

Martin Kießwetter

# Ablaufplanung in der chemischen Industrie

Optimierung mit  
Evolutionären Algorithmen



<b>Technische Universität Darmstadt</b>
Fachbereich 1
Betriebswirtschaftliche Bibliothek
Inventar-Nr.: 51.991.....
Abstell-Nr.: A 25 / 1081.....
.....
00312868
.....

# Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	XIII
TABELLENVERZEICHNIS.....	XVII
SYMBOLVERZEICHNIS.....	XIX
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMSTELLUNG UND ZIEL DER ARBEIT.....	1
1.2 AUFBAU DER ARBEIT.....	3
<b>2 PRODUKTIONSSYSTEME DER CHEMISCHEN INDUSTRIE.....</b>	<b>7</b>
2.1 TECHNOLOGISCHE ABGRENZUNG DER CHEMISCHEN INDUSTRIE.....	7
2.2 PRODUKTIONSTYOLOGIE.....	9
2.3 SPEZIFISCHE EIGENSCHAFTEN CHEMISCHER PRODUKTIONSSYSTEME.....	15
2.4 PRODUKTIONSTYPEN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE.....	18
2.4.1 Ein generalisierter Produktionstyp.....	18
2.4.2 Ablauforientierte Produktionstypen.....	20
2.4.3 Zusammengesetzte Produktionstypen.....	25
2.5 INTEGRIERTE PRODUKTIONSPLANUNG UND -STEUERUNG IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE.....	27
2.5.1 Aufgaben und Bedeutung der betriebswirtschaftlichen Produktionsplanung.....	27
2.5.2 Leitsysteme.....	29
2.5.2.1 Historische Entwicklung und Ausblick.....	29
2.5.2.2 Aufbau integrierter Leitsysteme.....	32
2.5.3 Rezeptfahrweise.....	34
<b>3 VERFAHREN ZUR CHARGENGRÖßEN- UND ABLAUFPLANUNG.....</b>	<b>39</b>
3.1 PROBLEMKLASSEN.....	39
3.1.1 Klassifikation von Problemen der Chargengrößenplanung.....	39
3.1.2 Klassifikation von Problemen der Ablaufplanung.....	42
3.1.2.1 Klassifikationsschema.....	42
3.1.2.2 Maschinencharakteristik.....	42
3.1.2.3 Auftragscharakteristik.....	43
3.1.2.4 Zielsetzungen.....	44
3.1.3 Klassifikation der Chargengrößen- und Ablaufplanung in der chemischen Industrie.....	45
3.2 SYSTEMATISIERUNG DER PLANUNGSVERFAHREN.....	47
3.3 LINEARE PROGRAMMIERUNG.....	51

3.3.1 Grundlagen .....	51
3.3.2 Dualität .....	52
3.3.3 Branch und Bound Methode .....	53
3.4 EVOLUTIONÄRE ALGORITHMEN .....	57
3.4.1 Grundlagen der Evolutionstheorie .....	57
3.4.2 Entwicklung und Übersicht .....	61
3.4.3 Genetische Operatoren .....	65
3.4.4 Selbstorganisation .....	68
3.4.5 Verfahrensvarianten .....	71
3.4.5.1 Threshold Accepting .....	71
3.4.5.2 Simulated Annealing .....	72
3.4.5.3 Das Verfahren von Ablay .....	73
3.4.5.4 Genetische Algorithmen .....	74
3.4.5.5 Evolutionsverfahren .....	75
3.5 BEWERTUNG DER PLANUNGSVERFAHREN .....	77
<b>4 MODELLIERUNG VON PRODUKTIONSSYSTEMEN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE.....</b>	<b>81</b>
4.1 DER PROZEß DER MODELLBILDUNG .....	81
4.1.1 Modellierung von Entscheidungsproblemen .....	81
4.1.2 Komplexität von Produktionssystemen und Lösungsverfahren .....	83
4.2 MIP-MODELLE .....	88
4.2.1 Systematik der Modellierungsansätze .....	88
4.2.2 Ein Modellierungsansatz mit festem Zeitraster .....	90
4.2.2.1 Vorüberlegungen .....	90
4.2.2.2 Grundmodell .....	92
4.2.2.3 Anwendungsbeispiel .....	96
4.2.2.4 Anwendungsmöglichkeiten .....	101
4.2.3 Ein Modellierungsansatz mit variablem Zeitraster .....	102
4.2.3.1 Vorüberlegungen .....	102
4.2.3.2 Grundmodell .....	104
4.2.3.3 Binärcodierung .....	107
4.2.3.4 Anwendungsmöglichkeiten .....	109
4.3 MODELLE AUF DER GRUNDLAGE EVOLUTIONÄRER ALGORITHMEN .....	111
4.3.1 Allgemeine Prinzipien der Modellbildung .....	111
4.3.2 Hybride Flow-Shop Systeme .....	118
4.3.2.1 Aufwandsorientierte Komplexität und Modellierungsvarianten .....	118
4.3.2.2 Plausibilitäts-Theorie .....	121
4.3.2.3 Anwendungsbeispiel .....	134

<b>5 ABLAUFPLANUNG IN BATCHPRODUKTIONSSYSTEMEN.....</b>	<b>137</b>
5.1 MODELLIERUNGS- UND VERFAHRENSEMPFEHLUNGEN .....	137
5.2 PRODUKTIONSTYP BATCH.....	139
5.2.1 Problemstellung B1 .....	139
5.2.1.1 Produktionsablauf .....	139
5.2.1.2 Zielsetzung und Klassifikation .....	141
5.2.1.3 Auftrags- und Anlagendaten .....	142
5.2.2 EA-Ansatz .....	144
5.2.2.1 Modellierung.....	144
5.2.2.2 Ergebnisse.....	146
5.2.2.3 Konfigurationsanalyse .....	149
5.2.3 MIP-Ansatz .....	150
5.3 PRODUKTIONSTYP BATCH-INTERN .....	151
5.3.1 Problemstellung B2.....	151
5.3.1.1 Produktionsablauf .....	151
5.3.1.2 Zielsetzung und Klassifikation.....	155
5.3.1.3 Auftrags- und Anlagendaten .....	156
5.3.2 EA-Ansatz .....	157
5.3.2.1 Modellierung.....	157
5.3.2.2 Einlastungsvorschrift .....	157
5.3.2.2.1 Generelles Vorgehen.....	157
5.3.2.2.2 Analyse der Lagerbewegungen.....	160
5.3.2.2.3 Exemplarische Einlastung .....	162
5.3.2.3 Ergebnisse.....	164
5.4 PRODUKTIONSTYP BATCH-EXTERN .....	168
5.4.1 Problemstellung B3.....	168
5.4.1.1 Produktionsablauf .....	168
5.4.1.2 Zielsetzung und Klassifikation .....	170
5.4.1.3 Auftrags- und Anlagendaten .....	170
5.4.2 MIP-Ansatz .....	172
5.4.2.1 Modellierung.....	172
5.4.2.2 Ergebnisse.....	177
<b>6 EIN HYBRIDVERFAHREN FÜR PRODUKTIONSSYSTEME DES TYPIS BATCH-EXTERN .181</b>	
6.1 ANSÄTZE ZUR HYBRIDISIERUNG VON EVOLUTIONÄREN ALGORITHMEN UND LINEARER PROGRAMMIERUNG .....	181
6.1.1 Grundüberlegung .....	181
6.1.2 Möglichkeiten der Verfahrenskombination .....	183

---

6.1.3 Der Ansatz von Michalewicz.....	184
6.1.4 Das hybride Planungsverfahren HEALP.....	186
6.1.5 Bewertung der Ansätze zur Hybridisierung.....	188
6.2 ANWENDUNG VON HEALP AUF DIE PROBLEMSTELLUNG B3.....	189
6.2.1 LP-Modell.....	189
6.2.2 EA-Modell.....	192
6.2.2.1 Modellierung.....	192
6.2.2.2 Genetische Operatoren.....	194
6.2.3 Implementierung.....	195
6.2.4 Ergebnisse.....	196
6.2.4.1 Optimierung der Engpaßstufe.....	196
6.2.4.2 Optimierung des Gesamtsystems.....	197
6.3 ANSATZ FÜR DEN NACHWEIS DER OPTIMALITÄT.....	200
6.3.1 Mathematische Grundlagen.....	200
6.3.1.1 Partitionssatz von Benders.....	200
6.3.1.2 Benders-Verfahren.....	201
6.3.1.3 Beweis.....	203
6.3.2 Nachweis der Optimalität einer besten gefundenen Lösung.....	204
6.3.3 Anwendungsbeispiel B3.....	206
6.3.4 Beurteilung der Einsatzfähigkeit.....	209
7 SCHLUßBETRACHTUNG.....	211
ANHANG.....	213
LITERATURVERZEICHNIS.....	221