

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XV
Tabellenverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis	XIX
1 Einführung – Produktion im 21. Jahrhundert	1
2 Produktionssysteme und Konzepte zur Produktionsplanung und -steuerung	7
2.1 Typologie industrieller Produktionssysteme	7
2.1.1 Produkt-Markt-Beziehung (Auftragstyp)	7
2.1.2 Wiederholungsgrad der Produktion (Prozesstyp)	8
2.1.3 Organisation von Fertigungssystemen (Organisationstyp)	9
2.1.3.1 Werkstattfertigung (Job shop)	10
2.1.3.2 Fließfertigung (Flow shop)	10
2.1.3.3 Baustellenfertigung	11
2.1.3.4 Gruppenfertigung	11
2.1.3.5 Zentrenfertigung	12
2.1.3.6 Segmentierung der Fertigung	12
2.1.4 Weitere Typisierungsmerkmale	12
2.1.5 Heterogene Fertigungssysteme	13
2.2 Konzepte zur operativen Produktionsplanung und -steuerung	13
2.2.1 Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung -- ein Überblick	13
2.2.2 Gestaltungsalternativen der operativen Produktionsplanung und -steuerung	17
3 Operative Produktionsplanung	21
3.1 Operative Produktionsprogrammplanung	21
3.1.1 Aufgaben und Ziele der operativen Produktionsprogramm- planung	21
3.1.2 Operative Produktionsprogrammplanung für unterschiedliche Auftragstypen	21
3.1.3 Modelle zur operativen Produktionsprogrammplanung	22

3.1.3.1	Entscheidungsrahmen	22
3.1.3.2	Grundmodell der Produktionsprogrammplanung	23
3.1.3.2.1	Zielfunktion der Produktionsprogramm- planung	23
3.1.3.2.2	Beschränkung der (Maschinen-)Kapazitäten .	25
3.1.3.2.3	Weitere Engpassbetrachtungen	27
3.1.3.2.4	Zusammenhang von Kapazitätsbelastung und Durchlaufzeit	28
3.1.3.2.5	Einführung von Absatzschranken	29
3.1.3.3	Ergebnisse und Probleme der Programmplanung	29
3.2	Materialbedarfsplanung (Mengenplanung)	30
3.2.1	Aufgaben, Ziele und Ablauf der Materialbedarfsplanung	30
3.2.2	Klassifizierung der Einsatzgüter	32
3.2.2.1	ABC-Analyse	33
3.2.2.2	RSU-(XYZ-)Analyse	35
3.2.2.3	Kombination von ABC- und RSU-Analyse	35
3.2.3	Ermittlung des Materialbedarfs	36
3.2.3.1	Programmbezogene (deterministische) Bedarfs- ermittlung	36
3.2.3.1.1	Erzeugnisstruktur	36
3.2.3.1.2	Bedarfsermittlung mittels Matrizenrechnung	40
3.2.3.1.3	Vorlaufverschiebung	41
3.2.3.1.4	Weiterführende MRP-Berechnungen	43
3.2.3.2	Verbrauchsorientierte (stochastische) Bedarfs- ermittlung	44
3.2.4	Bestell- und Lagerhaltungspolitiken	44
3.2.5	Verfahren zur Ermittlung wirtschaftlicher Bestellmengen und Losgrößen	46
3.2.5.1	Aufgaben der Bestellmengen- und Losgrößen- berechnung	46
3.2.5.2	Entscheidungsrelevante Kosten für die Losgrößen- berechnung und -optimierung	47
3.2.5.3	Grundlegende Ansätze zur Losgrößenberechnung und -optimierung	48
3.2.5.4	Statische Verfahren der Losgrößenberechnung	50
3.2.5.4.1	Das Grundmodell nach Harris/Andler	50
3.2.5.4.2	Erweiterung des Grundmodells für endliche Produktionsgeschwindigkeit	51

3.2.5.5	Dynamische Verfahren der Losgrößenberechnung	53
3.2.5.5.1	Exaktes Verfahren nach Wagner/Whitin	54
3.2.5.5.2	Heuristische Verfahren der dynamischen Losgrößenberechnung	57
3.2.5.6	Kritische Betrachtung der Modelle zur Losgrößen- berechnung und weiterführende Problemstellungen	63
3.2.5.6.1	Kritik der statischen und dynamischen Modellansätze zur Losgrößenberechnung	64
3.2.5.6.2	Ansätze für eine Losgrößenberechnung bei mehrstufiger Mehrproduktproduktion	65
3.2.5.6.3	Bedeutung des Losgrößenproblems unter den Bedingungen einer modernen Produktion	66
3.3	Termin- und Kapazitätsplanung	67
3.3.1	Aufgaben und Ziele der Termin- und Kapazitätsplanung	67
3.3.2	Durchlaufterminierung	67
3.3.2.1	Komponenten der (Fertigungsauftrags-)Durchlaufzeit	68
3.3.2.2	Verfahren der Durchlaufterminierung	69
3.3.2.3	Maßnahmen zur Reduzierung der Durchlaufzeit	70
3.3.3	Kapazitätsterminierung und -abgleich	72
3.3.4	Konzeptionelle Ansätze zur Verbesserung der Termin- und Kapazitätsplanung	73
4	Produktionsdurchführungsplanung und Materialflusssteuerung	77
4.1	Aufgaben und Ziele der Produktionsdurchführungsplanung und der Materialflusssteuerung	77
4.2	Grundlegende Verfahren der Produktionsdurchführungsplanung und der Materialflusssteuerung	78
4.2.1	Make to order-Systeme	78
4.2.2	Make to stock-Systeme	81
4.2.2.1	Grundmodell ohne Freigabebeschränkungen	81
4.2.2.2	Make to stock-System mit einer Fertigungszelle	82
4.2.2.3	Make to stock-System mit mehreren Fertigungszellen	83
4.2.2.4	Bestellmengenbeschränkungen	84
4.2.2.4.1	Bezug zu traditionellen Lagerhaltungs- politiken	84
4.2.2.4.2	Verzögerung der Informationsübermittlung durch Losbildung	86

4.2.2.4.3	Vergleich zwischen periodischer und fallweiser Bestandsüberwachung	86
4.3	Bestandsorientierte Verfahren	90
4.3.1	Base stock-Systeme	90
4.3.2	Kanban	93
4.3.2.1	Grundidee des Toyota-Produktions-Systems	93
4.3.2.2	Funktionsweise von Kanban-Systemen	97
4.3.2.2.1	Kanban-System mit einer Fertigungszelle	97
4.3.2.2.2	Kanban-System mit zwei Fertigungszellen ...	99
4.4	Prognoseorientierte Verfahren	101
4.4.1	Material Requirements Planning – MRP	101
4.4.1.1	MRP-System mit periodischer Bestandsüberwachung	102
4.4.1.2	MRP-System mit kontinuierlicher Bestands- überwachung	106
4.4.1.3	Erweiterte MRP-Berechnungen	107
4.4.1.3.1	Berechnungen von Lieferrückständen	107
4.4.1.3.2	Verteilungsfunktion der Lieferrückstände ...	108
4.4.1.3.3	Zeitreserve oder Mengenreserve	109
4.4.1.3.4	„Nervosität“ MRP-gesteuerter Fertigungs- systeme	111
4.4.2	Fortschrittszahlenkonzept – FZK	113
4.5	Belastungsorientierte Verfahren	115
4.5.1	Local Control	115
4.5.2	Integral Control	116
4.5.3	Constant Work-in-Process – CONWIP	117
4.5.4	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe – BOA	118
4.5.5	Optimized Production Technology – OPT	122

Production Authorization Card (PAC) System – ein allgemeiner Modellierungsansatz für die Materialflusssteuerung in heterogenen Fertigungssystemen 125

5.1	Einführende Überlegungen zur Entwicklung des PAC-Konzeptes	125
5.2	PAC-System mit einer Fertigungszelle	128
5.2.1	Grundlagen	128
5.2.1.1	Materialfluss	129
5.2.1.2	Informationsfluss	129

5.2.1.3	Kopplung von Material- und Informationsfluss	130
5.2.2	Materialflusssteuerung mittels Tags	130
5.2.3	Analyse eines PAC-Systems mit einer Fertigungszelle	132
5.2.3.1	Mathematische Beschreibung eines Einprodukt- systems mit einer Fertigungszelle	133
5.2.3.2	Verhalten des Systems	135
5.2.3.2.1	$\tau^{(1)} = \tau^{(2)} = 0$ und $k^{(1)} \rightarrow \infty$	135
5.2.3.2.2	$\tau^{(1)} = \tau^{(2)} = 0$ und $k^{(1)}$ endlich	135
5.2.3.2.3	$\tau^{(2)} > \tau^{(1)} \geq 0$ und $k^{(1)} \rightarrow \infty$	136
5.2.3.3	Entgangene Aufträge	137
5.2.3.3.1	Servicegrad bei entgangenen Aufträgen	137
5.2.3.3.2	Weitere Anwendungen von Cancellation Tags	138
5.3	PAC-gesteuertes Fertigungssystem mit mehreren Zellen	138
5.3.1	Mathematische Beschreibung eines Fertigungssystems mit mehreren Zellen	139
5.3.1.1	Zählprozess-basierter Ansatz und Warteschlangen	139
5.3.1.2	Begrenzungen des Bestandes in den Zellen	140
5.3.1.3	Staffelbestand (Echelon stock)	143
5.3.2	Parameter-Einstellung für die Äquivalenz zu	143
5.3.2.1	Make to Order	143
5.3.2.2	Base Stock	144
5.3.2.3	Kanban	144
5.3.2.4	MRP	144
5.3.2.5	Integral Control	145
5.3.2.6	CONWIP	146
5.3.2.7	Local Control	147
5.3.3	Qualitative Beschreibung der Wirkung von Parameter- einstellungen	148
5.3.4	Losbildung in Einproduktsystemen	148
5.4	Alternativen und Erweiterungen	150
5.4.1	Extended Kanban Control System (EKCS)	150
5.4.2	Verknüpfung mit der Finanzwirtschaft	151
5.5	PAC-gesteuertes Fertigungssystem für mehrere Produkte	151
5.6	PAC-gesteuerte Montagezellen	154

6 Simulation von PAC-Modellen	159
6.1 Grundlagen der Modellierung	159
6.1.1 Physikalische Modelle von Produktionssystemen mit Software zur Auftragssteuerung	159
6.1.2 Computersimulation	160
6.1.3 Formale mathematische Modelle	160
6.1.4 Simulation vs. formale mathematische Modelle	161
6.2 Grundlagen der Simulation eines PAC-Systems	162
6.2.1 Systemelemente zur Simulation eines PAC-gesteuerten Produktionssystems	163
6.2.2 Kenngrößen zur Leistungsbewertung einer PAC- Materialflusssteuerung	166
6.2.3 Anforderungen an ein Tool zur Simulation einer PAC- Materialflusssteuerung	171
6.2.3.1 Eigenschaften der Elemente eines PAC-gesteuerten Produktionssystems	171
6.2.3.2 Anforderungen an das Simulationstool	173
6.2.3.2.1 Objektorientierung	173
6.2.3.2.2 Programmierbares universales Baustein- system	174
6.2.3.2.3 Hierarchischer Modellaufbau	175
6.2.3.2.4 Dynamische Veränderbarkeit der Parameter	175
Anhang 1: Mathematische Beschreibung von Warteschlangensystemen .	177
Anhang 2: Prioritätsregeln zur Bestimmung der Auftragsreihenfolge	185
Anhang 3: Modellierung eines PAC-gesteuerten Produktionssystems mit dem Simulationstool MLDesigner®	189
Anhang 4: Simulation unterschiedlicher PAC-Systemkonfigurationen	197
Literaturverzeichnis	223
Index	229

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1:	Kundenauftrags- und Produktionsprogrammplanung	23
Abb. 3-2:	Grafische Lösung des Optimierungsproblems der Produktionsprogrammplanung	27
Abb. 3-3:	Ablauf der Bedarfsermittlung	32
Abb. 3-4:	Lorenzdiagramm (Konzentrationskurve)	34
Abb. 3-5:	Erzeugnisbaum (Fertigungsstufen)	37
Abb. 3-6:	Erzeugnisbaum (Dispositionsstufen)	37
Abb. 3-7:	Gozintograph (Dispositionsstufen)	37
Abb. 3-8:	Erzeugnisdarstellung in Listenform – Stücklisten und Verwendungsnachweise	38
Abb. 3-9:	Gozintograph für die Erzeugnisse P1 und P2	41
Abb. 3-10:	Prinzip der Bestimmung optimaler Losgrößen	48
Abb. 3-11:	Ableitung des Korrekturfaktors anhand der zeitabhängigen Bestandsentwicklung bei endlicher Produktionsgeschwindigkeit....	52
Abb. 3-12:	Entwicklung des effektiven Lagerbestandes bei endlicher Produktionsgeschwindigkeit	52
Abb. 3-13:	Zusammensetzung der Auftragsdurchlaufzeit für eine Bearbeitungsstation	69
Abb. 3-14:	Überlappung, Splitting und Losteilung	71
Abb. 3-15:	Belastungsdiagramm einer Kapazitätseinheit	72
Abb. 4-1:	Make to order-System mit einer Fertigungszelle	79
Abb. 4-2:	Kumulierter Zu- und Abgang von Aufträgen in einem Make to order-System	80
Abb. 4-3:	Make to order-System mit drei Fertigungszellen	80
Abb. 4-4:	Make to stock-System mit einer Fertigungszelle	81
Abb. 4-5:	Make to stock-System mit mehreren Fertigungszellen	84
Abb. 4-6:	Die Idee des Staffelpostandes (Echelon stock)	91
Abb. 4-7:	System mit zwei Fertigungszellen in Reihe	92
Abb. 4-8:	Prinzipdarstellung eines Kanban-Regelkreises	93
Abb. 4-9:	Funktion eines Kanban-Regelkreises	95
Abb. 4-10:	Kanban-System mit einer Fertigungszelle	98
Abb. 4-11:	Alternativer Informationsfluss im Kanban-System mit einer Zelle ..	98
Abb. 4-12:	Kanban-System mit zwei Fertigungszellen	99
Abb. 4-13:	Alternativer Informationsfluss im Kanban-System mit zwei Zellen	100
Abb. 4-14:	MRP-gesteuertes System mit einer Fertigungszelle	102
Abb. 4-15:	MRP-gesteuertes System mit zwei Fertigungszellen	102
Abb. 4-16:	Fortschrittszahlendiagramm für einen Kontrollpunkt	114
Abb. 4-17:	Prinzipdarstellung von CONWIP	117

Abb. 4-18:	Prinzipieller Zusammenhang zwischen Durchlaufzeit, Leistung und Bestand in der Fertigung	119
Abb. 4-19:	Durchlaufmodell der Belastungsorientierten Auftragsfreigabe für ein Arbeitssystem.....	121
Abb. 6-1:	Bestimmung des mittleren Bestandes.....	167
Abb. 6-2:	Beispiel zur Berechnung des Staffelbestandes	168
Abb. 6-3:	Informations- und Materialflüsse sowie Bestände des Beispiels zur Berechnung des Staffelbestandes gemäß Abb. 6-2	168
Abb. A 4-1:	Produkt- und Prozessstruktur des als Beispiel 1 modellierten Produktionssystems	198
Abb. A 4-2:	Informations- und Materialflüsse sowie Bestände des modellierten Produktionssystems (Beispiel 1).....	199
Abb. A 4-3:	Wartezeiten des Produktes P0 bei Kanban	206
Abb. A 4-4:	Staffelbestand des Produktes P0 bei Kanban	207
Abb. A 4-5:	Wartezeiten des Produktes P0 bei MRP	208
Abb. A 4-6:	Staffelbestand des Produktes P0 bei MRP	208
Abb. A 4-7:	Produkt- und Prozessstruktur des modellierten Produktions- systems (Beispiel 2).....	209
Abb. A 4-8:	Informations- und Materialflüsse sowie Bestände des modellierten Produktionssystems (Beispiel 2)	209
Abb. A 4-9:	Produkt- und Prozessstruktur des komplexen Produktionssystems	212
Abb. A 4-10:	Informations- und Materialflüsse sowie Bestände in Szenario 4 ...	213
Abb. A 4-11:	Ergebnisse für das Szenario 1.1.....	221

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Aufgaben und Entscheidungsfelder des Produktionsmanagements .	15
Tab. 3-1:	Daten für die Produktionsprogrammoptimierung.....	26
Tab. 3-2:	Grundtableau für die ABC-Analyse	34
Tab. 3-3:	Anordnung der Materialien nach den Rangziffern ihres Wertanteils.....	35
Tab. 3-4:	Kombination der Ergebnisse von ABC- und RSU-Analyse.....	36
Tab. 3-5:	Strukturstückliste für Erzeugnis P1 (Prinzipdarstellung)	39
Tab. 3-6:	Mengenübersichtsstückliste für Erzeugnis P1 (Prinzipdarstellung). 39	
Tab. 3-7:	Strukturverwendungsnachweis für Einzelteil ET3 (Prinzipdarstellung)	39
Tab. 3-8:	Mengenübersichtsverwendungsnachweis für Einzelteil ET3 (Prinzipdarstellung)	39
Tab. 3-9:	Direktbedarfsmatrix für die Erzeugnisse P1 und P2 in der Struktur des Gozintographen gemäß Abb. 3-9	41
Tab. 3-10:	Gesamtbedarf aller Komponenten der Erzeugnisse P1 und P2 für den Primär- und Zusatzbedarf nach Abb. 3-9	42
Tab. 3-11:	Ermittlung der Vorlaufverschiebung für die Komponenten von Erzeugnis P1	43
Tab. 3-12:	Bestell- und Lagerhaltungspolitiken.....	45
Tab. A 2-1:	Elementare Prioritätsregeln zur Bestimmung der Auftragsreihenfolge	186
Tab. A 2-2:	Zieleffizienzen von Prioritätsregeln	187
Tab. A 4-1:	Vorgehensweise bei der Einstellung eines einstufigen Kanban-Systems mit n Produkten	201
Tab. A 4-2:	Vorgehensweise bei der Einstellung eines mehrstufigen MRP-Systems mit n Endprodukten.....	202
Tab. A 4-3:	Vergleich Kanban-MRP mit $S_0^{(1)} = S_1^{(1)} = 0,45$	203
Tab. A 4-4:	Vergleich Kanban-MRP mit $S_0^{(1)} = 0,12$ und $S_1^{(1)} = 0,78$	204
Tab. A 4-5:	Vergleich der Bestände in Zelle 1 bei $S_0^{(1)} = S_1^{(1)} = 0,45$	204
Tab. A 4-6:	Vergleich der Bestände in Zelle 2 bei $S_0^{(1)} = S_1^{(1)} = 0,45$	205
Tab. A 4-7:	Wartezeiten und Staffelpbestände des Produktes P0 bei Kanban	206
Tab. A 4-8:	Wartezeiten und Staffelpbestände des Produktes P0 bei MRP	207
Tab. A 4-9:	Lieferzeiten und Staffelpbestände bei Kanban	211
Tab. A 4-10:	Lieferzeiten und Staffelpbestände bei MRP	211
Tab. A 4-11:	PAC-Parameter der simulierten Steuerungspolitiken (Teil 1).....	215
Tab. A 4-12:	PAC-Parameter der simulierten Steuerungspolitiken (Teil 2).....	215
Tab. A 4-13:	Kenngrößen bei $S_0^{(1)} = 0,12$ und $S_1^{(1)} = 0,78$	215
Tab. A 4-14:	Kenngrößen bei $S_0^{(1)} = S_1^{(1)} = 0,45$	217
Tab. A 4-15:	Kenngrößen von Zelle 1 und Endproduktlager	218
Tab. A 4-16:	Ergebnisse für die Simulation der letzten Produktionsstufe.....	220