

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	xii
Tabellenverzeichnis	xv
Symbolverzeichnis	xvii
1 Einleitung	1
2 Produktionsplanung und -steuerung	5
2.1 Problematik des betrieblichen Planungsprozesses	6
2.1.1 Zeitliche Struktur des Planungsprozesses	7
2.1.2 Interdependenzen der Planung	8
2.1.3 Anpassung der Planung an Datenänderungen	10
2.1.4 Planungserfordernisse einzelner Fertigungstypen	11
2.1.5 Abbildung der Realität mit Hilfe mathematischer Modelle	13
2.2 Zielsetzungen der betrieblichen Produktionsplanung	13
2.3 Ansätze zur betrieblichen Produktionsplanung	17
2.3.1 Simultanplanung	17
2.3.2 Sukzessivplanung	20
2.3.3 Planung auf der Grundlage objektorientierter Fertigungsstrukturen	24
2.3.4 Ergänzende Entwicklungen in der Produktionsplanung und -steuerung	30
2.4 Gestaltung der computergestützten Planung in der Produktion	34
2.4.1 Computergestützte Planungssysteme	34
2.4.2 Das Planungssystem Fertigungsleitstand	37
3 Evolutorische Verfahren und lokale Suchalgorithmen	45
3.1 Darstellung evolutorischer Verfahren und lokaler Suchalgorithmen	46
3.1.1 Evolutionsstrategien	48
3.1.2 Genetische Algorithmen	53
3.1.3 Simulated Annealing	56
3.1.4 Threshold Accepting	62
3.2 Einsatz zur Lösung kombinatorischer Optimierungsaufgaben	65
3.3 Vergleich der Ansätze	68
3.3.1 Empirischer Vergleich	69
3.3.1.1 Evolutionsstrategie	73

3.3.1.2 Genetischer Algorithmus	76
3.3.1.3 Lernende lokale Suchalgorithmen	77
3.3.2 Verfahrensauswahl	86
4 Lösungskonzept für die Planungskomponente des Produktionsleitstands	89
4.1 Allgemeine Modellformulierungen	89
4.1.1 Abbildung dynamischer Systeme	89
4.1.2 Darstellung des Modellierungsumfangs	91
4.2 Modellkonzeption des Planungsansatzes	98
4.2.1 Modellvoraussetzungen für die Dekomposition einer Planungsaufgabe	99
4.2.2 Ganzzahliger Teil des Modellansatzes	101
4.2.3 Kontinuierlicher Teil des Modellansatzes	102
4.2.3.1 Reduzierung der Modellkomplexität	103
4.2.3.2 Berücksichtigung der Umrüstvorgänge	104
4.2.3.3 Erhalt der Zulässigkeit der kontinuierlichen Modelle	105
4.2.3.4 Allgemeine Formulierung eines reduzierten kontinuierlichen Modells	108
4.2.4 Zusammenwirken der ganzzahligen und kontinuierlichen Modellkomponente	112
4.3 Grundlagen zur Verwendung des Threshold Accepting	115
4.3.1 Die Nachbarschaft	115
4.3.1.1 Unterscheidung zweier Mutationsvorgänge	116
4.3.1.2 Einsatz der Mutationsarten	119
4.3.1.3 Weitere Betrachtungen zur Mutation	120
4.3.2 Steuerung der Sequenzmodifikationen	128
4.3.3 Weitere Parameter des Threshold Accepting	129
5 Realisierung des Produktionsleitstands	131
5.1 Struktur des Planungskonzepts	131
5.2 Produktionsmanagement	138
5.3 Implementation	139
5.4 Aufbau des Softwaresystems	141
5.4.1 Erfassung der Modelldaten	143
5.4.2 Erfassung der Parameter für die Verfahrenssteuerung	147
5.4.3 Modellberechnung	150
5.4.4 Speicherung der Zwischenergebnisse	156

5.4.5 Ausgabe des Lösungsverhaltens	158
5.4.6 Variation der Modelldaten und Parameter	162
5.4.7 Aufbereitung des Datenmaterials für die graphische Ausgabe	162
5.4.8 Graphische Bildschirmausgaben	163
6 Anwendung des Planungsansatzes auf Produktionsplanungsprobleme	165
6.1 Betriebswirtschaftliche Planungsprobleme	165
6.1.1 Modell I	166
6.1.2 Modell II	168
6.1.3 Gegenüberstellung von Modell I und Modell II	170
6.2 Einstellung der Verfahrensparameter	174
6.2.1 Thresholds	175
6.2.2 Anzahl der Schwellen	185
6.2.3 Anzahl der Mutationen	190
6.2.4 Schrittweite	193
6.2.5 Innenmutation	200
6.2.6 Startsequenz	206
6.2.7 Gezielte Mutationen	209
6.3 Eine Verfahrensvariante	212
6.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	216
7 Schlußbetrachtung und Ausblick	219
Literaturverzeichnis	223

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Anzahl von Mengenvariablen in einem linearen Produktionsplanungsmodell	18
Abbildung 2:	Grundkonzept herkömmlicher PPS-Systeme	22
Abbildung 3:	Funktions- und produktorientierte Gestaltungsansätze für Produktionsplanungssysteme	24
Abbildung 4:	Entwicklungen und Verfahren zur Unterstützung der industriellen Planung	33
Abbildung 5:	Computergestützter Planungsprozeß	35
Abbildung 6:	Integrationspotential elektronischer Leitstände innerhalb des CIM-Systems	39
Abbildung 7:	Funktionen und Datenaustausch des Fertigungsleitstands	41
Abbildung 8:	One-point-crossover zweier Bitketten	54
Abbildung 9:	Festkörper in verschiedenen Energiezuständen	58
Abbildung 10:	Pseudokode eines Threshold Accepting Algorithmus	64
Abbildung 11:	Vergleich der Suchpfade der mathematischen und natürlichen Verfahren im Lösungsraum	66
Abbildung 12:	Häufigkeitsverteilungen der (5+5)-Evolutionsstrategie und der (5+5)-Evolutionsstrategie mit Destabilisierungsphasen	75
Abbildung 13:	Das Konvergenzverhalten des Simulated Annealing in einem verkürzten Lauf	79
Abbildung 14:	Das Konvergenzverhalten des Threshold Accepting in einem verkürzten Lauf	80
Abbildung 15:	Lösungsraum als Gebirgstopographie	81
Abbildung 16:	Häufigkeitsverteilung der lokalen Suchalgorithmen (Modell 1)	83
Abbildung 17:	Häufigkeitsverteilung der lokalen Suchalgorithmen (Modell 2)	84
Abbildung 18:	Wertigkeitsintervalle der gefundenen Lösungen	85
Abbildung 19:	Diskrete Zustandsfunktion mit zwei Binärvariablen (drei verschiedene Zustände bei fünf Teilperioden)	91
Abbildung 20:	Grundkonzept des Zusammenwirkens der kontinuierlichen und ganzzahligen Verfahrenskomponente	114
Abbildung 21:	Darstellung der Innen- und Außenmutation	117
Abbildung 22:	Beispielkonfiguration gegenwärtiger PPS-Konzepte	132
Abbildung 23:	Konfigurationsvorschlag eines PPS-Konzepts	134
Abbildung 24:	Organisatorische Einbindung des Produktionsleitstands	137
Abbildung 25:	Architektur des Produktionsleitstands	140
Abbildung 26:	Planungsablauf des Produktionsleitstandsystems	142

Abbildung 27: Bildschirmabzug der ersten Dialogbox des Erfassungssystems für die Modelldaten des Produktionsleitstands	144
Abbildung 28: Bildschirmabzug der zweiten Dialogbox des Erfassungssystems für die Modelldaten des Produktionsleitstands	145
Abbildung 29: Bildschirmabzug des letzten Schritts des Erfassungssystems zur Eingabe der Rüstkoeffizienten	146
Abbildung 30: Bildschirmabzug der ersten Dialogbox des Erfassungssystems des Produktionsleitstands für die Parameter des Threshold Accepting	147
Abbildung 31: Bildschirmabzug der zweiten Dialogbox des Erfassungssystems des Produktionsleitstands für die Parameter des Threshold Accepting	148
Abbildung 32: Bildschirmabzug des graphischen Anzeige- und Modifikationsmoduls der Parametereinstellungen	149
Abbildung 33: Programmablaufplan des Lösungssystems	151
Abbildung 34: Pseudo-Code zur Initialisierung einer Belegungsmatrix	152
Abbildung 35: Konvergenzverhalten eines Probelaufs	160
Abbildung 36: Gleichgewichtsverhalten eines Probelaufs	161
Abbildung 37: Bildschirmabzug eines Graphikmoduls des Produktionsleitstands zur Darstellung von Gantt-Charts	164
Abbildung 38: Gantt-Diagramm der besten Lösung des Modells I (Bildschirmabzug)	172
Abbildung 39: Gantt-Diagramm der besten Lösung des Modells I (Bildschirmabzug)	173
Abbildung 40: Konvergenzverhalten bei den vorgeschlagenen Thresholdeinstellungen des Modells I	178
Abbildung 41: Konvergenzverhalten bei unterschiedlichen Threshold-einstellungen (Modell II)	183
Abbildung 42: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen zwischen der Variante 3 der ersten Testreihe und der Neun-Schwellen-Einstellung für das Modell I	187
Abbildung 43: Häufigkeitsverteilung des Modells II (Variation der Anzahl der Stufen)	189
Abbildung 44: Häufigkeitsverteilung Modell I (Variation der Anzahl der Mutationen)	191
Abbildung 45: Häufigkeitsverteilung Modell II (Variation der Anzahl der Mutationen)	193
Abbildung 46: Häufigkeitsverteilung Modell I nach Schrittweitenabstimmungen	196

Abbildung 47:	Konvergenzanzeige der besten Lösungen der beiden vorgenommenen Schrittweitenabstimmungen	197
Abbildung 48:	Konvergenzanzeige des Modells II nach Schrittweitenabstimmung	199
Abbildung 49:	Häufigkeitsverteilung des Modells I (Verwendung von Innenmutationen)	203
Abbildung 50:	Häufigkeitsverteilung des Modells II (Verwendung von Innenmutationen)	205
Abbildung 51:	Häufigkeitsverteilung des Modells II (Startsequenzen)	208
Abbildung 52:	Auszug aus dem Gantt-Diagramm von S. 173 ohne gezielte Mutationen	211
Abbildung 53:	Gegenüberstellung der Ergebnisse vor und nach einer gezielten Mutation	212
Abbildung 54:	Vergleich zwischen den Ergebnissen der Variante mit zufällig determinierten Periodenlängen und der entsprechenden LP-Lösung	215
Abbildung 55:	Übersicht der Verbesserungen durch den stufenweisen Ausbau der Parametereinstellungen (Modell I)	217
Abbildung 56:	Übersicht der Verbesserungen durch den stufenweisen Ausbau der Parametereinstellungen (Modell II)	218

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Typisierung von Industriebetrieben	12
Tabelle 2:	Zuordnung der einzelnen Prozesse der Produkte auf die entsprechenden Maschinen einer Fertigungsstätte	25
Tabelle 3:	Zuordnung der einzelnen Prozesse nach der Clusteranalyse	26
Tabelle 4:	Planungs- und Koordinierungssaufwand zur Einplanung eines Auftrags bei unterschiedlichen Fertigungsinselvarianten	29
Tabelle 5:	Vergleich zwischen Simulated Annealing und Threshold Accepting anhand der benötigten Parameter	63
Tabelle 6:	Modell 1: Empirischer Vergleich der beiden lokalen Suchalgorithmen Simulated Annealing und Threshold Accepting sowie der evolutorischen Verfahren (5,5)-Evolutionsstrategie und genetischer Algorithmus	72
Tabelle 7:	Modell 2: Empirischer Vergleich der beiden lokalen Suchalgorithmen Simulated Annealing und Threshold Accepting sowie des genetischen Algorithmus	73
Tabelle 8:	Mögliche Indexkombinationen des Anschauungsbeispiels	101
Tabelle 9:	Darstellung einer Beispielbelegung	102
Tabelle 10:	Darstellung der gemischt-ganzzahligen linearen Modellformulierung.	111
Tabelle 11:	Darstellung der reduzierten linearen Modellformulierung.	111
Tabelle 12:	Zustandsmatrizen und deren Indexkombinationen sowie die entsprechenden Zielfunktionswerte eines Anwendungsbeispiels	122
Tabelle 13:	Übergangswahrscheinlichkeiten mit maximal einer Wiederholung	123
Tabelle 14:	Übergangswahrscheinlichkeiten ohne Wiederholungen	124
Tabelle 15:	Wahrscheinlichkeitsverteilung und Wiederkehrwerte mit und ohne Wiederholung aktueller Attribute (die Werte in den Klammern zeigen zur Übersicht noch einmal die Zielfunktionswerte an)	124
Tabelle 16:	Wahrscheinlichkeitsverteilung und Wiederkehrwerte mit und ohne Wiederholung aktueller Attribute bei einem Threshold von zwei (die Werte in den Klammern zeigen zur Übersicht noch einmal die Zielfunktionswerte an)	125
Tabelle 17:	Datenaufbereitung zur Einschätzung der Güte einer Lösungssuche	159
Tabelle 18:	Anzahl der kontinuierlichen Variablen im Modell I	167

Tabelle 19:	Anzahl der Nebenbedingungen im Modell I	167
Tabelle 20:	Zulässige Belegungszustände beim Modell II (die Zahlen in der Tabelle geben den Produktindex wieder)	168
Tabelle 21:	Anzahl der kontinuierlichen Variablen im Modell II	169
Tabelle 22:	Anzahl der Nebenbedingungen im Modell II	170
Tabelle 23:	Darstellung einiger Modellmerkmale und die Zuordnung der Parameter, deren Manipulation zweckmäßig sein könnte.	171
Tabelle 24:	Festlegung der übrigen Verfahrensparameter	175
Tabelle 25:	Thresoldeinstellungen des Modells I	176
Tabelle 26:	Ergebnisse des Modells I (Thresholdvariationen)	179
Tabelle 27:	Häufigkeitsverteilung des Modells I (Thresholdvariationen)	181
Tabelle 28:	Thresoldeinstellungen des Modells II	182
Tabelle 29:	Ergebnisse des Modells II (Thresholdvariationen)	184
Tabelle 30:	Häufigkeitsverteilung des Modells II (Thresholdvariationen)	184
Tabelle 31:	Thresoldeinstellungen und Anzahl der Mutationsversuche des Modells I	186
Tabelle 32:	Ergebnisse des Modells I (Variation der Anzahl der Stufen)	186
Tabelle 33:	Thresoldeinstellungen und Anzahl der Mutationsversuche des Modells II	188
Tabelle 34:	Ergebnisse des Modells II (Variation der Anzahl der Stufen)	189
Tabelle 35:	Ergebnisse des Modells I (Variation der Anzahl der Mutationen)	191
Tabelle 36:	Ergebnisse des Modells II (Variation der Anzahl der Mutationen)	192
Tabelle 37:	Ergebnisse des Modells I nach Schrittweisenabstimmungen	195
Tabelle 38:	Ergebnisse des Modells II nach Schrittweisenabstimmung	199
Tabelle 39:	Ergebnisse des Modells I (Verwendung von Innenmutationen)	203
Tabelle 40:	Ergebnisse des Modells II (Verwendung von Innenmutationen)	204
Tabelle 41:	Ergebnisse des Modells II (Startsequenzen)	207
Tabelle 42:	Ergebnisse des Modells II (gezielte Mutationen)	211
Tabelle 43:	Ergebnisse der Verfahrensvariante (mit den entsprechenden LP-Lösungen)	215