Generierung eines aktiven Ablaufplanes . . .	111
5.14	Algorithmus zur Generierung eines aktiven Ablaufplanes aus einem bestehenden Ablaufplan . . . . .	112
5.15	Venn-Diagramm zu Belegungsplänen . . . . .	113
5.16	Einteilung von Heuristiken . . . . .	115
5.17	Simulated Annealing . . . . .	117
5.18	Threshold Accepting . . . . .	118
5.19	Sintflut-Methode . . . . .	118
5.20	Bestandteile und Wirkungsweise Evolutionärer Verfahren . . .	119
5.21	Realisierte Kodierung des Genetischen Algorithmus . . . . .	120
5.22	Ersetzungsschemata . . . . .	122
5.23	Generalized Position Based Crossover (GPBX) . . . . .	124
5.24	ZIP-Crossover (ZIPX) . . . . .	125
5.25	Station Based Crossover (STABX) . . . . .	126
5.26	Synthese-Algorithmus mit Deadlock-Korrektur . . . . .	127
5.27	Position Based Mutation (PBM) . . . . .	128
5.28	Lösungsevaluierung . . . . .	129

5.29	Ressourcen für Arbeitsvorgänge . . . . .	130
5.30	Unterbrechbarkeit von Arbeitsvorgängen . . . . .	134
5.31	Scheduling unter Beachtung von Unterbrechungen . . . . .	136
5.32	Unterbrechungsszenarien von Arbeitsvorgängen . . . . .	137
5.33	Scheduling unter Beachtung von Soll-Startterminen . . . . .	140
5.34	Eingangsdaten des Beispiels zum AHP . . . . .	142
5.35	Zielhierarchie im AHP . . . . .	143
5.36	Beispielrechnung zum AHP . . . . .	145
5.37	Einplanung mit Kapazitätstyp MULTI_JOB . . . . .	146
5.38	Unverzögertes Scheduling mit Kapazitätstyp MULTI_JOB . . . . .	148
5.39	Kodierungsbeispiele mit verzögerter Vorwärtsterminierung . . . . .	149
5.40	Vorwärtsterminierung eines Arbeitsvorgangsblocks . . . . .	152
5.41	Deadlock bei verzögerter Vorwärtsterminierung . . . . .	154
5.42	Algorithmus zur Deadlock-Erkennung . . . . .	155
5.43	Verzögertes Scheduling mit Kapazitätstyp MULTI_JOB . . . . .	156
5.44	Einplanung mit mehreren Kapazitätsarten . . . . .	158
5.45	Scheduling mit mehreren Kapazitätsarten . . . . .	158
5.46	Einplanung mehrerer Ressourcen einer Kapazitätsart . . . . .	160
5.47	Scheduling mit mehreren Ressourcen einer Kapazitätsart . . . . .	160
5.48	Kodierungsbeispiel mit mehreren Ressourcen . . . . .	161
5.49	Scheduling unter Beachtung von Rüstzeiten . . . . .	164
6.1	Testergebnisse ohne Gedächtnisfunktion . . . . .	170
6.2	Testergebnisse mit Gedächtnisfunktion (10 Lösungen) . . . . .	171
6.3	Testergebnisse mit Gedächtnisfunktion (100 Lösungen) . . . . .	172
6.4	Optimale Lösung des <i>ft10</i> -Benchmarkbeispiels . . . . .	173
6.5	Optimale Lösung des <i>ft20</i> -Benchmarkbeispiels . . . . .	174
6.6	Testergebnisse anderer Autoren . . . . .	175
6.7	Auftragsspektrum nach Terminen . . . . .	176
6.8	Labordurchlauf ohne LaDurOpt . . . . .	178
6.9	Labordurchlauf mit LaDurOpt . . . . .	180
6.10	Ereignisse der Feinsteuerung . . . . .	181