

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XV
Symbolverzeichnis	XVII
Abkürzungsverzeichnis	XXVII
1 Gegenstand und Gang der Arbeit	1
2 Der Serienanlauf als Planungsumfeld	5
2.1 Begriff des Serienanlaufs	5
2.2 Phasen des Serienanlaufs	6
2.2.1 Vorserie	7
2.2.2 Nullserie	8
2.2.3 Produktionshochlauf	8
2.3 Anlaufarten	9
2.4 Literaturüberblick über Probleme und Lösungsansätze im Serienanlauf.....	10
2.5 Planungsprobleme und -ebenen der Produktionsplanung und -steuerung.....	14
2.6 Produktionsprogrammplanung.....	16
2.7 Produktprogrammverfügbarkeitsplanung	18
2.8 Einordnung des Problems in den Planungskontext.....	22
2.9 Strukturdefekte des Planungsproblems	24
3 Abbildung variantenreicher Erzeugnisse	27
3.1 Abbildungsebenen	27
3.2 Produktebene	28
3.2.1 Funktion der Produktebene	29

3.2.2	Klassifizierung von Merkmalen	31
3.2.3	Implizite und explizite Produktdefinition.....	31
3.2.4	Restriktionen zwischen Merkmalsausprägungen.....	33
3.3	Technische Ebene	35
3.3.1	Erzeugnisstruktur und Stücklistenarten.....	35
3.3.2	Probleme bei der Abbildung variantenreicher Erzeugnisse	37
3.3.3	Geschlossene Variantenstücklisten.....	40
3.3.4	Offene Variantenstückliste: Die regelbasierte Komplexstückliste	41
3.3.4.1	Funktionsweise	41
3.3.4.2	Coderegeln als Boole'sche Terme.....	43
3.3.4.3	Sekundärbedarfsbestimmung	47
3.3.4.4	Integration von Strukturinformationen.....	47
4	Das mehrstufige, einperiodige Produktprogrammverfügbarkeits- Planungsproblem (MEPVP)	55
4.1	Annahmen	55
4.2	Problemparameter	56
4.2.1	Faktoreinsatzkosten zur Aufholung eines Entwicklungsverzugs.....	57
4.2.2	Nachfrageprognose, Stückdeckungsbeitrag und Beschaffungskapazität.....	66
4.3	Handlungsalternativen	69
4.4	Restriktionen	70
4.4.1	Globale Restriktionen	71
4.4.2	Logische Restriktionen.....	72
4.4.2.1	Abbildung des Produktprogramms	72
4.4.2.2	Interpretation der Auswahl.....	77
4.4.2.3	Zulässigkeit der Auswahl	79
4.4.2.4	Unterschiedlichkeit der Auswahl	81
4.5	Zielkriterien	81
4.6	Plananpassung und -fortschreibung.....	83
4.7	Fazit.....	85
5	Optimierungsmodelle zur Abbildung des MEPVP.....	87
5.1	Einordnung der entwickelten Modelle in Modelltypen	87

5.2 Übersicht über die entwickelten Modelle und die Gliederung des Kapitels.....	90
5.3 Mengen-, Parameter- und Variablendefinitionen	91
5.4 Verfügbarkeitsplanung mit einzelnen Varianten	93
5.4.1 Minimierungsmodell.....	93
5.4.2 Erweiterungsmöglichkeiten des Minimierungsmodells	99
5.4.3 Maximierungsmodell	101
5.4.4 Erweiterungsmöglichkeiten des Maximierungsmodells.....	103
5.4.5 Kritische Beurteilung.....	104
5.5 Verfügbarkeitsplanung mit Variantenmengen	104
5.5.1 Geschlossene Variantenmengen	105
5.5.2 Semi-offene Variantenmengen (Das MEPVP-Modell)	112
5.5.3 Offene Variantenmengen	117
5.5.4 Erweiterungsmöglichkeiten.....	119
5.5.5 Kritische Beurteilung.....	119
6 Mögliche Lösungsansätze für das MEPVP.....	121
6.1 Verallgemeinerung des MEPVP-Modells.....	121
6.2 Einordnung des MEPVP in die Systematik der Knapsack-Probleme.....	122
6.2.1 Multi-dimensionales Knapsack-Problem (MDKP).....	123
6.2.2 Multiples Knapsack-Problem (MKP)	124
6.2.3 Vergleich des MEPVP mit dem MDKP und dem MKP	125
6.3 Komplexität des MEPVP.....	128
6.3.1 Empirische Überlegungen	128
6.3.2 Komplexitätstheoretische Betrachtung.....	129
6.4 Diskussion von Lösungsverfahren.....	134
6.4.1 Anforderungen an ein Lösungsverfahren für das MEPVP.....	135
6.4.2 Exakte Lösungsverfahren	136
6.4.3 Heuristische Lösungsverfahren.....	138
6.4.4 Auswahlentscheidung und deren Begründung	147
7 Ein heuristischer Lösungsansatz für das MEPVP.....	149
7.1 Überblick über den gewählten Lösungsansatz.....	149

7.2 Auslagerung von Stücklisteninformationen in die Produktebene als Vorstufe der Heuristiken	150
7.2.1 Prinzip	150
7.2.2 Sekundärbedarfsbestimmung bei ausgelagerten Stücklisteninformationen	152
7.2.3 Auslagerung von Baubarkeitsregeln	154
7.2.4 Auslagerung von Zusteuerungsregeln	156
7.2.5 Vereinfachung von Coderegeln	158
7.2.6 Anwendung am Beispiel	161
7.3 Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)	163
7.4 Tabu-Search	166
7.4.1 Basisalgorithmus	166
7.4.2 Erweiterungen	170
7.5 Konzeption der Algorithmen für das MEPVP	172
7.5.1 Definitionen und algorithmische Grundlagen	172
7.5.2 GRASP als Eröffnungsverfahren	179
7.5.2.1 Überblick über den Algorithmus	179
7.5.2.2 Konstruktionsphase	180
7.5.2.3 Lokale Suche	188
7.5.3 Tabu-Search als Verbesserungsverfahren	193
7.5.3.1 Überblick über den Algorithmus	193
7.5.3.2 Erzeugung der Nachbarschaft	200
7.5.3.3 Auswahl des besten Zugs	205
7.5.3.4 Exploration, Intensivierung und Diversifikation	207
8 Empirische Analyse des heuristischen Lösungsansatzes	211
8.1 Übersicht über die Probleminstanzen	212
8.1.1 Beschreibung der Probleminstanzen	212
8.1.2 Künstliche Probleminstanzen	213
8.1.3 Reale Probleminstanzen	214
8.2 Empirische Analyse von GRASP	215
8.3 Empirische Analyse von Tabu-Search	219
9 Schlussbetrachtung und Ausblick	229

Anhang	231
Literaturverzeichnis	235

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Phasen des Serienanlaufs	7
Abb. 2.2: Literaturüberblick über Lösungsansätze im Serienanlauf und Branchen (Teil I)	12
Abb. 2.3: Literaturüberblick über Lösungsansätze im Serienanlauf und Branchen (Teil II)	13
Abb. 2.4: Produktprogramm einer Produktserie	17
Abb. 2.5: Störungen in der Entwicklungs- und Anlaufphase als Problemursache	21
Abb. 2.6: Einordnung des Planungsproblems in den Planungskontext einer hierarchischen Produktionsprogrammplanung	23
Abb. 3.1: Zusammenhang der drei Abbildungsebenen	28
Abb. 3.2: Erzeugnisdarstellung in Listen	36
Abb. 3.3: Struktur von einfachen und von variantenreichen Erzeugnissen	38
Abb. 3.4: Repräsentation von Coderegeln mit Hilfe von Mengen	46
Abb. 3.5: Neutrales Produktschema einer Fahrzeugserie	49
Abb. 3.6: Kurze und lange Coderegeln als nicht-disjunkte und disjunkte Mengen	51
Abb. 4.1: Unstetige Plan- und Ist-Reifegradentwicklung eines Teils i	59
Abb. 4.2: Stetige Plan- und Ist-Reifegradentwicklung eines Teils i	60
Abb. 4.3: Aufholen des Entwicklungsverzugs eines Teils i	63
Abb. 4.4: Kostensatzfunktion für den zusätzlichen Faktoreinsatz pro Zeiteinheit eines Teils i	65
Abb. 4.5: Zeitlicher Verlauf des Faktoreinsatzes pro Zeiteinheit und des Entwicklungsverzugs eines Teils i	66
Abb. 4.6: Eine zulässige Lösung des MEPVP	69
Abb. 4.7: Produktprogramm zur Beispielstückliste	73
Abb. 4.8: Logische Restriktionen zur Interpretation einer Auswahl von Teilen	78
Abb. 4.9: Zielhierarchie für das MEPVP	82
Abb. 4.10: Plananpassung für das MEPVP	84
Abb. 5.1: Übersicht über die entwickelten Modelle und die Gliederung des Kapitels	90
Abb. 7.1: Überblick über die verfolgten Lösungsansätze für das MEPVP	149
Abb. 7.2: Prinzip der Auslagerung von Stücklisteninformationen in die Produktebene	151

Abb. 7.3: Sekundärbedarfsbestimmung mit vorgelagerter Zusteuerung und Zulässigkeitsprüfung bei einer regelbasierten Komplexstückliste mit ausgelagerten Stücklisteninformationen	153
Abb. 7.4: Vorgehensweise zur Reduzierung von Coderegeln	158
Abb. 7.5: Darstellung der direkten zwingenden positiven Restriktionen zwischen Codes als Digraph	160
Abb. 7.6: GRASP-Algorithmus	164
Abb. 7.7: Tabu-Search-Algorithmus	167
Abb. 7.8: Aufteilung der Menge aller Codes bezüglich einer semi-offenen Variantenmenge d	176
Abb. 7.9: Aufteilung der Menge aller Teile bezüglich einer semi-offenen Variantenmenge d	178
Abb. 7.10: Überblick über den Ablauf von GRASP für das MEPVP	180
Abb. 7.11: Ablauf der zufälligen Auswahl von \bar{d} Produkttypen	182
Abb. 7.12: Ablauf des Semi-Greedy-Algorithmus für das MEPVP	185
Abb. 7.13: Ablauf der Methode Zusteuerung()	187
Abb. 7.14: Ablauf der lokalen Suche für das MEPVP	190
Abb. 7.15: Überblick über den Ablauf von Tabu-Search für das MEPVP	199
Abb. 7.16: Ablauf zur Erzeugung von Add-Zügen	200
Abb. 7.17: Ablauf der Methode <code>bestimmeHinzukommendeCodes()</code>	201
Abb. 7.18: Ablauf der Methode <code>repariereBaubarkeitsregel()</code>	202
Abb. 7.19: Ablauf zur Erzeugung von Drop-Zügen	203
Abb. 7.20: Ablauf der Methode <code>bestimmeZuEntfernendeCodes()</code>	204
Abb. 7.21: Ablauf der strategischen Oszillation	207
Abb. 7.22: Zusammenspiel von Exploration, Intensivierung und Diversifikation	209

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Verzeichnis der Merkmalsausprägungen und Codes für ein Automobil	30
Tab. 3.2: Verzeichnis der Merkmalsausprägungen und Codes für einen Motor	32
Tab. 3.3: Implizite Produktdefinition	32
Tab. 3.4: Explizite Produktdefinition	32
Tab. 3.5: Klasseninterne Restriktionen	33
Tab. 3.6: Sekundärbedarf für die einzelnen Motorvarianten	42
Tab. 3.7: Regelbasierte Komplexstückliste ohne Struktur	43
Tab. 3.8: Regelbasierte Komplexstückliste mit der Gruppierung von Alternativteilen in Positionen	50
Tab. 3.9: Regelbasierte Komplexstückliste mit vierstufiger Struktur	54
Tab. 4.1: Beispielstückliste	73
Tab. 4.2: Möglichkeiten zur Abbildung von Varianten durch Teilmengen d von Codes	74
Tab. 4.3: Möglichkeiten zur Abbildung der Fahrzeugvarianten durch Teilmengen von Codes im Beispiel	76
Tab. 4.4: Möglichkeiten zur Abbildung des MEPVP	85
Tab. 5.1: Übersicht über Modelltypen	88
Tab. 5.2: Beispielstückliste	95
Tab. 5.3: Verzeichnis der Merkmalsausprägungen und Codes zur Beispielstückliste	95
Tab. 5.4: Beispielstückliste	107
Tab. 5.5: Verzeichnis der Merkmalsausprägungen und Codes zur Beispielstückliste	108
Tab. 6.1: Charakterisierung des MEPVP, des MDKP und des MKP	127
Tab. 6.2: Stückliste zu der betrachteten MEPVP-Instanz	133
Tab. 6.3: Zusammenfassende Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile ausgewählter heuristischer Verfahren	146
Tab. 7.1: Codeliste zur Beispielstückliste	162
Tab. 7.2: Reduzierte Beispielstückliste	163
Tab. 7.3: Repräsentation der Variablen γ_{cd}	177
Tab. 7.4: Repräsentation der Variablen ξ_i	179
Tab. 7.5: Auswahl des besten Zugs nach Phasen	206
Tab. 8.1: Übersicht über die Strukturmerkmale der künstlichen Probleminkstanzklassen	213

Tab. 8.2: Übersicht über die Strukturmerkmale der realen Probleminstanzklassen	214
Tab. 8.3: Parametereinstellungen von GRASP für die künstlichen Probleminstanzen	216
Tab. 8.4: Ergebnisse der empirischen Analyse von GRASP mit den künstlichen Probleminstanzen	217
Tab. 8.5: Parametereinstellungen von GRASP für die realen Probleminstanzen	218
Tab. 8.6: Ergebnisse der empirischen Analyse von GRASP mit den realen Probleminstanzen	219
Tab. 8.7: Parametereinstellungen von Tabu-Search für die künstlichen Probleminstanzen	221
Tab. 8.8: Ergebnisse der empirischen Analyse von Tabu-Search als Eröffnungsverfahren mit den künstlichen Probleminstanzen	222
Tab. 8.9: Ergebnisse der empirischen Analyse von Tabu-Search als Verbesserungsverfahren mit den künstlichen Probleminstanzen	224
Tab. 8.10: Parametereinstellungen von Tabu-Search für die realen Probleminstanzen	225
Tab. 8.11: Ergebnisse der empirischen Analyse von Tabu-Search als Eröffnungs- und als Verbesserungsverfahren mit den realen Probleminstanzen	226