

Hanjo Rossi

**Ein heuristisches Dekompositionsverfahren
für mehrstufige Losgrößenprobleme**

Ein heuristisches Dekompositionsverfahren für mehrstufige Losgrößenprobleme

INAUGURAL-DISSERTATION ZUR ERLANGUNG
DES AKADEMISCHEN GRADES
EINES DOKTORS DER WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFT
DES FACHBEREICHS WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFT
DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Hanjo Rossi
aus Hamburg

Prinz-Georg-Str. 9
10827 Berlin
2003

Erstgutachter	Univ.-Prof. Dr. Peter Mevert
Zweitgutachter	Univ.-Prof. Dr. Uwe H. Suhl
Dekan	Univ.-Prof. Dr. Helmut Bester
Tag der Disputation	18. Juli 2003

Dankesworte

An aller erster Stelle bedanke ich mich herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Peter Mevert. Durch die Diskussionen mit ihm, seine immer vorhandene Gesprächsbereitschaft und fachlich ausgezeichnete Betreuung unterstützte er mich in jeder Phase meiner Dissertation und hat großen Anteil an ihrem Gelingen. Mein spezieller Dank gilt Herrn Prof. Dr. Uwe Suhl für die wertvollen Anregungen und die Zweitkorrektur der Arbeit. Den Kollegen am Institut danke ich für die hervorragende, freundschaftliche Arbeitsatmosphäre, die äußerst motivierend war und die ich gerade in den schwierigeren Phasen schätzen lernte.

Hanjo Rossi

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	16
2	Einordnung der Losgrößenplanung in die Produktionsplanung	18
3	Einstufige Losgrößenplanung	23
3.1	Einstufige Losgrößenplanung mit unbeschränkten Kapazitäten	24
3.1.1	Modellformulierungen für das unkapazitierte einstufige Losgrößenproblem	25
3.1.2	Reformulierung der Variablen bei der einstufigen Losgrößenplanung . . .	27
3.1.2.1	Formulierung des SLULSP als Kürzestes-Wege-Problem . . .	28
3.1.2.2	Formulierung des SLULSP als Plant-Location-Problem	30
3.1.3	Ungleichungen für das einstufige Losgrößenplanungsproblem	32
3.2	Kapazitierte Losgrößenplanung für ein Produkt	35
3.2.1	Modellformulierung für das kapazitierte einstufige Losgrößenplanungsproblem	35
3.2.2	Ungleichungen für das SICLSP	36
3.2.2.1	Mixed-Integer-Rounding-Ungleichungen für das SICLSP . . .	36
3.2.2.2	Flow-Cover-Cuts für das SICLSP	39
3.2.2.3	Continuous 0-1 Knapsack Cover Ungleichungen für das SICLSP	39
3.2.3	Modellformulierungen für das einprodukt Losgrößenproblem mit konstanten Kapazitäten	40
3.2.4	Ungleichungen für das einstufige Losgrößenplanungsproblem mit konstanten Kapazitäten	41

3.3	Einstufige Losgrößenplanung für mehrere Produkte	42
4	Mehrstufige Losgrößenplanung mit Kapazitätsbeschränkungen	44
4.1	Mehrstufige Erzeugnisstrukturen	45
4.2	Modellformulierung für das MLCLSP	48
4.3	Varianten des Standardmodells für das MLCLSP	49
4.3.1	Der systemweite Lagerbestand	49
4.3.2	Formulierung der Lagerbilanzen durch Ungleichungen	51
4.4	Verschärfungen und Ungleichungen für das MLCLSP	53
4.4.1	Die maximale Produktion	53
4.4.2	LP basierte Verschärfungen für die maximale Produktion	54
4.4.3	Übertragung der Ungleichungen für die einstufige Losgrößenplanung auf das MLCLSP	55
4.4.4	Zusätzliche Ungleichungen für die Rüstvariablen	56
4.4.5	Aus den Kapazitätsrestriktionen abgeleitete Ungleichungen	57
4.5	Reformulierungen der Variablen für das MLCLSP	60
4.5.1	Formulierung des MLCLSP in Anlehnung an das Simple-Plant- Location-Problem	61
4.5.2	Reformulierung des MLCLSP in Anlehnung an das Kürzeste-Wege- Problem	63
5	Lösungsverfahren für das MLCLSP	66
5.1	Lösung des MLCLSP durch Lagrange-Relaxation	68
5.2	Das Verfahren von Stadtler	72
5.3	Das Verfahren von Katok, Harrison und Lewis	78
6	Eine Heuristik für das mehrstufige Losgrößenproblem mit Kapazitätsbeschränkungen	81
6.1	Ein heuristisches Dekompositionsverfahren für das MLCLSP	82
6.1.1	Kapazitätsanpassung im Fall von Rüstzeiten	84

6.1.2	Zusätzliche Restriktionen	85
6.1.3	Variablenreformulierungen	87
6.1.4	Varianten des Verfahrens	88
6.2	Testprobleme	90
6.2.1	Testprobleme mit bekannten optimalen Lösungen	91
6.2.2	Testprobleme mit bekannten besten Lösungen	92
6.2.2.1	Testprobleme der Gruppe A^+	94
6.2.2.2	Testprobleme der Gruppe B^+	95
6.2.2.3	Testprobleme der Gruppe C	95
6.2.2.4	Testprobleme der Gruppe D	97
6.3	Berechnung von Untergrenzen für das MLCLSP	99
6.4	Numerische Untersuchungen der Heuristik	101
6.4.1	Untersuchung für Testproblemgruppe OR^{opt} ohne Rüstzeiten mit bekannten optimalen Lösungen	102
6.4.2	Untersuchung für Testproblemgruppe A^+ ohne Rüstzeiten mit bekannten besten Lösungen	106
6.4.2.1	Testproblemgruppe A^+ mit der Zusatzrestriktion für die minimale Rüstanzahl	109
6.4.2.2	Testproblemgruppe A^+ mit (I,S)-Ungleichungen	110
6.4.2.3	Testproblemgruppe A^+ mit den MIR-Ungleichungen	111
6.4.2.4	Testproblemgruppe A^+ mit der Restkapazitätsrestriktion	113
6.4.2.5	Testproblemgruppe A^+ mit mehreren Ungleichungen	114
6.4.3	Untersuchung für Testproblemgruppe C ohne Rüstzeiten mit bekannten besten Lösungen	116
6.4.4	Fazit der numerischen Untersuchung der Heuristik für Probleme ohne Rüstzeiten	118
6.4.5	Numerische Untersuchungen für Testproblemgruppe MR^{opt} mit Rüstzeiten und bekannten optimalen Lösungen	120
6.4.5.1	Heuristik mit Zusatzrestriktion für die minimale Rüstanzahl für MR^{opt}	121

6.4.5.2	Heuristik mit (I,S)-Ungleichungen für MR^{opt}	122
6.4.5.3	Heuristik mit MIR-Ungleichungen für MR^{opt}	124
6.4.5.4	Heuristik mit Restkapazitäts-Ungleichungen für MR^{opt}	125
6.4.5.5	Ergebnisse der Heuristik mit Kombinationen von Ungleichungen für Testproblemgruppe MR^{opt}	127
6.4.6	Numerische Untersuchungen für Testproblemgruppe B^+ mit Rüstzeiten und bekannten besten Lösungen	127
6.4.6.1	Testproblemgruppe B^+ mit der Zusatzrestriktion für die minimale Rüstanzahl	129
6.4.6.2	Testproblemgruppe B^+ mit (I,S)-Ungleichungen	130
6.4.6.3	Testproblemgruppe B^+ mit MIR-Ungleichungen	132
6.4.6.4	Testproblemgruppe B^+ mit Kombinationen von Ungleichungen	134
6.4.7	Numerische Untersuchungen für Testproblemgruppe D mit Rüstzeiten und bekannten besten Lösungen	135
6.4.8	Fazit der numerischen Untersuchung der Testprobleme mit Rüstzeiten . .	137
7	Resümee	139
	Anhang	142
A	Ergebnisse für die Testproblemgruppe OR^{opt}	142
B	Ergebnisse für die Testproblemgruppe MR^{opt}	146
C	Ergebnisse für die Testproblemgruppe D	150
D	Ergebnisse der Berechnungen der unteren Schranken	151
	Literaturverzeichnis	153

Abbildungsverzeichnis

2.1	<i>Hierarchische Integration kapazitätsorientierter PPS-Systeme</i>	20
3.1	<i>Darstellung des einstufigen unkapazitierten Losgrößenproblems als Kürzestes-Wege-Problem</i>	28
3.2	<i>Darstellung des einstufigen Losgrößenproblems als Kürzestes-Wege-Problem mit expliziter Berücksichtigung der Rüstvariablen</i>	30
3.3	<i>Darstellung des einstufigen Losgrößenproblems als Plant-Location-Problem . . .</i>	30
4.1	<i>Gozintograph einer seriellen, konvergierenden, divergierenden und allgemeinen Erzeugnisstruktur</i>	46
4.2	<i>Darstellung des Losgrößenproblems für ein Produkt p der mehrstufigen Erzeugnisstruktur als Standortplanungsproblem</i>	61
4.3	<i>Darstellung des Losgrößenproblems für ein Produkt p als Kürzestes-Wege-Problem</i>	64
5.1	<i>Beispielhafte Darstellung der Zeitfenster im Verfahren von Stadtler</i>	72
5.2	<i>Darstellung des Zeitfensters als SPL-Modell für ein Produkt</i>	74
6.1	<i>Zeitorientierte Zerlegung des MLCLSP mit $\gamma = 1$</i>	83
6.2	<i>Ablauf des heuristischen Verfahrens bei einer Lösung der Teilprobleme in Reihenfolge von aufsteigenden Periodenwerten</i>	85

Tabellenverzeichnis

6.1	Übersicht der verwendeten Testprobleme	90
6.2	Kapazitäten der beschränkten Ressource der Testproblemgruppen OR^{opt} und MR^{opt}	92
6.3	Zielfunktionswerte der Testproblemgruppen OR^{opt} und MR^{opt}	92
6.4	Ressourcenauslastungsprofile der Testprobleme der Gruppe A^+	95
6.5	TBO-Profile der Testprobleme der Gruppe A^+	95
6.6	Mittlere Nachfrage der Testprobleme der Gruppe A^+	96
6.7	Rüstzeiten in den Rüstzeitprofilen der Gruppe B^+	96
6.8	Ressourcenauslastungsprofile der Testprobleme der Gruppe C	97
6.9	TBO-Profile der Testprobleme der Gruppe C	97
6.10	Mittlere Nachfrage der Testprobleme der Gruppe C	98
6.11	Rüstzeitprofile der Testprobleme der Gruppe D	98
6.12	TBO-Profile der Testprobleme der Gruppe D	98
6.13	LP-Lösungen für einige Probleme der Testproblemgruppe B^+	99
6.14	Abweichung der besten gefundenen Lösung von den Unterschranken für die Testproblemgruppen A^+ , B^+ , C und D	101
6.15	Durchschnittliche und maximale Lösungsdauern der Heuristik vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe OR^{opt}	103
6.16	Durchschnittliche relative Abweichung der Heuristik vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe OR^{opt} in %	104
6.17	Durchschnittliche relative Abweichung der Heuristik rückwärts bei Kombinationen von Ungleichungen für die Testproblemgruppe OR^{opt}	105
6.18	Mittlere und maximale relative Abweichung der Heuristik ohne Zusatzrestriktionen vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe A^+	107

6.19	Mittlere und maximale Dauer der Heuristik ohne Zusatzrestriktionen vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe A^+	107
6.20	Mittlere Lösungsdauern der Heuristik ohne Zusatzrestriktionen vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe A^+ nach Erzeugnisstruktur gegliedert	108
6.21	Ergebnisse der Heuristik mit der Zusatzrestriktion für die minimale Rüstanzahl vorwärts und rückwärts	109
6.22	Mittlere Lösungsdauern der Heuristik mit der Zusatzrestriktion für die minimale Rüstanzahl vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe A^+ nach Erzeugnisstruktur gegliedert	109
6.23	Ergebnisse der Heuristik mit (I,S)-Ungleichungen für Gruppe A^+	110
6.24	Mittlere (maximale) Lösungsdauer der Heuristik mit (I,S)-Ungleichungen für Gruppe A^+ in Sekunden	111
6.25	Ergebnisse der Heuristik mit den MIR-Ungleichungen für Testproblemgruppe A^+	112
6.26	Mittlere (maximale) Lösungsdauer der Heuristik mit MIR-Ungleichungen für Gruppe A^+ in Sekunden	113
6.27	Ergebnisse der Heuristik mit den Restkapazitäts-Ungleichungen für Gruppe A^+	113
6.28	Mittlere (maximale) Lösungsdauer der Heuristik mit Restkapazitäts-Ungleichungen für Gruppe A^+ in Sekunden	114
6.29	Ergebnisse der Heuristik mit (I,S)- und MIR-Ungleichungen für Gruppe A^+ . . .	115
6.30	Mittlere Lösungsdauer der Heuristik mit (I,S)- und MIR-Ungleichungen für Gruppe A^+	115
6.31	Ergebnisse der Heuristik vorwärts mit (I,S)- und MIR-Ungleichungen für Gruppe A^+ nach Ressourcenauslastungen	116
6.32	Ergebnisse der Heuristik für Testproblemgruppe C	117
6.33	Ergebnisse der Heuristik ohne Zusatzrestriktionen vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	120
6.34	Ergebnisse der Heuristik mit der Zusatzrestriktionen für die minimale Rüstanzahl vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	122
6.35	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\rho = 3$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	123
6.36	Ergebnisse der Heuristik mit der MIR-Ungleichung mit $\xi = 3$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	125

6.37	Ergebnisse der Heuristik mit Restkapazitäts-Ungleichungen mit $\phi = 3$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	126
6.38	Ergebnisse der Heuristik ohne Zusatzrestriktionen vorwärts für Testproblemgruppe B^+	127
6.39	Ergebnisse der Heuristik ohne Zusatzrestriktionen rückwärts für Testproblemgruppe B^+	128
6.40	Ergebnisse der Heuristik mit der Zusatzrestriktionen für die minimale Rüstanzahl vorwärts für Testproblemgruppe B^+	129
6.41	Ergebnisse der Heuristik mit der Zusatzrestriktionen für die minimale Rüstanzahl rückwärts für Testproblemgruppe B^+	129
6.42	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\gamma = 1$ vorwärts für Testproblemgruppe B^+	130
6.43	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\gamma = 2$ vorwärts für Testproblemgruppe B^+	130
6.44	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\gamma = 3$ vorwärts für Testproblemgruppe B^+	131
6.45	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\gamma = 1$ rückwärts für Testproblemgruppe B^+	131
6.46	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\gamma = 2$ rückwärts für Testproblemgruppe B^+	132
6.47	Ergebnisse der Heuristik mit MIR-Ungleichungen mit $\gamma = 1$ vorwärts für Testproblemgruppe B^+	133
6.48	Ergebnisse der Heuristik mit MIR-Ungleichungen mit $\gamma = 2$ vorwärts für Testproblemgruppe B^+	133
6.49	Ergebnisse der Heuristik mit MIR-Ungleichungen mit $\gamma = 3$ vorwärts für Testproblemgruppe B^+	133
6.50	Ergebnisse der Heuristik mit MIR-Ungleichungen mit $\gamma = 1, 2$ rückwärts für Testproblemgruppe B^+	134
6.51	Ergebnisse der Heuristik mit (I,S)- und MIR-Ungleichungen mit $\gamma = 1, 2$ vorwärts für Testproblemgruppe B^+	135
6.52	Ergebnisse der Heuristik vorwärts für Testproblemgruppe D ohne Zusatzrestriktionen und mit (I,S)-Ungleichungen	136
A.1	Abweichungen für die Heuristik ohne Zusatzrestriktionen für die Testproblemgruppe MR^{opt}	142

A.2	Abweichungen für die Heuristik mit den Zusatzrestriktionen für die minimale Rüstanzahl für die Testproblemgruppe MR^{opt}	142
A.3	Abweichungen für die Heuristik mit (I,S)-Ungleichungen für die Testproblemgruppe MR^{opt}	143
A.4	Abweichungen für die Heuristik mit den MIR-Ungleichungen für die Testproblemgruppe MR^{opt}	143
A.5	Abweichungen für die Heuristik mit Restkapazitätsrestriktionen für die Testproblemgruppe MR^{opt}	144
A.6	Abweichungen für die Heuristik mit (I,S)-Ungleichungen und den Ungleichungen für die minimale Rüstanzahl für die Testproblemgruppe MR^{opt}	144
A.7	Abweichungen für die Heuristik mit MIR-Ungleichungen und den Ungleichungen für die minimale Rüstanzahl für die Testproblemgruppe MR^{opt}	145
B.1	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\rho = 1$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	146
B.2	Ergebnisse der Heuristik mit der (I,S)-Ungleichung mit $\rho = 2$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	147
B.3	Ergebnisse der Heuristik mit der MIR-Ungleichung mit $\xi = 1$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	147
B.4	Ergebnisse der Heuristik mit der MIR-Ungleichung mit $\xi = 2$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	148
B.5	Ergebnisse der Heuristik mit der Ungleichung für die Restkapazität mit $\phi = 1$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	148
B.6	Ergebnisse der Heuristik mit der Ungleichung für die Restkapazität mit $\phi = 2$ vorwärts und rückwärts für Testproblemgruppe MR^{opt}	149
B.7	Ergebnisse der Heuristik mit Kombinationen von Ungleichungen für Testproblemgruppe MR^{opt}	149
C.1	Ergebnisse der Heuristik für Testproblemgruppe D	150
D.1	LP-Lösungen für einige Probleme mit SPL-Formulierung	151
D.2	LP-Lösungen für einige Probleme mit Standard-Formulierung	152
D.3	LP-Lösungen für einige Probleme mit Standard-Formulierung und mehreren Ungleichungen	152

Symbolverzeichnis

a	Produktionsrate
a_p	Produktionsrate von Produkt p
a_{pm}	Bearbeitungszeit einer Einheit von Produkt p auf Ressource m
a_{pm}^{ges}	gesamter Ressourcenverbrauch
c_{tk}	Kosten der Kante von t nach k ohne Rüstkosten
c'_{tk}	Gesamtkosten der Produktion des Bedarfs von t bis k
c_p	Produktionskosten einer Einheit von Produkt p
c_{pt}	Produktionskosten einer Einheit von Produkt p in t
C	konstante Kapazität
C_t	Kapazität in t
C_{mt}	Kapazität von Ressource m in t
C_{mt}^R	Restkapazität
C_{mt}^{rel}	Kapazitätsanpassung für die relaxierten Perioden
d	konstanter kontinuierlicher Periodenbedarf
d_{tk}	kumulierter Nettobedarf von Periode t bis k
d_{pt}	Nettobedarf nach Produkt p in Periode t
d_{pt}^g	Bruttobedarf nach Produkt p in Periode t
d_{pt}	Nettobedarf nach Produkt p in Periode t
d_{ptk}	kumulierter Nettobedarf von Produkt p von Periode t bis k
\bar{d}	Mittelwert der Nachfrage für Produkt p
d_{pt}^{prim}	Primärbedarf von p in t
d_{pt}^{gros}	Bruttobedarf von p in t
d_{pt}^{sec}	Sekundärbedarf von p in t
d_{pt}^{net}	Nettobedarf von p in t
d_{pt}^{ge}	systemweiter Bruttobedarf von p in t
d_{pt}^{ne}	systemweiter Nettobedarf von p in t
d_{ptk}^{ne}	kumulierter systemweiter Nettobedarf von p in t bis k
e_{pt}	systemweiter Lagerbestand für p am Ende von t
E	Menge der Endprodukte
f	Rüstkosten
f_t	Rüstkosten in t
f_p	Rüstkosten von Produkt p
F	Konstante
h	Lagerkostensatz
h_t	Lagerkostensatz in t
h_p	Lagerkosten einer Einheit von Produkt p
h_p^e	Echelon-Lagerkosten einer Einheit von Produkt p
i	Zeitindex
k	Zeitindex
l	Zeitindex
L	Menge von Perioden
m	Ressourcenindex
M	BigM
M_{pt}	maximale Produktion
M_{tk}^{prod}	maximale Produktion in t für die Perioden t bis k
M_{ptk}^{prod}	maximale Produktion von p in t für die Perioden t bis k
$N_{(p)}$	direkte Nachfolger von Produkt p
o_{mt}	Überstunden auf Ressource m in t
oc_{mt}	Überstundenkosten auf Ressource m in t

p	Produktindex
p_t	Produktionskostensatz in t
P	Menge der Produkte
q	Produktindex
Q^*	Optimale Produktionsmenge (EOQ)
R_{pt}^{min}	minimale Rüstanzahl für Produkt p bis zur Periode t
R_t^{min}	minimale Rüstanzahl bis zur Periode t im Einproduktfall
r_{pq}	Produktionskoeffizient
r_{pq}^v	Verflechtungsbedarfskoeffizient von Produkt q nach p , wobei q Nachfolger von p ist.
R	Ressourcenanzahl
s	Rüstzeit
s_p	Rüstzeit von Produkt p
s_{pm}	Rüstzeit von Produkt p auf Ressource m
S	Menge von Perioden
S'	Menge von Perioden
St_p	Dispositionsstufe von Produkt p
t	Zeitindex
T	Planungshorizont
T^*	Eindeckungszeit
T^{Fix}	Periode bis zu der die Rüstvariablen fixiert sind
T^{int}	Periode bis zu der die Rüstvariablen ganzzahlig sind
T^{rel}	Periode bis zu der die Rüstvariablen relaxiert sind
$V_{(p)}$	Menge der direkten Vorgänger von p
w_{tk}	Fluss von t nach k
w_{ptk}	Fluss für Produkt p von t nach k
x_t	Produktion in Periode t
x_{tk}	Produktion in Periode t für Periode k
x_{pt}	Losgröße von Produkt p in Periode t
x_{ptk}	Produktion von Produkt p in Periode t für Periode k
y_0	Anfangslagerbestand zu Beginn der ersten Periode
y_t	Endlagerbestand in Periode t
y_{pt}	Endlagerbestand von Produkt p in Periode t
y_{pt}^r	Restlagerbestand von p in der Periode t
z_t	Rüstvariable in Periode t
z_{pt}	Rüstvariable von Produkt p in Periode t
z_{pt}	Rüstvariable von Produkt p in Periode t
z_{pt}^{rel}	relaxierte Rüstvariable von Produkt p in Periode t
z_{pt}^{fix}	fixierte Rüstvariable von Produkt p in Periode t
z_{pt}^{best}	Wert der besten bekannten Lösung
z^{heur}	Wert der mit der Heuristik gefundenen Lösung
z^{LP}	Wert der LP Lösung
z^{opt}	Wert der optimalen Lösung
\bar{z}_t	$1 - z_t$
τ	Zeitindex
γ	Breite des Zeitfensters
η	Steuerungsparameter für Rüstzeitanpassung
ξ	Steuerungsparameter für die MIR-Ungleichungen
ϕ	Steuerungsparameter für die Restkapazitätsungleichungen
ϕ_{ptk}	Fluss für Produkt p von t nach k
ρ	Steuerungsparameter für die (I,S)-Ungleichungen

Abkürzungsverzeichnis

CKP	Continuous Knapsack Problem
CLSP	Capacitated Lot-Sizing Problem
EOQ	Economic Order Quantity
LP	Lineares Programm
MIP	Gemischt ganzzahliges Programm
MIR	Mixed Integer Rounding
MLCLSP	Multi Level Capacitated Lot-Sizing Problem
MLCLSP _x	MLCLSP ohne Lagerbestandsvariablen
MLCLSP _x – LR	Lagrange-Relaxation des MLCLSP _x
MLCLSP _{LP}	LP-Relaxation des MLCLSP
MLCLSP ^{SPL}	MLCLSP mit den Variablenreformulierungen der SPL-Formulierung
MLCLSP _{LP} ^{SPL}	LP-Relaxation des MLCLSP ^{SPL}
MLCLSP ^{SR}	MLCLSP mit den Variablenreformulierungen der SR-Formulierung
MLCLSP _{T^{fix}, T^{int}} ^{Sub}	Teilproblem der Heuristik
MLCLSP _{T^{fix}, T^{int}} ^{SR}	Teilproblem der Heuristik in der SR-Formulierung
MLCLSP _{T^{fix}, T^{int}} ^{SPL}	Teilproblem der Heuristik in der SPL-Formulierung
MLCLSP _{T^{fix}, T^{int}} ^{echelon}	Teilproblem der Heuristik mit Echolon-Lagerständen
MRP	Material Requirements Plannig
SICLSP	Single Item Capacitated Lot-Sizing Problem
SLULSP	Single Item Uncapacitated Lot-Sizing Problem
SLULSP ^{SR}	SLULSP mit den Variablenreformulierungen der SR-Formulierung
SLULSP _{expl} ^{SR}	SLULSP ^{SR} mit expliziter Formulierung der Rüstvariablen
SLULSP ^{SPL}	SLULSP mit den Variablenreformulierungen der SPL-Formulierung
SPL	Simple Plant Location
SR	Shortest Route