

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
Teil I Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	
2 Das MRP II-Konzept	4
2.1 Abgrenzung des Planungsbegriffs	4
2.2 Lösungsansätze für die Produktionsplanung	5
2.3 Der Planungsprozeß nach dem MRP II-Konzept	6
2.3.1 Ablauf der Planung	6
2.3.2 Begriffliche Abgrenzung	7
2.3.3 Vereinfachende Annahmen im MRP II-Konzept	7
2.4 Kritik am MRP II-Konzept	7
2.4.1 Konzeptionelle Kritik	7
2.4.2 Kritik an der praktischen Umsetzung	8
2.4.3 Die Eignung des MRP II-Konzepts für unterschiedliche Fertigungsstrukturen	8
3 Integration der Planungsstufen	10
3.1 Interdependenzen zwischen den Planungsaufgaben	10
3.2 Hierarchische Planungssysteme	10
3.2.1 Eigenschaften eines hierarchischen Planungssystems	10
3.2.2 Verringerung der Problemkomplexität	11
3.2.3 Das Modell von <i>Hax/Meal</i>	12
3.2.4 Koordinierung der Entscheidungsebenen	13
3.3 Simultane Planung mit Totalmodellen	14
3.3.1 Grundlegende Begriffe und Beispiele für Totalmodelle	14
3.3.2 Schwächen der Simultanplanung	14
4 Organisationsformen der Produktionsplanung und -steuerung	16
4.1 Begriffsabgrenzung	16
4.2 Zentrale PPS	16
4.2.1 Eigenschaften einer zentralen PPS	16
4.2.2 Probleme einer zentralen PPS	16
4.3 Dezentrale PPS	17
4.3.1 Meisterwirtschaft	17
4.3.2 Rahmenplanung mit dezentraler Kompetenznutzung	17
4.3.2.1 Dezentalisierungsgrade	17
4.3.2.2 Dezentalisierungstendenzen im Umfeld der Fertigung	19
4.3.2.3 Dezentralisierung nach Aspekten der Daten- und Funktionsverteilung	20
4.3.2.4 Vor- und Nachteile dezentraler PPS	22
4.3.2.5 Aufgabenverteilung in einer dezentralen PPS	22
4.3.2.6 Koordinierung von dezentralen Systemen	23
4.3.2.6.1 Das Koordinierungsproblem und mögliche Lösungsansätze	23
4.3.2.6.2 Koordinierung im Rahmen dezentraler PPS	24
4.3.2.6.3 Die Meistersteuerung als Beispiel für ein Koordinierungskonzept bei dezentraler PPS	24
4.3.2.6.4 Koordinierung mit Terminverfolgern	25
4.3.2.6.5 Koordinierung mit elektronischen Leitständen	25

5	Kybernetische Aspekte der Fertigungssteuerung	29
5.1	Produktions-Controlling	29
5.2	Kybernetische Systeme	29
5.2.1	Der Systembegriff in der Kybernetik	29
5.2.2	Steuerung	30
5.2.3	Regelung	30
5.3	Regelung der Produktion	31
5.3.1	Regelkreise in der Produktion	31
5.3.2	Zeitdiskrete Informationsverarbeitung	32
5.3.3	Stabilität der Regelung	32
5.3.4	Die Produktion als Hierarchie von Regelkreisen	33
5.3.5	Ansätze zur Verringerung der Regelungskomplexität	34
5.3.5.1	Getrennte Realisierung von Folge- und Festwertregelung	34
5.3.5.2	Adaptive Regelung	35
5.3.5.3	Fuzzy Control	35
6	Die Bedeutung der Auftragsfreigabe für die Produktionssteuerung	37
6.1	Einordnung der Freigabe in die PPS	37
6.2	Durchführung der Auftragsfreigabe	37
6.3	Der Einfluß der Freigabe auf die Autonomie der Fertigungsinstanz	37
6.4	Der Einfluß der Freigabe auf die Durchlaufzeit	37
6.5	Erweiterung der Informationsbasis für die Auftragsfreigabe	38
6.6	Die Freigabe in Fertigungssystemen mit dezentralen Kompetenzen	39
7	Methoden der Fertigungssteuerung	40
7.1	Grundlagen der Bestandsregelung	40
7.1.1	Ziele und Randbedingungen der Bestandsregelung	40
7.1.2	Der Zusammenhang zwischen Bestand, Leistung und Durchlaufzeit	40
7.1.3	Regelungstheoretische Betrachtung der Bestandsregelung	42
7.1.3.1	Zeitkontinuierliche Bestandsregelung	42
7.1.3.1.1	Grundmodell und Übertragungsfunktion der Regelstrecke	43
7.1.3.1.2	Proportional-Regler	44
7.1.3.1.3	Proportional-integrierender Regler	44
7.1.3.2	Zeitdiskrete Bestandsregelung	45
7.1.3.2.1	Übertragungsfunktion der Regelstrecke	45
7.1.3.2.2	Störungsübertragungsverhalten mit einem P-Regler	46
7.1.3.2.3	Stabilität der Regelung	46
7.1.3.2.4	Differenzgleichung der Störungsübertragungsfunktion	46
7.1.3.3	Zeitdiskrete Bestandsregelung mit diskontinuierlichem Materialfluß	47
7.2	Verfahren der Bestandsregelung	48
7.2.1	Die Input/Output-Control	48
7.2.1.1	Input/Output-Control nach <i>Wight/Belt</i>	48
7.2.1.2	Kostenorientierte Input/Output-Control	49
7.2.1.3	Geregelte Input/Output-Control	50
7.2.2	Das KANBAN-Verfahren	50
7.2.2.1	Eigenschaften des KANBAN-Verfahrens	50
7.2.2.2	Ablaufregeln des KANBAN-Verfahrens	50
7.2.2.3	Das KANBAN-Regelkreissystem	51
7.2.2.4	Störungsverhalten eines KANBAN-gesteuerten Fertigungssystems	52
7.2.2.5	Handlungsspielraum der dezentralen Fertigungsstellen	52

7.2.3	Optimized Production Technology (OPT)	53
7.2.3.1	Ablauf des OPT-Verfahrens	53
7.2.3.2	Bestandsregelung für die Engpässe im Materialfluß	53
7.2.3.3	Koordinierung der Fertigungsstellen mit dem OPT-Ansatz	54
7.2.4	Belastungsorientierte Fertigungssteuerung	54
7.2.4.1	Trichtermodell und Durchlaufdiagramm	54
7.2.4.2	Die Betriebskennlinie	56
7.2.4.3	Bestandsregelung durch die belastungsorientierte Auftragsfreigabe	57
7.2.4.4	Das Verfahren der belastungsorientierten Auftragsfreigabe (BOA)	57
7.2.4.5	Steuerungsparameter der BOA	58
7.2.4.6	Regelungstheoretische Aspekte der BOA	59
7.2.4.7	Koordinierung von Fertigungsstellen durch die BOA	60
7.2.4.8	Handlungsspielraum für die dezentralen Instanzen	60
7.2.5	Bestandsgeregelte Durchflußsteuerung (BGD)	60
7.2.5.1	Charakteristika der BGD	60
7.2.5.2	Verfahrensschritte und Freigabekriterien	60
7.2.5.3	Regelung der Bestände durch die BGD	61
7.2.5.3.1	Störungsverhalten	61
7.2.5.3.2	Totzeiteigenschaft	61
7.2.5.4	Weiterentwicklung der BGD	62
7.3	Kritische Bemerkungen zum Konzept der Bestandsregelung	62
7.4	Das Fortschrittszahlen-Konzept	63
7.4.1	Kontrollblöcke und der Materialflußgraph	64
7.4.2	Arten von Fortschrittszahlen	64
7.4.3	Ermittlung der Soll-Fortschrittszahlen	65
7.4.3.1	Wichtige Kenngrößen	65
7.4.3.2	Soll-Fortschrittszahlen der Fertigprodukte	65
7.4.3.3	Soll-Fortschrittszahlen der Teilprodukte	65
7.4.4	Das Fortschrittszahlenkonzept bei dezentralen Fertigungsinstanzen	65
7.5	Die retrograde Terminierung	66
7.5.1	Charakteristika und Zielsetzung der retrograden Terminierung	66
7.5.2	Ablauf der retrograden Terminierung	66
7.5.2.1	Identische Maschinenfolgen	66
7.5.2.2	Unterschiedliche Maschinenfolgen	67
7.5.3	Erweiterung der retrograden Terminierung durch Steuerungsparameter	68
7.5.4	Koordinierung von dezentralen Instanzen mit der retrograden Terminierung	69
7.5.5	Reaktion auf Störungen	69
7.5.6	Handlungsspielraum für dezentrale Instanzen	69
7.5.7	Kritische Anmerkungen	69
8	Die Behandlung von Planabweichungen in PPS-Systemen	70
8.1	Störungen in der Produktion	70
8.1.1	Definition und Eigenschaften von Störungen	70
8.1.2	Störungsursachen	70
8.1.2.1	Personalbedingte Störungen	70
8.1.2.2	Betriebsmittelbedingte Störungen	70
8.1.2.3	Materialbedingte Störungen	71
8.1.2.4	Dispositive Störungen	71
8.1.3	Neutrale Störungen	71

8.2	Störungskompensation	71
8.2.1	Vorbeugende Maßnahmen	71
8.2.2	Lokale und globale Störungskompensation	72
8.2.3	Teilaufgaben im Rahmen der Störungskompensation	72
8.2.3.1	Überwachung und Diagnose der Fertigung	72
8.2.3.2	Verschiedene Vorgehensweisen zur UmDisposition im Störfall	73
8.2.3.2.1	Vollständige Neuplanung	73
8.2.3.2.2	Net change-Verfahren	73
8.2.3.2.3	Turnpike scheduling	73
8.2.3.2.4	Opportunistische Terminierung	73
8.2.3.2.5	Stochastische UmDisposition	74
8.3	Verfahren zur Lösung des UmDispositionproblems	74
8.3.1	SIMULEX	74
8.3.2	UPPEX	74
8.3.3	DUMDEX	75
8.3.3.1	Verteiltes Problemlösen	75
8.3.3.2	Kommunikation zwischen wissensbasierten Systemen	76
8.3.3.2.1	Blackboard-Architektur	76
8.3.3.2.2	Kontrakt-Netzwerke	76
8.3.3.3	Das DUMDEX-Phasenschema	77
8.3.4	Fertigungsregelung nach <i>Arping</i>	79
8.3.5	Dynamische Fertigungsplanung und -steuerung nach <i>Schuff</i>	80
8.3.6	UmDisposition nach <i>Bruns/Appelrath</i>	81
8.3.7	Zusammenfassung	82
9	Simulation als Hilfsmittel für die PPS	83
9.1	Grundlagen der Simulation	83
9.1.1	Definitionen	83
9.1.2	Der Systembegriff der Simulation	83
9.1.3	Klassifizierung von Simulationsmodellen	84
9.1.4	Der Simulationsprozeß	85
9.1.5	Die Ablaufsteuerung	86
9.2	Einsatzmöglichkeiten für die Simulation	86
9.2.1	Eigenschaften simulationsgestützter Problemlösungen	86
9.2.2	Simulation in der Fertigung	87
9.3	Eine Simulationsumgebung für die Fertigungssteuerung	88
Teil II Kapazitätsorientierte und bestandsregelte Auftragsfreigabe (KOBRA)		
10	Umfeld und Randbedingungen	91
10.1	Zielsetzung des Projekts KOBRA	91
10.2	Eigenschaften des Fertigungssystems	92
10.2.1	Produktbezogene Merkmale	92
10.2.2	Produktionsprozeßbezogene Merkmale	92
10.3	Eigenschaften der Aufträge	92
10.4	Eigenschaften des Freigabeverfahrens	93
10.4.1	Anforderungen an die Eingangsdaten	93
10.4.2	Organisatorische Voraussetzungen	94
10.5	Grundlegende Definitionen zur Beschreibung der Aufträge und des Fertigungssystems	95

11 Der Auftragslebenszyklus	97
11.1 Zustände im Auftragslebenszyklus	97
11.1.1 Auftragsbezogene Zustände	99
11.1.2 Abschnittsbezogene Zustände	100
11.2 Zustandsübergänge	100
11.3 Kenngrößen	102
11.3.1 Arbeitsinhalt	102
11.3.2 Bestandsgrößen	103
11.3.2.1 Totalbestand	103
11.3.2.2 Transportbestand	104
12 Ablauf des Freigabeverfahrens	105
12.1 Voraussetzungen für die Anwendung der KOBRA	105
12.1.1 Der Materialflußgraph	105
12.1.2 Die Freigabeschränken	106
12.2 Die Freigabebedingungen	107
12.3 Die modifizierte Schlupfzeitregel	107
12.4 Durchführung der KOBRA	108
12.4.1 Bestimmung des Anfangszustands	108
12.4.1.1 Der Arbeitsinhalt	108
12.4.1.2 Der Totalbestand	108
12.4.1.3 Der Transportbestand	108
12.4.2 Die Freigabeprüfung	109
12.4.2.1 Erhöhung der direkten Freigabeschränke	109
12.4.2.2 Erhöhung der indirekten Freigabeschränke	109
12.4.2.3 Ereignis "Abschluß"	110
12.4.2.4 Ereignis "Stopp"	110
12.5 Kommunikation zwischen der Koordinierungsinstanz und den dezentralen Stellen	110
12.5.1 Fertigmeldung	110
12.5.2 Unplanmäßige Beendigung eines Auftrags	112
12.5.3 Ankunft eines Auftrags	112
12.5.4 Starttermin erreicht und alle organisatorischen Vorbedingungen erfüllt	113
12.5.5 Auslieferung an den Kunden	114
12.6 Besondere Eigenschaften der KOBRA	114
13 Die Wirkungsweise der Freigabeschränken	115
13.1 Die direkte Freigabeschränke	115
13.1.1 Bedeutung der direkten Freigabeschränke	115
13.1.2 Regelungstechnische Interpretation der direkten Freigabeschränke	115
13.1.2.1 Signalfußplan der Regelstrecke	115
13.1.2.2 Signalfußplan des Regelkreises	116
13.1.2.3 Regelung mit zeitdiskreter Abtastung und kontinuierlichem Materialfluß	117
13.1.2.4 Regelung mit zeitdiskreter Abtastung und diskontinuierlichem Materialfluß	118
13.2 Die indirekte Freigabeschränke	118
13.2.1 Die indirekte Freigabeschränke und der Materialflußgraph	118
13.2.2 Die Funktionsweise der indirekten Freigabeschränke	120
13.2.3 Abschätzung der Auftragsdurchlaufzeit mit der indirekten Freigabeschränke	120
13.3 Das Zusammenwirken von direkter und indirekter Freigabeschränke	122

14 Engpaßdynamik und Erweiterungen des Grundmodells	123
14.1 Engpässe in vernetzten Fertigungsstrukturen	123
14.1.1 Beispiel für eine Engpaßsituation	123
14.1.2 Die Engpaßsituation im gesamten Materialflußgraphen	123
14.1.3 Auftragsfreigabe in einem komplexen Materialflußgraphen	124
14.2 Der einfache Materialflußgraph	126
14.2.1 Der maximale Nachfluß und die Freigabeschranken	126
14.2.2 Notwendige Bedingungen für die Anwendung der KOBRA	127
14.2.3 Maximalwerte für die direkten Freigabeschranken	127
14.2.4 Die Festlegung der direkten Freigabeschranken als Vektormaximumproblem	128
14.3 Der komplexe Materialflußgraph	129
14.3.1 Maximale Bestandshöhe in einem Fertigungsbereich	129
14.3.2 Notwendige Bedingungen für die Anwendung der KOBRA	135
14.3.3 Ermittlung der direkten und indirekten Freigabeschranken	135
14.4 Kreise im Materialflußgraphen	135
15 Untersuchung des Steuerungsverhaltens der KOBRA mit Hilfe der Simulation	137
15.1 Simulation von Fertigungssteuerungsverfahren	137
15.2 Simulation der KOBRA	137
15.2.1 Zielsetzungen der Simulationsexperimente	137
15.2.2 Abgrenzung des Simulationsgegenstands	138
15.2.3 Ablauf der Simulationsrechnungen	138
15.2.4 Generierung der Fertigungsaufträge	140
15.2.5 Planung der Simulationsexperimente	140
15.2.6 Datenbasis für die Simulation	141
15.2.7 Ergebnisse der Simulationsexperimente	141
15.2.8 Fazit	143
16 Einsatzmöglichkeiten der KOBRA	144
16.1 Charakterisierung der KOBRA	144
16.2 Randbedingungen des Einsatzes der KOBRA	144
16.2.1 Einschränkungen aufgrund der Bestandsregelung	144
16.2.2 Einschränkungen aufgrund der Modellannahmen der KOBRA	145
16.2.2.1 Fertigungsbereiche und der Materialflußgraph	145
16.2.2.2 Offene Fertigung	145
16.2.2.3 Betriebsdatenerfassung	145
16.2.2.4 Störungsbehandlung	146
16.3 Einsatz der KOBRA in einem Entscheidungsunterstützungssystem	146
Teil III Ein simulationsgestütztes Monitoring-System (SI-MONI-S) als Instrument zum frühzeitigen Erkennen und Ausregeln von Störungen im Materialfluß	
17 Zielsetzung bei der Entwicklung von SI-MONI-S	147
18 Organisatorische Einbettung von SI-MONI-S in eine Planungshierarchie	149
18.1 Das Modell nach <i>Bertrand</i> und <i>Wijngaard</i>	149
18.2 Eine hierarchische Planungsstruktur für SI-MONI-S	149
18.2.1 Ziele der Hierarchisierung	149
18.2.2 Aufbau der Hierarchie	149
18.2.3 Der Informationsfluß zwischen den Planungsebenen	150
18.2.4 Der Informationsbedarf der Planungsebenen	152
18.2.5 Informationsflüsse im Störfall	152
18.2.6 Kompetenzabgrenzung zwischen Produktionsplanung und Koordinierungsinstanz	153

19 Anforderungen an SI-MONI-S	154
19.1 Informationsbeziehungen zwischen der Koordinierungsebene und den angrenzenden Bereichen	154
19.2 Anforderungen an die Funktionalität von SI-MONI-S	155
19.3 Anforderungen an die Benutzerschnittstelle von SI-MONI-S	156
19.4 Anforderungen an das Informationsmanagement von SI-MONI-S	158
20 Modellierung des Fertigungssystems	160
20.1 Zielsetzung bei der Modellbildung und Abgrenzung des Simulationsgegenstands ...	160
20.2 Modellkomponenten	160
20.2.1 Fertigungsbereiche	160
20.2.2 Materiallager	161
20.2.2.1 Das Modell der logischen Lager	161
20.2.2.2 Kapazitäten der logischen Lager	161
20.2.2.2.1 Kapazitätsbeschränkungen für die logischen Lager	161
20.2.2.2.2 Beispiel	163
20.2.3 Transportkapazitäten	164
20.2.4 Fertigungsaufträge	164
21 Die Struktur von SI-MONI-S	165
21.1 Objektorientierter Entwurf von Informationssystemen	165
21.1.1 Klassen, Objekte, Attribute und Methoden	165
21.1.2 Darstellung der Klassen, Objekte und Strukturen nach <i>Coad & Yourdon</i>	166
21.1.2.1 Klassen	166
21.1.2.2 Klassen mit Objekten	166
21.1.2.3 Aggregatstruktur	167
21.1.2.4 Generalisierungsstruktur	167
21.1.2.5 Instanzverbindung	167
21.1.2.6 Botschaftsverbindung	168
21.2 Klassen- und Objektstruktur für SI-MONI-S	168
21.2.1 Physische Objekte	168
21.2.2 Informationsobjekte und abstrakte Klassen	169
21.2.3 Objektmodell für SI-MONI-S	171
21.3 Simulationssteuerung	171
21.3.1 Initialisierungsprogramm	173
21.3.2 Ereignisliste	173
21.3.3 Zeitführungsroutine	173
21.3.4 Ereignisroutine	173
21.3.5 Steuerprogramm	173
21.4 Dateneingabe und Anforderungen an die Betriebsdatenerfassung	174
21.4.1 Eingangsdaten für die Simulation	174
21.4.2 Datenänderung durch den Benutzer	174
21.4.3 Fehlermeldungen und Warnungen	174
21.5 Plandaten und Modelle	175
21.6 Auftragsfreigabe und simulative Einlastung	176
21.6.1 Problematik der simulativen Freigabe und Einlastung von Aufträgen	176
21.6.2 Zeitabhängige Einlastungsstrategie	176
21.6.2.1 Simulationsbeginn	176
21.6.2.2 Kurzfristbereich	178
21.6.2.3 Langfristbereich	178

22	Ablauf einer Simulationsrechnung	179
22.1	Durchführung der Zustandsänderungen	179
22.2	Prüfung der Freigabebedingungen und Auftragsfreigabe	180
22.2.1	Ermittlung der Freigabekandidaten	181
22.2.2	Aktualisierung der Belegung	181
22.2.3	Auftragsfreigabe	181
23	Einsatz von SI-MONI-S in der Stahlindustrie	182
23.1	Fertigungsstruktur der Stahlindustrie	182
23.2	Spezifische Eigenschaften des Modellbetriebs	185
23.2.1	Abgrenzung des Simulationsgegenstands	185
23.2.2	Walzprogramme	185
23.2.3	Produktspezifische Lagerkapazität	190
23.3	Beispielkonsultation	191
24	Simulationsergebnisse	193
24.1	Auftragsstatistik	193
24.2	Nicht beendete Aufträge	193
24.3	Ereignisliste	193
24.4	Auftragsdurchlauf	193
24.5	Engpaß-Journal	194
24.6	Auslastung der Fertigungsbereiche	194
24.7	Gantt-Charts	194
24.8	Durchlaufdiagramme	195
24.9	Auslastung der Produktionsprogramme	195
24.10	Lagerbestandsverlauf	196
24.11	Einstellung eines bestimmten Protokollumfangs	196
25	Mögliche Weiterentwicklungen des SI-MONI-S	198
25.1	Weiterentwicklung der KOBRA	198
25.2	Weiterentwicklung der Simulationsumgebung	198
26	Zusammenfassung und Ausblick	200
Anhang		
A	Simulation des Steuerungsverhaltens der KOBRA	203
A.1	Datenbasis für die simulative Untersuchung der KOBRA	203
A.2	Daten für spezielle Simulationsexperimente	203
A.3	Ergebnisse der Simulationsrechnungen	204
B	Realisierung des SI-MONI-S-Prototyps	208
B.1	Entwicklungsumgebung für SI-MONI-S	208
B.2	Die Menüstruktur des SI-MONI-S	208
B.3	Testrechnungen	210
B.4	Dateien	211
B.4.1	Programmkomponenten	211
B.4.2	Speicherplatzbedarf	212
Literaturverzeichnis		213