

Verfahren für die taktische Planung der Supply Chain

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (Dr. rer. pol.)
des Departments Wirtschaftswissenschaften
der Universität Hamburg

vorgelegt von
Dipl.-Kfm. Sebastian Friedrich
aus Hamburg

Hamburg
Juli 2006

Mitglieder der Promotionskommission:

Vorsitzender: Prof. Dr. Hartmut Stadler

Erstgutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. Dieter B. Preßmar

Zweitgutachter: Prof. Dr. Stefan Voß

Das wissenschaftliche Gespräch fand am 29. November 2006 in Hamburg statt.

Schriften zur quantitativen Betriebswirtschaftslehre und
Wirtschaftsinformatik

herausgegeben von Prof. Dr. Stefan Voß

Sebastian Friedrich

Verfahren für die taktische Planung der Supply Chain

Shaker Verlag
Aachen 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Hamburg, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2007

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-5820-7

ISSN 1616-1920

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Geleitwort

Die Globalisierung der unternehmerischen Tätigkeit stellt den Führungskräften neue Herausforderungen, die mit der Gestaltung der internationalen Supply Chain eng verbunden sind und damit neue und vor allem komplexe Entscheidungssituationen ergeben. Auf der Grundlage eines Verbunds in der Güterproduktion und der Distribution können sich viele Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren und dabei ein höheres Effizienzniveau verwirklichen. Zugleich werden Vorteile im Hinblick auf vielfältige Marktzugänge zum Beschaffungs- und Absatzbereich genutzt. Der hohe Verflechtungsgrad der Güterströme erfordert einen beträchtlichen Abstimmungsbedarf für alle Prozesse innerhalb der logistischen Kette. Eine Unterstützung bei dieser Koordinationsaufgabe bieten moderne Softwaresysteme an. Deren Leistungsfähigkeit hängt jedoch in entscheidendem Maße von der Qualität der verwendeten Planungsansätze ab.

Der Verfasser entwickelt in seinem Buch eine neue computergestützte Technologie für die Planung der logistischen Kette. Er eröffnet eine neue Sichtweise auf die Konstruktion von Planungsverfahren und deren Verfahrenskomponenten. Die theoretische Grundlage dieser neuartigen Planungsansätze beruht auf dem Prinzip der Evolutionären Algorithmen, wobei die hohe Planungsqualität mithilfe des Threshold Accepting erreicht wird.

In seiner wissenschaftlichen Analyse dieser neuen Planungsansätze kann der Verfasser mit Hilfe umfangreicher Testrechnungen zeigen, dass die praktische Anwendbarkeit und das Leistungsvermögen seines Verfahrensvorschlags die bekannten Lösungsansätze in allen Belangen der Praxis übertreffen. Aus den experimentellen Untersuchungen ergibt sich auch die Erkenntnis, dass die Implementierung des Planungskonzepts durch ein Softwaresystem, das aus Funktionskomponenten aufgebaut ist, entscheidende Vorteile bietet. Die problemspezifische Anpassung der einzelnen Komponenten auf das gegebene Planungsproblem ermöglicht eine effiziente Bewältigung der in der industriellen Praxis vorherrschenden Gestaltungs- und Koordinationsaufgaben.

Die vorliegende Arbeit ist damit insbesondere für den Praktiker der computergestützten Logistikplanung von herausragender Bedeutung. Der wissenschaftlich interessierte Leser wird weiterführende Anregungen für die Konstruktion und Implementierung von metaheuristischen Planungsmethoden erhalten. Ich wünsche dem Buche von Sebastian Friedrich eine weite Verbreitung und einen engagierten Leserkreis.

Prof. Dr. Dr. h.c. D. B. Preßmar

Vorwort

Diese Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Hamburg. Anregungen für die Ausrichtung und Ausgestaltung meiner wissenschaftlichen Arbeit kamen aus zahlreichen Praxisprojekten. Die mittelfristige Planung der Supply Chain als zentraler Untersuchungsgegenstand dieses Buches ist im Laufe dieser Projekte in den Fokus meiner Forschung gerückt.

Der erste Teil des Buches, die Kapitel 1 bis 3, setzt sich mit den betriebswirtschaftlichen Aspekten des Planungsproblems auseinander. Methodische Aspekte sind Schwerpunkt der Kapitel 4 bis 7. Das Buch richtet sich an Leser mit rein betriebswirtschaftlichem Interesse und solche mit Schwerpunkten im Bereich quantitativer Methoden gleichermaßen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Ein ganz besonderer Dank gebührt meinem akademischen Lehrer Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Dieter B. Preßmar für seine fortwährende Unterstützung durch zahlreiche Anregungen und Diskussionen. In gleicher Weise möchte ich Herrn Prof. Dr. Stefan Voß herzlich danken für die Übernahme des Korreferates und für das große Interesse, das er meiner Arbeit entgegengebracht hat. Seine vielfältigen Denkanstöße waren von großem Nutzen und haben die vorliegende Arbeit in hohem Maß beeinflusst. Danken möchte ich weiterhin Herrn Prof. Dr. Hartmut Stadtler für den Vorsitz des Prüfungsausschusses.

Großen Dank schulde ich auch meinem Kollegen Herrn Dr. Frank Schwartz sowie meinem Vater Herrn Heinrich Friedrich, die durch zahlreiche Anregungen und wertvolle Hinweise einen großen Beitrag zur Vollendung meines Manuskriptes geleistet haben. Darüber hinaus danke ich allen Mitarbeitern des Instituts für Wirtschaftsinformatik und allen ehemaligen Kollegen für die gute Zusammenarbeit, die vielen fruchtbaren Diskussionen und die kleinen aber doch zum Teil sehr wertvollen Anregungen.

Ganz herzlichen danken möchte ich vor allem meiner Frau Anette Friedrich, die mir während der gesamten Zeit meiner Promotion Rückhalt gegeben hat, und schließlich auch meinen Eltern und meiner Familie, die die Entstehung dieser Arbeit stets mit Interesse verfolgt haben.

Sebastian Friedrich

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XVII
Tabellenverzeichnis	XXI
Abkürzungsverzeichnis	XXIII
Symbolverzeichnis	XXV
1 Einleitung	1
1.1 Gegenstand und Ziele der Arbeit	1
1.2 Aufbau der Arbeit	4
2 Taktische Planung der Supply Chain	7
2.1 Supply Chain Management	7
2.1.1 Definitionen und Begriffsabgrenzung	7
2.1.1.1 Definition der Supply Chain	7
2.1.1.2 Definition des Supply Chain Management	9
2.1.2 Bestandteile des Supply Chain Management	12
2.1.3 Herausforderungen und Potenziale im Hinblick auf den Unternehmenserfolg	17
2.2 Hierarchische Ansätze für die Supply-Chain-Planung	19
2.2.1 Grundlagen der hierarchischen Planung	20
2.2.2 Ausgewählte hierarchische Planungsansätze	24
2.2.3 Die Supply-Chain-Planungs-Matrix	26
2.3 Das taktische Supply-Chain-Planungsproblem (TSCP)	31
2.3.1 Betriebswirtschaftliche Entscheidungssituation	32
2.3.2 Zielgrößen für die taktische Planung	38
2.3.3 Aspekte der problemgerechten Datenaufbereitung	42
2.3.3.1 Bewältigung der Problemkomplexität durch Aggregation	43
2.3.3.1.1 Aggregation von Zeiträumen	44
2.3.3.1.2 Aggregation von Ressourcen, Lieferanten und Kunden ..	46
2.3.3.1.3 Aggregation von Produkten	47
2.3.3.2 Bewertung unsicherer Daten	49
2.3.3.2.1 Ursachen der Unsicherheit	49

2.3.3.2.2	Ansätze zur Bewertung unsicherer Daten	50
2.3.3.3	Bewertung der Entscheidungsalternativen	53
3	Typologie der Supply Chains	55
3.1	Grundlegende Merkmale von Supply Chains	55
3.1.1	Funktionale Merkmale	56
3.1.1.1	Absatzbezogene Merkmale	57
3.1.1.2	Produktionsbezogene Merkmale	57
3.1.1.3	Beschaffungsbezogene Merkmale	58
3.1.1.4	Distributionsbezogene Merkmale	58
3.1.2	Strukturelle Merkmale	58
3.1.2.1	Topografische Merkmale	59
3.1.2.2	Organisatorische Merkmale	59
3.2	Supply-Chain-Typen	64
3.2.1	Chemie- und Pharmaindustrie	66
3.2.2	Automobilindustrie	67
3.2.3	Konsumgüterindustrie	71
3.2.4	Elektronikindustrie	73
4	Mathematische Modellierung des taktischen Supply-Chain-Planungsproblems	79
4.1	Überblick über existierende Modellierungsansätze	79
4.1.1	Grundlagen der Modellierung	79
4.1.2	Strukturelle Verwandtschaft zu Problemen einzelner Teilbereiche der Supply Chain	80
4.1.2.1	Verwandtschaft zu Problemen der Losgrößenplanung	81
4.1.2.1.1	Merkmale von Problemen der Losgrößenplanung	82
4.1.2.1.2	Problemklassen der Losgrößenplanung	83
4.1.2.1.3	Abgrenzung des TSCP von der mehrstufigen kapazitierten Losgrößenplanung	88
4.1.2.2	Verwandtschaft zu Problemen der Transportplanung	89
4.1.3	Teilbereichsübergreifende Modellierungsansätze	90
4.1.3.1	Abstimmung von Lieferant und Käufer	93
4.1.3.1.1	Deterministische Modellierungsansätze	94
4.1.3.1.2	Stochastische Modellierungsansätze	94

4.1.3.2	Simultane Lager- und Distributionsplanung	95
4.1.3.2.1	Deterministische Modellierungsansätze	95
4.1.3.2.2	Stochastische Modellierungsansätze	95
4.1.3.3	Umfassende Supply-Chain-Planung	96
4.1.3.3.1	Deterministische Modellierungsansätze	96
4.1.3.3.2	Stochastische Modellierungsansätze	100
4.2	Gemischt-ganzzahlige Modellformulierung	101
4.2.1	Entscheidungsvariablen und Daten	103
4.2.2	Randbedingungen	107
4.2.2.1	Produktion	107
4.2.2.1.1	Kapazitätsrestriktionen	107
4.2.2.1.2	Erfüllung von Mindestproduktionsmengen	114
4.2.2.1.3	Transformationsrestriktionen	115
4.2.2.2	Beschaffung von Rohstoffen und Zukauf von Halbfertigprodukten	115
4.2.2.3	Lagerhaltung	116
4.2.2.4	Transport	118
4.2.2.5	Nachfrage	119
4.2.2.6	Produktfluss	120
4.2.2.7	Ganzzahligkeit	122
4.2.3	Ziel der Planung	122
4.2.4	TSCP-Modell	122
4.3	Erweiterungen	124
4.3.1	Bestimmung von gerundeten Vorgangsdauern	124
4.3.2	Produktsubstitution	127
4.3.3	Alternative Produktionsverfahren	129
4.3.4	Erweiterte Abbildung der Kapazitätsnutzung	130
4.3.5	Betrachtung divergenter Materialflüsse	131
4.3.6	Rabatte, Mindestbestellmengen und Kontingente	133
4.3.7	Umladungen	135
4.3.8	Überproportionale Fehlmengenkosten	135
4.3.9	Aspekte des internationalen Handels	136
4.4	Komplexität des Modellierungsansatzes	137

4.4.1	Grundlagen der Komplexitätstheorie	138
4.4.1.1	Komplexität von Entscheidungsproblemen	138
4.4.1.2	Anwendung der Komplexitätstheorie auf Optimierungsprobleme	141
4.4.2	Komplexität des TSCP	143
4.4.2.1	Beweis der NP-Äquivalenz	143
4.4.2.2	NP-Vollständigkeit des Zulässigkeitsproblems	146
4.4.2.3	Komplexität von Spezialfällen	147
4.4.3	Schlussfolgerungen aus den Komplexitätsüberlegungen	148
5	Methoden und Verfahren für die Planung der Supply Chain	151
5.1	Methodische Grundlagen der Planungsverfahren	151
5.1.1	Klassifikation und Systematisierung	151
5.1.2	Lineare und gemischt-binäre lineare Programmierung	153
5.1.2.1	Problemstruktur	154
5.1.2.2	Verfahren	155
5.1.2.2.1	Verfahren für lineare Probleme	155
5.1.2.2.2	Verfahren für gemischt-binäre lineare Probleme	156
5.1.2.3	Vor- und Nachteile von mathematischen Verfahren	160
5.1.3	Lokale Suchverfahren	160
5.1.3.1	Verfahrensidee	160
5.1.3.2	Komponenten von lokalen Suchverfahren	163
5.1.3.2.1	Lösungsrepräsentation und Lösungsraum	163
5.1.3.2.2	Bewertungsfunktion	165
5.1.3.2.3	Gestaltung der Nachbarschaft	165
5.1.3.2.4	Auswahl und Ausgestaltung der Suchstrategie	166
5.1.3.3	Meta-heuristische Suchstrategien	167
5.1.3.3.1	Evolutionäre Algorithmen	170
5.1.3.3.1.1	Genetische Algorithmen	177
5.1.3.3.1.2	Evolutionsstrategien und Evolutionäre Programmierung	179
5.1.3.3.2	Lösungsverfahren mit der Populationsgröße 1	180
5.1.3.3.2.1	Simulated Annealing	180
5.1.3.3.2.2	Threshold Accepting	182

5.1.3.3.2.3	Tabu Search	184
5.1.3.4	Hybridverfahren	185
5.1.3.5	Vor- und Nachteile lokaler Suchverfahren	186
5.1.4	Weitere Verfahren	187
5.1.4.1	Relaxationsbasierte Verfahren	187
5.1.4.2	Unvollständig ausgeführte exakte Verfahren.....	190
5.1.4.3	Regelbasierte Verfahren.....	190
5.2	Planungsansätze	190
5.2.1	Ansätze für die übergreifende taktische Planung der Supply Chain	191
5.2.1.1	Verfahren auf Basis der mathematischen Optimierung	191
5.2.1.2	Relaxationsbasierte Verfahren	191
5.2.1.3	Spezielle Heuristiken	193
5.2.2	Ansätze für strukturell verwandte Teilprobleme.....	194
5.2.2.1	Verfahren für Losgrößenprobleme.....	194
5.2.2.1.1	Ansätze der gemischt-ganzzahligen Optimierung.....	195
5.2.2.1.2	Lokale Suchverfahren.....	196
5.2.2.1.3	Verfahren auf Basis der Lagrange-Relaxation	200
5.2.2.1.4	Spezielle Heuristiken.....	201
5.2.2.2	Verfahren für die Losgrößen- und Ablaufplanung.....	205
6	Planungsansätze für das TSCP auf Basis des Threshold Accepting	207
6.1	Anforderungen an den Verfahrensaufbau	207
6.1.1	Erkenntnisse aus der Betrachtung von Verfahren für andere Problemstellungen.....	208
6.1.2	Anforderungen an ein lokales Suchverfahren für das TSCP.....	210
6.1.2.1	Auswahl der Suchstrategie.....	210
6.1.2.2	Lösungsrepräsentation, Bewertungsfunktion und Nachbarschaft..	212
6.2	Komponenten zur Steigerung der Leistungsfähigkeit von Verfahren für das TSCP	215
6.2.1	Bewertung unzulässiger Lösungen.....	215
6.2.1.1	Möglichkeiten der Bewertung von Unzulässigkeit.....	216
6.2.1.2	Ansatz zur automatischen Strafkostenanpassung.....	218
6.2.2	Direkte Einbindung des Thresholds in die Bewertungsfunktion	222

6.2.3	Automatische Anpassung der Auswahlwahrscheinlichkeiten für Transformationsoperatoren	223
6.2.4	Destabilisierung.....	225
6.2.5	Automatische Threshold-Steuerung.....	226
6.3	Binärvariablenbasiertes Threshold-Accepting-Verfahren (BBTA-Verfahren).....	228
6.3.1	Aufbau des TA-Lösungsvektors.....	229
6.3.2	Definition der Nachbarschaft	229
6.3.3	Bewertungsfunktion	231
6.3.4	Bestimmung von Ausgangslösungen	233
6.3.5	Verfahrensablauf	234
6.4	Erweiterung des BBTA-Verfahrens (EBTA-Verfahren).....	235
6.4.1	Anforderungen an den Aufbau einer Nachbarschaft.....	235
6.4.2	Erweiterungen gegenüber dem BBTA-Verfahren.....	236
6.5	Routenbasiertes Threshold-Accepting-Verfahren (RBTA-Verfahren).....	238
6.5.1	Ermittlung von Routen durch die Supply Chain	238
6.5.2	Aufbau des TA-Lösungsvektors.....	241
6.5.3	Definition der Nachbarschaft	242
6.5.4	Bewertungsfunktion	244
6.5.5	Bestimmung der Ausgangslösung.....	248
6.5.6	Mehrere unabhängige Thresholds	248
6.5.7	Verfahrensablauf	249
6.5.8	Alternativen in der Ausgestaltung des RBTA-Verfahrens.....	250
6.5.9	Allgemeine Bewertung des Verfahrens.....	250
7	Anwendung und Bewertung der Planungsansätze.....	253
7.1	Aufbau und Erstellung von Problem instanzen.....	254
7.1.1	Kriterien für die Unterscheidung von Szenarien.....	255
7.1.2	Erstellung von Testszenarien mit Hilfe eines Szenario-Generators.....	257
7.1.3	Darstellung der Klassen von Testinstanzen	259
7.2	Bewertung der Verfahrenskomponenten	262
7.2.1	Bewertung der Komponenten des BBTA-Verfahrens und des EBTA-Verfahrens	264
7.2.1.1	Vergleich des BBTA-Verfahrens mit dem EBTA-Verfahren.....	264

7.2.1.2	Automatische Anpassung der Gewichtung von Transformationsoperatoren	265
7.2.1.3	Bewertung unzulässiger Lösungen bei automatischer Strafkostenanpassung	266
7.2.1.4	Einbindung des Thresholds in das lineare Unterproblem	268
7.2.1.5	Automatische Threshold-Steuerung über die Ziel-Akzeptanzrate	269
7.2.1.6	Bestimmung von Ausgangslösungen	270
7.2.2	Bewertung der Komponenten des RBTA-Verfahrens	271
7.2.2.1	Begrenzung der Anzahl maximal aktiver Varianten	271
7.2.2.2	Höhe der Ziel-Akzeptanzrate	272
7.2.2.3	Unabhängigkeit der Thresholds für Lösungsvektor- und Varianten-Transformationen	273
7.2.2.4	Bestimmung von Ausgangslösungen	273
7.3	Bewertung der Planungsverfahren anhand der verschiedenen Problemklassen	274
7.3.1	Kapazitätsverzehr durch Rüstvorgänge	276
7.3.2	Rüstkosten	278
7.3.3	Auslastung der Werkskapazität	279
7.3.4	Supply-Chain-übergreifende Produktionsstruktur	281
7.3.5	Anzahl der Werke zur Herstellung einer Produktgruppe	283
7.3.6	Anzahl der betrachteten Werksressourcen	285
7.3.7	Anzahl separat betrachteter Kapazitätsstufen	286
7.3.8	Anzahl der Endproduktgruppen	288
7.3.9	Anzahl der Perioden	290
7.4	Zusammenfassende Bewertung der Verfahren	291
8	Schlussbetrachtung	295
	Literaturverzeichnis	299

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Bezugsquellen für Roh- und Zwischenprodukte in der deutschen Fertigung.....	2
Abbildung 1-2:	Aufbau der Arbeit.....	5
Abbildung 2-1:	Supply-Chain-Modell.....	10
Abbildung 2-2:	Bestandteile des SCM.....	13
Abbildung 2-3:	House of SCM.....	14
Abbildung 2-4:	Herausforderungen des SCM.....	15
Abbildung 2-5:	Planungshierarchie-Typen.....	21
Abbildung 2-6:	Supply-Chain-Planungs-Matrix.....	26
Abbildung 2-7:	Ebenen der Supply-Chain-Planung.....	31
Abbildung 2-8:	Aggregation von Stücklisten.....	34
Abbildung 2-9:	Zielsystem der taktischen Supply-Chain-Planung.....	43
Abbildung 2-10:	Dimensionen der Aggregation von Entscheidungen.....	44
Abbildung 2-11:	Wartezeiten durch Vorgaben der taktischen Planung.....	45
Abbildung 2-12:	Ablaufplan ohne Wartezeiten.....	45
Abbildung 2-13:	Unzulässigkeit von Planvorgaben.....	46
Abbildung 2-14:	Konvexer Kostenverlauf.....	47
Abbildung 2-15:	Load-Dependent-Lead-Time.....	52
Abbildung 3-1:	Merkmale von Supply Chains.....	56
Abbildung 3-2:	Organisatorische Merkmale.....	61
Abbildung 3-3:	Supply-Chain-Grundtypen.....	65
Abbildung 3-4:	Auslandsstandorte der deutschen Automobilindustrie.....	70
Abbildung 4-1:	Strukturen der mehrstufigen Fertigung.....	85
Abbildung 4-2:	Problemklassen der Losgrößenplanung.....	88
Abbildung 4-3:	Übertragung von Verzugs Mengen.....	120
Abbildung 4-4:	Rundung von Vorgangsdauern.....	126
Abbildung 4-5:	Alternative Produktionsverfahren.....	130
Abbildung 4-6:	Typen der Materialverwertung.....	132
Abbildung 4-7:	Komplexitätsklassen.....	141
Abbildung 5-1:	Klassen der Planungsverfahren.....	153
Abbildung 5-2:	Steepest-Descent-Algorithmus.....	161

Abbildung 5-3:	Suchpfad des Steepest Descent	162
Abbildung 5-4:	Varianten der Lösungs Codierung.....	164
Abbildung 5-5:	Unterscheidung von Lösungsebenen.....	165
Abbildung 5-6:	Klassifikation der Suchstrategien	170
Abbildung 5-7:	Ablauf Evolutionärer Algorithmen.....	174
Abbildung 5-8:	Ein-Punkt-Crossover	177
Abbildung 5-9:	Simulated-Annealing-Algorithmus	182
Abbildung 5-10:	Threshold-Accepting-Algorithmus.....	184
Abbildung 5-11:	Tabu-Search-Algorithmus	185
Abbildung 6-1:	Nicht zusammenhängender Lösungsraum.....	216
Abbildung 6-2:	Lösungsverlauf bei iterativer Strafkostenanpassung	220
Abbildung 6-3:	TA-Lösungsvektor des BBTA-Verfahrens.....	229
Abbildung 6-4:	Transformationsfunktion des BBTA-Verfahrens	231
Abbildung 6-5:	Stark zerklüfteter Lösungsraum	236
Abbildung 6-6:	Alternative Routen durch die Supply Chain.....	239
Abbildung 6-7:	Repräsentation von Routenvarianten durch den TA-Lösungsvektor	242
Abbildung 6-8:	Bestimmung von Ausgangslösungen für das RBTA-Verfahren	248
Abbildung 7-1:	Leistungssteigerung der Optimierungssoftware CPLEX	254
Abbildung 7-2:	Lösungsverlauf für die Testszenarien bei Optimierung mit CPLEX	263
Abbildung 7-3:	Leistungsfähigkeit des BBTA-Verfahrens	264
Abbildung 7-4:	Leistungsfähigkeit des EBTA-Verfahrens.....	265
Abbildung 7-5:	Leistungsfähigkeit bei automatischer Gewichtung der Transformationsoperatoren.....	266
Abbildung 7-6:	Anteil verletzter Kapazitätsrestriktionen	267
Abbildung 7-7:	Lösungsverlauf bei großen Unterschieden in der Höhe der Strafkostenanpassungsfaktoren	268
Abbildung 7-8:	Leistungssteigerung durch Einbindung des Thresholds in das Subproblem.....	269
Abbildung 7-9:	Lösungsgüte des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Höhe der Ziel-Akzeptanzrate	270
Abbildung 7-10:	Lösungsgüte bei Verwendung eines relativen Thresholds	270
Abbildung 7-11:	Lösungsgüte des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Ausgangslösung.....	271
Abbildung 7-12:	Lösungsgüte in Abhängigkeit der maximalen Anzahl aktiver Varianten	272

Abbildung 7-13:	Lösungsgüte des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Ziel-Akzeptanzrate	273
Abbildung 7-14:	Vorteilhaftigkeit unabhängiger Thresholds	273
Abbildung 7-15:	Lösungsgüte des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Ausgangslösung.....	274
Abbildung 7-16:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit des Rüstkapazitätsbedarfs	276
Abbildung 7-17:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit des Rüstkapazitätsbedarfs	276
Abbildung 7-18:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit des Rüstkapazitätsbedarfs	277
Abbildung 7-19:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Rüstkosten.....	278
Abbildung 7-20:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Rüstkosten.....	279
Abbildung 7-21:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Rüstkosten.....	279
Abbildung 7-22:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Werksauslastung	280
Abbildung 7-23:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Werksauslastung	280
Abbildung 7-24:	Anzahl Iterationen des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Werksauslastung	281
Abbildung 7-25:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Werksauslastung	281
Abbildung 7-26:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Produktionsstruktur	282
Abbildung 7-27:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Produktionsstruktur	282
Abbildung 7-28:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Produktionsstruktur	283
Abbildung 7-29:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Anzahl alternativer Werke	283
Abbildung 7-30:	Anzahl Iterationen des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl alternativer Werke.....	284
Abbildung 7-31:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl alternativer Werke	284
Abbildung 7-32:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl alternativer Werke	285
Abbildung 7-33:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Anzahl unabhängiger Ressourcen.....	285

Abbildung 7-34:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl unabhängiger Ressourcen	286
Abbildung 7-35:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl unabhängiger Ressourcen	286
Abbildung 7-36:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Anzahl an Kapazitätsstufen.....	287
Abbildung 7-37:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl an Kapazitätsstufen.....	287
Abbildung 7-38:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl an Kapazitätsstufen.....	288
Abbildung 7-39:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Anzahl an Endproduktgruppen	289
Abbildung 7-40:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl an Endproduktgruppen	289
Abbildung 7-41:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Anzahl an Endproduktgruppen	290
Abbildung 7-42:	Schwierigkeitsgrad von Szenarien in Abhängigkeit der Periodenanzahl.....	290
Abbildung 7-43:	Ergebnisse des EBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Periodenanzahl.....	291
Abbildung 7-44:	Ergebnisse des RBTA-Verfahrens in Abhängigkeit der Periodenanzahl.....	291

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Im Rahmen der taktischen Supply-Chain-Planung zu treffende Entscheidungen.....	37
Tabelle 2-2:	Benötigte Daten für die taktische Supply-Chain-Planung.....	38
Tabelle 3-1:	Merkmale von Supply Chains der Chemie- und Pharmaindustrie	68
Tabelle 3-2:	Merkmale von Supply Chains der Automobilindustrie.....	71
Tabelle 3-3:	Merkmale von Supply Chains der Konsumgüterindustrie	74
Tabelle 3-4:	Merkmale von Supply Chains der Elektronikindustrie	77
Tabelle 5-1:	Vergleich der Begriffe der verschiedenen Strategien.....	169
Tabelle 5-2:	Begriffe der Evolutionären Algorithmen.....	173
Tabelle 5-3:	Merkmale der verschiedenen Evolutionären Algorithmen.....	176
Tabelle 5-4:	Klassifikation der Verfahren für das MLCLSP	205
Tabelle 7-1:	Basisparametrisierung des Szenario-Generators	261
Tabelle 7-2:	Parametereinstellungen des EBTA-Verfahrens.....	275
Tabelle 7-3:	Parametereinstellungen des RBTA-Verfahrens.....	275

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BBTA	binärvariablenbasiertes Threshold Accepting
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CLSP	Capacitated Lot-Sizing Problem
CSLP	Continuous Setup Lot-Sizing Problem
d.h.	das heißt
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DLSP	Discrete Lot-Sizing and Scheduling Problem
EBTA	Erweiterung des binärvariablenbasierten Threshold Accepting
et al.	et alii (und andere)
evtl.	eventuell
exp	Exponent
f	und die folgende Seite
ff	und fortfolgende Seiten
GA	Genetischer Algorithmus
GB	Gigabyte
GCLSP	General Capacitated Lot-Sizing Problem
GE	Geldeinheiten
GHz	Gigahertz
GLSP	Generalized Lot-Sizing and Scheduling Problem
Hrsg.	Herausgeber
i.d.R.	in der Regel
IT	Informationstechnologie
IuK	Information und Kommunikation
LB	Lower Bound
LP	Lineare Programmierung sowie Lineares Programm (in Abhängigkeit des Kontextes)
max	Maximum
ME	Mengeneinheit
MHz	Megahertz
min	Minimum
MIP	Mixed Integer Programming (gemischt-ganzzahlige Programmierung)
MLCLSP	Multi-Level Capacitated Lot-Sizing Problem
MLLP	Multilevel Lot-Sizing Problem
mrp	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Ressource Planning
OR	Operations Research
o.V.	ohne Verfasser

PLSP	Proportional Lot-Sizing and Scheduling Problem
RBTA	routenbasiertes Threshold Accepting
rnd	Random (Zufallsfunktion)
s	Sekunden
s.	siehe
S.	Seite
SA	Simulated Annealing
SCC	Supply-Chain Council
SCM	Supply Chain Management
SCOR-Modell	Supply-Chain-Operations-Reference-Modell
SOS	Special-Ordered-Set
Sp.	Spalte
TA	Threshold Accepting
TSCP	taktisches Supply-Chain-Planungsproblem
TSCP-EP	Entscheidungsproblemvariante des taktischen Supply-Chain-Planungsproblems
TSCP-REP	reduzierte Entscheidungsproblemvariante des taktischen Supply-Chain-Planungsproblems
TSP	Travelling Salesman Problem
UB	Upper Bound
u.d.Nb.	unter den Nebenbedingungen
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

Symbolverzeichnis

Die mehrfache Verwendung von Symbolen ist aufgrund der großen Zahl an betrachteten Modellen und Verfahren nicht vollständig zu vermeiden. Für alle mehrfach verwendeten Symbole wird daher zusätzlich zu deren Bedeutung der Kontext angegeben, für den die aufgeführte Bedeutung gültig ist. Der Übersichtlichkeit halber wird eine Unterteilung in Indizes, Parameter, Variablen, Mengen und sonstige Symbole vorgenommen.

Indizes

e	Endproduktgruppe.
i	Produktionsstandort (→klassisches Transportproblem).
i	Kostenrechnerisch oder technisch unterscheidbare Ressourceneinheit, $i \in I_o$ (→TSCP).
i	Zeit konsumierender Transport- oder Produktionsvorgang innerhalb der Supply Chain (→Modell zur Berechnung von ganzzahligen Vorgangsdauern).
i	Gegenstandsindex (→Knapsackproblem).
j	Bedarfsstandort.
k	Maschinenindex (→MLCLSP).
k	Bezeichner für unterscheidbare parallel nutzbare Transportkanten, $k \in K_{a,o'}$ (→TSCP).
m	Produkt (→MLCLSP).
m	Produktgruppe, Zwischenproduktgruppe, $m \in M$ (→TSCP).
o	Ort bzw. Knoten, $o \in O$.
p	Produktionsprozess.
r	Ressourcentyp (z.B. Arbeitskraft, Maschine), $r \in R$.
t	Periode, $t \in T$.
v	Fehlmenge, $v \in V$.

Parameter

a_i	i -ter positiver ganzzahliger Wert.
A	Matrix reeller Zahlen; Koeffizientenmatrix.
α	Absenkfaktor der Temperatur (→ Simulated Annealing).
α	Absenkfaktor des Thresholds (→Threshold Accepting).
b	Vektor reeller Zahlen.
B	Matrix reeller Zahlen; Koeffizientenmatrix.
$B_{o,m}^{max}$	Beschaffungskontingent der Produktgruppe m in Knoten o über den gesamten Planungszeitraum (→Erweiterung des TSCP).
$B_{t,o,m}^{max}$	Maximale Bestellmenge in einer t - o - m -Kombination (→TSCP).
$B_{t,o,m,i}^{max}$	Maximale Bestellmenge in Stufe i (→Erweiterung des TSCP).

$B_{o,m}^{min}$	Mindestbestellmenge von Produktgruppe m in Knoten o über den gesamten Planungszeitraum ($\rightarrow$ TSCP).
$B_{t,o,m}^{min}$	Mindestbestellmenge in einer t - o - m -Kombination ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP).
c	Zielfunktionskoeffizientenvektor.
C_i	Produktionskapazität in Standort i .
$C_{m,m'}^{in}$	Menge von Produkt m , die zur Produktion einer Einheit von Produkt m' benötigt wird.
C_m^L	Koeffizient der Lagerinanspruchnahme durch Produktgruppe m (pro ME).
C^P	Kapazitätsnutzung ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$C_{m,k}^P$	Kapazitätsinanspruchnahme der Maschine k durch Produktion einer Einheit von Produkt m ($\rightarrow$ MLCLSP).
$C_{o,m,r}^P$	Koeffizient der Inanspruchnahme von Produktionskapazität in einer o - m - r -Kombination (pro ME); ($\rightarrow$ TSCP).
$C_{t',o,m,r}^P$	Kapazitätskoeffizient für die Produktion in einer o - m - r -Kombination, der für jede Produktionsperiode t' relativ zum Produktionsbeginn den Kapazitätsbedarf angibt ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP).
$C_{m,m'}^{Pin}$	Anteil an Vorprodukt m , der als Input zur Herstellung einer Einheit von Produkt m' benötigt wird ($\rightarrow$ TSCP).
$C_{m,p}^{Pin}$	Inputanteil von Produkt m bei Produktionsprozess p ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP – Betrachtung divergenter Materialflüsse).
$C_{m,p}^{Pout}$	Outputanteil von Produkt m bei Produktionsprozess p .
$C_{m,m'}^{Subst}$	Benötigte ME der Produktgruppe m' , um eine ME der Produktgruppe m zu substituieren.
C_m^{Win}	Koeffizient der Inanspruchnahme von Transportkapazität durch Produktgruppe m (pro ME).
d	Vektor reeller Zahlen.
D_j	Bedarf in Ort j ($\rightarrow$ klassisches Transportproblem).
$D_{m,t}$	Bedarf an Produkt m in Periode t ($\rightarrow$ MLCLSP).
D_t	Nachfrage in Periode t ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$D_{t,o,m}$	Nachfragemenge in einer t - o - m -Kombination ($\rightarrow$ TSCP).
D_i^{urspr}	Tatsächliche Dauer des Vorgangs i .
ε	Ein kleiner Wert.
γ^+	Strafkostenanpassungsfaktor für die Strafkostenenerhöhung.
γ^-	Strafkostenanpassungsfaktor für die Strafkostenenkung.
H	positiver ganzzahliger Wert.
$I_{t,o}^{Pmax}$	Letzte Kapazitätsstufe der Ressourcen in Knoten o in Periode t .
$K_{i,j}$	Kosten für den Transport einer Einheit von Ort i nach Ort j .
$K_{o,m}^B$	Beschaffungskosten für Produktgruppe m in Knoten o (pro ME).
$K_{o,m}^{B_SpFix}$	Sprungfixe Bestell- bzw. Beschaffungskosten für Produktgruppe m in Knoten o (pro Bestellung).

$K^{KapBS}_{t,o,m}$	Strafkosten für die Verletzung der maximalen Beschaffungsmenge von Produktgruppe m an Knoten o in Periode t (pro ME).
$K^{KapLS}_{t,o}$	Strafkosten für die Verletzung der Kapazitätsrestriktion des Lagers an Knoten o in Periode t (pro Kapazitätseinheit).
$K^{KapPS}_{t,o,r}$	Strafkosten für die Verletzung der Kapazitätsrestriktion von Produktionsressource r in Periode t und Knoten o (pro Kapazitätseinheit).
$K^{KapWS}_{t,o,o',k}$	Strafkosten für die Verletzung der Kapazitätsrestriktion von Transportressource k für die Verbindung von Knoten o nach Knoten o' in Periode t (pro Kapazitätseinheit).
K^L_m	Lagerkosten für das Produkt m (pro Periode); ($\rightarrow$ MLCLSP).
$K^L_{o,m}$	Lagerkosten für Produktgruppe m in Knoten o (pro ME); ($\rightarrow$ TSCP).
$K^{L_SpFix}_o$	Sprungfixe Lagerkosten in Knoten o (pro Lagerraumeinheit).
K^{max}	Maximale Gesamtkosten.
$K^P_{o,m}$	Produktionskosten für Produktgruppe m in Knoten o (pro ME); ($\rightarrow$ TSCP).
$K^P_{o,p}$	Kosten pro Produktionsprozess-Basismengeneinheit ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP – Betrachtung divergenter Materialflüsse).
$K^{PR}_{o,i,r}$	Proportionale Kapazitätskosten einer Produktions-Ressourcen-Stufe in einer o - i - r -Kombination (pro Kapazitätseinheit).
$K^{P_SpFix}_{o,i,r}$	Sprungfixe Produktionskosten in einer o - i - r -Kombination (pro Produktionskapazitätseinheit).
K^S_m	Rüstkosten für das Produkt m .
$K^{Setup}_{o,m}$	Rüstkosten an Knoten o für Produktgruppe m , wenn in einer Periode eine Produktgruppe aufgelegt wird (pro Rüstvorgang); ($\rightarrow$ TSCP).
K^{Setup}_t	Rüstkosten für die Produktion in Periode t ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$K^V_{o,m}$	Backorder-Fall: Verspätungskosten (pro ME); Lost-Sales-Fall: Kosten für Nichterfüllung eines Auftrages für Produktgruppe m an Knoten o (pro ME); ($\rightarrow$ TSCP).
$K^V_{o,m,v}$	Fehlmengekosten für eine o - m -Kombination in Fehlmengekstufe v ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP).
$K^W_{o,o',k,m}$	Transportkosten in einer o - o' - k - m -Kombination (pro ME).
$K^{W_SpFix}_{o,o',k}$	Sprungfixe Transportkosten in einer o - o' - k -Kombination (pro Transporteinheit).
$L^{anf}_{o,m}$	Lageranfangsbestand der Produktgruppe m in Knoten o .
L^{max}_o	Maximale Lagerkapazität in Knoten o .
$L^{min}_{o,m}$	Minimaler Lagerbestand am Ende einer Periode (knotenbezogener Sicherheitsbestand).
$L^{min\ Gesamt}_m$	Minimaler Lagerbestand der Produktgruppe m am Ende einer Periode (Supply-Chain-weiter Sicherheitsbestand).
$LB^{Strafkosten}$	Untergrenze für die Bewertung der Verletzung einer Restriktion um eine Einheit.

$LT_{o,m}^P$	Dauer eines Transformations- bzw. Produktionsprozesses zur Erstellung der Produktgruppe m in Knoten o (Lead-Time) (in Perioden); ($\rightarrow$ TSCP).
LT_p^P	Lead-Time des Produktionsprozesses p ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP – Betrachtung divergenter Materialflüsse).
λ	Anzahl an Nachkommen ($\rightarrow$ Evolutionsstrategien).
M	Hinreichend großer Wert ($\rightarrow$ MLCLSP).
$M_{t,o,m}$	Eine hinreichend große Zahl für die entsprechende t - o - m -Kombination ($\rightarrow$ TSCP).
μ	Anzahl Elternindividuen ($\rightarrow$ Evolutionsstrategien).
p_n	Auswahlwahrscheinlichkeit für den Transformationsoperator n .
P_k^{max}	Maximale Produktionskapazität der Maschine k ($\rightarrow$ MLCLSP).
P_t^{max}	Die maximale Produktionskapazität in der Periode t ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$P_{t,o,i,r}^{max}$	Maximale Produktionskapazität in einer t - o - i - r -Kombination ($\rightarrow$ TSCP).
$P_{o,m}^{min}$	Mindestproduktionsmenge für Produktgruppe m in Knoten o .
s	Anzahl disjunkter Teilmengen.
S_m	Kapazitätsverzehr durch einen Rüstvorgang für das Produkt m (Rüstzeit); ($\rightarrow$ MLCLSP).
$S_{o,m,r}$	Kapazitätsbedarf durch einen Rüstvorgang in einer o - m - r -Kombination ($\rightarrow$ TSCP).
S^{max}	Größe des Rucksacks.
$SV_{t,o,m,v}^{max}$	Maximale Verzugsmenge bzw. maximaler Umsatzverlust der Produktgruppe m in Fehlmengenumstufe v in einer t - o -Kombination.
T^0	Starttemperatur ($\rightarrow$ Simulated Annealing).
T^0	Startthreshold ($\rightarrow$ Threshold Accepting).
T^{max}	Letzte Periode (Planungshorizont); ($\rightarrow$ TSCP).
T^{max}	Anzahl der Perioden des TSCP-REP ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$T_{o,o',k}^W$	Dauer des Transportes auf einer Kante k von o nach o' .
V^{min}	Mindestnutzen.
$W_{t,o,o',k}^{max}$	Maximale Kapazität einer Transportkante in einer t - o - o' - k -Kombination.
Z_o^{Smax}	Maximale Anzahl aktiver Rüstzustände in Werk o (pro Periode).

Variablen

d_i	Auf ganze Perioden gerundete Vorgangsdauer.
f	Bruchteil einer Periode, ab dem zum nächsten ganzzahligen Wert ab- bzw. aufgerundet wird.
$k_{t,o,i,r}^{PR}$	Kapazität einer Ressource r in Stufe i , die in Knoten o in t beansprucht wird.
$l_{m,t}$	Menge von Produkt m , die in Periode t gelagert wird ($\rightarrow$ MLCLSP).
λ	Vektor von Lagrange-Multiplikatoren.
$p_{t,o,p}$	Basismenge in einem Produktionsprozess p in einer t - o -Kombination.

s_i	Größe von Gegenstand i .
$s_{t,o,m}^{KapB}$	Überbeschaffung der Produktionsgruppe m in Periode t an Knoten o (in ME).
$s_{t,o}^{KapL}$	Überauslastung des Lagers an Knoten o in Periode t .
$s_{t,o,r}^{KapP}$	Überauslastung der Produktionsressource r in Periode t an Knoten o (in Kapazitätseinheiten).
$s_{t,o,o',k}^{KapW}$	Überauslastung der Transportressource k von o nach o' in Periode t (in Kapazitätseinheiten).
$s_{t,o,m}^V$	Verzugsmenge bzw. Umsatzverlust der Produktgruppe m in einer t - o -Kombination ($\rightarrow$ TSCP).
$s_{t,o,m,v}^V$	Verzugsmenge bzw. Umsatzverlust der Produktgruppe m in der Fehlmengenstufe v in einer t - o -Kombination ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP).
v_i	Nutzen von Gegenstand i .
x	Vektor von Entscheidungsvariablen ($\rightarrow$ allgemeines Optimierungsproblem).
x	Vektor von positiven reellwertigen Variablen ($\rightarrow$ LP, gemischt-ganzzahliges Optimierungsproblem).
$x_{i,j}$	Transportmenge von Ort i nach Ort j ($\rightarrow$ klassisches Transportproblem).
$x_{m,t}$	Menge von Produkt m , die in Periode t hergestellt wird ($\rightarrow$ MLCLSP).
$x_{t,o,m}^B$	Menge einer beschafften Produktgruppe m in einer t - o -Kombination ($\rightarrow$ TSCP).
$x_{t,o,m,i}^B$	Menge einer beschafften Produktgruppe m in einer t - o -Kombination in Stufe i ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP).
x^{best}	Beste bisher gefundene Lösung.
x_t^L	Menge der Produktgruppe, die am Ende der Periode t eingelagert wird ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$x_{t,o,m}^L$	Lagermenge einer Produktgruppe m in einer t - o -Kombination ($\rightarrow$ TSCP).
x_t^P	Menge der Produktgruppe, die in Periode t hergestellt wird ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$x_{t,o,m}^P$	Menge der Produktgruppe m , deren Produktion an Knoten o in Periode t begonnen hat ($\rightarrow$ TSCP).
$x_{t,o,m}^{Pin}$	Menge der Produktgruppe m , die in die Produktion in Knoten o in Periode t eingeht.
$x_{t,o,m,m'}^{Subst}$	Menge der Produktgruppe m , die durch Produktgruppe m' substituiert wird.
$x_{t,o,o',k,m}^{Win}$	Menge der Produktgruppe m , deren Transport von o nach o' über die Kante k in Periode t startet.
y	Vektor von Binärvariablen ($\rightarrow$ gemischt-binäres Optimierungsproblem).
$y_{m,t}$	1, wenn Produkt m in Periode t hergestellt wird; 0 sonst ($\rightarrow$ MLCLSP).

XXX

$y_{t,o,m}^B$	1, wenn Produktgruppe m in Periode t in Knoten o beschafft wird, 0 sonst ($\rightarrow$ TSCP).
$y_{t,o,m,i}^B$	1, wenn Produktgruppe m in Periode t in Knoten o in Stufe i beschafft wird, 0 sonst ($\rightarrow$ Erweiterung des TSCP).
$y_{t,o}^L$	1, wenn in Knoten o in Periode t gelagert wird, 0 sonst.
$y_{t,o,m}^M$	1, wenn Produktgruppe m in Periode t in Knoten o produziert wird, 0 sonst.
y_t^P	Binärvariable, die die Produktion in einer Periode kontrolliert ($\rightarrow$ TSCP-REP).
$y_{t,o,i,r}^P$	1, wenn Kapazitätsblock i in Knoten o für Ressource r in Periode t den höchsten genutzten Kapazitätsblock darstellt, 0 sonst ($\rightarrow$ TSCP).
$y_{t,o,o',k}^W$	1, wenn Transportkante k in Periode t benutzt wird, 0 sonst.
$z_{t,o,i,r}^P$	Kontinuierliche Variable, die auf den Wert 1 gezwungen wird, wenn in einer t - o - r -Kombination ein Kapazitätsblock i genutzt wird, 0 sonst (natürlich ganzzahliger Kapazitätsblock-Indikator).
$z_{t,o,m}^{Setup}$	Kontinuierliche Variable, die den Wert 1 annimmt, wenn in einer t - o -Kombination auf Produktgruppe m gerüstet wird, 0 sonst (natürlich ganzzahliger Rüstindikator).

Mengen

A	Menge positiver ganzzahliger Werte.
E	Menge aller Endprodukte.
I	Menge aller Vorgänge i innerhalb der Supply Chain ($\rightarrow$ Modell zur Berechnung von ganzzahligen Vorgangsdauern).
I	Menge aller Produktionsstandorte i ($\rightarrow$ klassisches Transportproblem).
I_e	Menge aller Vorgänge innerhalb der Supply Chain, die zur Erstellung einer Endproduktgruppe e notwendig sind ($\rightarrow$ Modell zur Berechnung von ganzzahligen Vorgangsdauern).
I_o	Menge aller Kapazitätsstufen i in Knoten o ($\rightarrow$ TSCP).
J	Menge aller Bedarfsstandorte j .
K	Menge aller Maschinen k ($\rightarrow$ MLCLSP).
$K_{o,o'}$	Menge aller Transportkanten k von Knoten o nach Knoten o' ($\rightarrow$ TSCP).
M	Menge der Produktgruppen m .
M_o^B	Menge der Produktgruppen, die in Knoten o beschafft werden können.
M_o^{DFehl}	Menge aller Produktgruppen m , die an Knoten o nachgefragt werden, bei denen die Nachfrage im Verspätungsfall verloren ist.
$M_o^{DVerzug}$	Menge aller Produktgruppen m , die an Knoten o nachgefragt werden, bei denen im Verspätungsfall nachgeliefert werden kann.
M_o^L	Menge der Produktgruppen, die in Knoten o gelagert werden.
M_m^{out}	Menge der (Output-)Produkte, in deren Produktion m als Input ein- geht.

M_o^P	Menge der Produktgruppen, die an dem Produktionsort o hergestellt werden.
M_o^{Pin}	Menge der Produktgruppen, die an dem Produktionsort o für die Produktion einer Produktgruppe als Input benötigt werden.
M_o^{PMin}	Menge der Produktgruppen, die an dem Produktionsort o hergestellt werden und für die eine Mindestproduktionsmenge existiert.
M_m^{Pout}	Menge der (Output-)Produktgruppen, in deren Produktion m als Input eingeht.
M^{Prod}	Menge der Produkte m .
$M^{SetupÜbertrag}$	Menge der Produktgruppen, für die ein Rüstzustand in eine Folgeperiode übertragen werden kann.
M_m^{Subst+}	Menge aller Produktgruppen, durch die m substituiert werden kann.
M_m^{Subst-}	Menge aller Produktgruppen, die durch m substituiert werden können.
M_k^W	Menge der Produktgruppen, die auf der Transportkante k transportiert werden können.
N	Menge aller Transformationsoperatoren n .
NP	Klasse aller Entscheidungsprobleme, die nicht sicher mit polynomialem Aufwand gelöst werden können.
O	Menge aller Knoten o .
O_m^L	Menge der Knoten, an denen Produktgruppe m gelagert werden kann.
P	Klasse aller Entscheidungsprobleme, die mit polynomialem Aufwand gelöst werden können.
p_m^{in}	Menge aller Produktionsprozesse p , die Produktgruppe m als Input benötigen.
p_m^{out}	Menge aller Produktionsprozesse p , die Produktgruppe m als Output erzeugen.
R	Menge aller Ressourcen r .
R_+^n	Menge n -dimensionaler Vektoren positiver reeller Zahlen.
S	Lösungsraum eines lokalen Suchverfahrens.
$S^{Kap_eingehalten}$	Menge aller Ressourcen, deren Kapazitätsgrenze seit der letzten Strafkostenanpassung nicht verletzt worden ist.
$S^{Kap_verletzt}$	Menge aller Ressourcen, deren Kapazitätsgrenze seit der letzten Strafkostenanpassung verletzt worden ist.
T	Menge aller Perioden t .
U	Menge aller Gegenstände i .
V	Menge aller Fehlmengenniveaus v .

Sonstige Symbole

$anzI_n$	Anzahl der Transformationen mit dem Operator n , die zu einer Verbesserung der Lösung geführt haben.
$anzR_{t,o,m}^M$	Zähler für die Anzahl an Routen, durch die eine Variable $y_{t,o,m}^M$ gesetzt wird.

$anzR_{t,o,i,r}^P$	Zähler für die Anzahl an Routen, durch die eine Variable $y_{t,o,i,r}^P$ gesetzt wird.
$anzT_n$	Gesamtanzahl der Transformationen mit dem Operator n .
Δe	Energieanstieg.
f	Kapazitätsauslastungsfunktion.
$F(x)$	Verteilungsfunktion ($\rightarrow$ wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtung).
$F(x)$	Zielfunktion ($\rightarrow$ allgemeines Optimierungsproblem, LP).
$F(x)$	Bewertungsfunktion ($\rightarrow$ lokale Suchverfahren).
$F(x,y)$	Lineare Zielfunktion ($\rightarrow$ gemischt-binäres Optimierungsproblem).
F^{abs}	Absolute Bewertung einer Lösung, die mit dem aktuell untersuchten Verfahren ermittelt wurde.
F^{akt}	Bewertung der aktuellen Lösung.
F^{BBTA}	Bewertungsfunktion des BBTA-Verfahrens.
$F^{MIP3600}$	Bester Zielfunktionswert, der mit Hilfe der mathematischen Optimierung nach einer Stunde Rechenzeit (3600 Sekunden) für das betrachtete Szenario gefunden wurde.
F^{RBTA}	Bewertungsfunktion des RBTA-Verfahrens.
F^{rel}	Relative Lösungsgüte.
$g_i(x)$	i -te Funktion von x .
$g_i(x,y)$	i -te lineare Funktion von x und y .
gap^{opt}	Optimalitätslücke.
k	Boltzmann-Konstante.
lb	Niedrigste untere Schranke bzw. bestenfalls noch erreichbarer Zielfunktionswert.
M	Transformationsfunktion.
n	Anzahl ausgewählter Elternindividuen ($\rightarrow$ Genetische Algorithmen).
n	Iterationszähler ($\rightarrow$ sonstige Fälle).
$N(x)$	Nachbarschaft einer Lösung x .
$O(p(n))$	Ordnung des Polynoms $p(n)$.
p	Akzeptanzwahrscheinlichkeit (Simulated Annealing).
P	Optimierungsproblem.
$p(n)$	Polynom von n .
PD	Dekomponierbares Optimierungsproblem.
PR	Relaxiertes Optimierungsproblem.
Π	Entscheidungsproblem.
q_n	Zustand einer Turingmaschine; „Eine Lösung wurde nicht gefunden“.
q_v	Zustand einer Turingmaschine; „Eine Lösung wurde gefunden“.
$\text{rnd}[0,1]$	Zufallszahl zwischen 0 und 1.
T	Temperatur ($\rightarrow$ Simulated Annealing).
T	Threshold bzw. Toleranzschwelle ($\rightarrow$ Threshold Accepting).