
Produktion und Logistik

Herausgegeben von

B. Fleischmann, Augsburg, Deutschland
M. Grunow, München, Deutschland
H.-O. Günther, Berlin, Deutschland
S. Helber, Hannover, Deutschland
K. Inderfurth, Magdeburg, Deutschland
H. Kopfer, Bremen, Deutschland
H. Meyr, Stuttgart, Deutschland
Th. Spengler, Braunschweig, Deutschland
H. Stadtler, Hamburg, Deutschland
H. Tempelmeier, Köln, Deutschland
G. Wäscher, Magdeburg, Deutschland

Diese Reihe dient der Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse auf den Gebieten der Produktion und Logistik. Aufgenommen werden vor allem herausragende quantitativ orientierte Dissertationen und Habilitationsschriften. Die Publikationen vermitteln innovative Beiträge zur Lösung praktischer Anwendungsprobleme der Produktion und Logistik unter Einsatz quantitativer Methoden und moderner Informationstechnologie.

Herausgegeben von

Professor Dr. Bernhard Fleischmann
Universität Augsburg

Professor Dr. Herbert Meyr
Universität Stuttgart

Professor Dr. Martin Grunow
Technische Universität München

Professor Dr. Thomas Spengler
Technische Universität Braunschweig

Professor Dr. Hans-Otto Günther
Technische Universität Berlin

Professor Dr. Hartmut Stadler
Universität Hamburg

Professor Dr. Stefan Helber
Universität Hannover

Professor Dr. Horst Tempelmeier
Universität Köln

Professor Dr. Karl Inderfurth
Universität Magdeburg

Professor Dr. Gerhard Wäscher
Universität Magdeburg

Professor Dr. Herbert Kopfer
Universität Bremen

Kontakt

Professor Dr. Hans-Otto Günther
Technische Universität Berlin
H 95, Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin

Sebastian Geier

Demand Fulfillment bei Assemble-to-Order- Fertigung

Analyse, Optimierung und Anwen-
dung in der Computerindustrie

Mit einem Geleitwort von
Prof. em. Dr. Dr. h.c. Bernhard Fleischmann

 Springer Gabler

Sebastian Geier
Augsburg, Deutschland

Dissertation Universität Augsburg, 2013

ISBN 978-3-658-04878-5

ISBN 978-3-658-04879-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-658-04879-2

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

Springer Gabler

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Gabler ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.springer-gabler.de

Geleitwort

Das Demand Fulfillment hat im Zuge der Online-Auftragsübermittlung an Bedeutung gewonnen und findet seit einigen Jahren stärkere Beachtung in der Literatur zum Supply Chain Management. Dabei wird aber überwiegend eine Make-to-Stock-Fertigung unterstellt und lediglich das Order Promising (OP) betrachtet, das aufgrund der verfügbaren Endprodukt-Bestände Entscheidungen über die Annahme und den Liefertermin der eingehenden Aufträge zu treffen hat. Bei einer Assemble-to-Order (ATO)-Fertigung, wie sie vor allem in der Elektronik-Industrie verbreitet ist, ist die Situation komplizierter: Die prognosebasierte Planung endet mit der Bereitstellung von Beständen an Komponenten, so dass die Aufgaben des Demand Fulfillment umfangreicher und schwieriger sind und eine längere Durchlaufzeit vom Auftragseingang bis zur Auslieferung betreffen. Diese Aufgaben, mit denen sich die Forschung noch kaum beschäftigt hat, sind Gegenstand der vorliegenden Schrift. Sie behandelt, wie der Untertitel treffend angibt, drei Aspekte:

Erster Schwerpunkt ist die Analyse der besonderen Inhalte und Ziele des Demand Fulfillment bei ATO-Fertigung, für die es noch standardmäßige Systematik gibt. Während die neuere Literatur eingehend das OP bei Online-Auftragseingang und die damit verbundene Priorisierungs-Problematik behandelt, grenzt der Verfasser als „Demand-Supply-Matching“ (DSM) wesentliche ATO-spezifische Aufgaben ab: Hier muss während der Durchlaufzeit einer oft großen Anzahl bestätigter Aufträge die Einhaltung der Liefertermine überwacht werden, was eine geeignete Zuordnung von Komponentenmengen und Montagekapazitäten erfordert. Außerdem können unvorhergesehene Änderungen in der Verfügbarkeit von Komponenten und Kapazität Änderungen der Liefertermine („Repromising“) erzwingen.

Ein zweiter Schwerpunkt ist die Entwicklung eines neuartigen Konzepts der rollierenden Planung für den ATO-Fall, das aus einem Wechsel von laufenden Online-OP-Vorgängen und einem täglichen DSM besteht. Dank der im DSM vorgenommenen auftragsbezogenen Reservierungen kann im Online-OP die Gesamtsituation der Verfügbarkeit berücksichtigt werden.

Das DSM bietet Spielraum für die Optimierung solcher Reservierungen im Rahmen eines Mixed-Integer-Programming-Modells.

Schließlich erprobt der Verfasser dieses Konzept in einer Fallstudie mit realen Daten eines Elektronik-Herstellers von beeindruckendem Umfang: Zu dem Bestand von etwa 15.000 offenen Aufträgen gehen täglich etwa 1.800 neue Aufträge zu; ein Auftrag benötigt im Mittel 11 von etwa 500 Engpass-Komponenten; eine Komponente wird im Mittel in 70 Aufträgen benötigt. Die Untersuchung zeigt interessante Auswirkungen verschiedener Engpass-Maßnahmen auf die unterschiedlichen Ziele des Demand Fulfillment wie Minimierung von Verspätungen, von Repromising und der Plan-Nervosität.

Die Arbeit greift ein praktisch bedeutsames und wenig untersuchtes Problem des Supply Chain Managements auf und leistet mit originellen Ideen einen gewichtigen Beitrag zur Forschung. Ich wünsche der Schrift eine gute Aufnahme und nachhaltige Wirkung in Praxis und Forschung.

Bernhard Fleischmann

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 2008 bis 2013 während meiner Zeit am Lehrstuhl für Produktion und Logistik von Prof. Dr. Bernhard Fleischmann sowie nach seiner Emeritierung am Lehrstuhl für Production & Supply Chain Management von Prof. Dr. Axel Tuma.

Zu Beginn eines umfangreichen Projekts wie einer Promotion – und über lange Zeit auch noch während der Bearbeitung – kann man nicht unbedingt von dessen Gelingen ausgehen. Man erlebt während dieser langen Zeit zahlreiche Höhen und Tiefen. Ich konnte mich aber immer auf die Hilfe und Unterstützung zahlreicher Personen verlassen, denen ich an dieser Stelle danken möchte.

Ganz besonders danke ich meinem Doktorvater Herrn Prof. em. Dr. Dr. h.c. Bernhard Fleischmann. Er hat mir bereits sehr früh während meines Studiums an der Universität Augsburg die Möglichkeit gegeben, an seinem Lehrstuhl im Rahmen eines Projekts und als studentische Hilfskraft mitzuarbeiten. Nach meinem Studium konnte ich an seinem Lehrstuhl arbeiten und er gab den Anstoß zu meinem Promotionsthema Demand Fulfillment. Besonders danken möchte ich ihm, dass er mich auch nach seiner Emeritierung jederzeit hervorragend unterstützt und betreut hat. Herrn Prof. Dr. Axel Tuma danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens und für die Möglichkeit der Weiterbeschäftigung nach der Emeritierung von Herrn Prof. em. Dr. Dr. h.c. Bernhard Fleischmann. Prof. Dr. Florian Jaehn danke ich für die Übernahme des Vorsitzes bei der mündlichen Prüfung.

Einen erheblichen Beitrag zum guten Gelingen der Promotion haben natürlich die Kollegen der Lehrstühle Produktion und Logistik und Production & Supply Chain Management geleistet. Ich danke allen Kollegen für die gute Zusammenarbeit, die fruchtbaren Diskussionen sowie die gute Stimmung. Dafür danke ich Florian Denz, Bastian Dünnwald, Dr. Christian Gahm, Dr. Jens Kruse, Dr. Karl Mauch, Christian Nuss, Dr. Christoph Pitzl, Dr. Stefan Schorpp, Dennis Stindt sowie den guten Seelen der Lehrstühle, Gudrun Hänig und Doris Rochelle. Besonders danken möchte ich meinem langjährigen Kollegen Dr. Ramin Sahamie, mit dem ich nicht nur in den Wochen und Monaten vor der Fertigstellung häufig diskutiert habe. Ein herzlicher

Dank gilt zudem meinem ehemaligen Kollegen Dr. Andreas Tegel, mit dem ich von Beginn bis zum Abschluss der Promotion häufig diskutiert habe, der mit Rat und Tat zur Seite stand und mit dem mich eine inzwischen langjährige enge Freundschaft verbindet.

Zum Gelingen meiner Promotion haben nicht nur meine Kollegen an den Lehrstühlen beigetragen, sondern auch zahlreiche Freunde. Ich danke allen alten und neu hinzu gewonnenen Freunden für die unzähligen netten Stunden, die für Abwechslung und Normalität über all die Jahre gesorgt haben.

Ein besonders herzlicher Dank gebührt meiner Familie. Ich danke meinen Eltern sowie meinem Bruder für deren Unterstützung und Förderung, auf die ich mich immer verlassen konnte.

Mein größter und herzlichster Dank gilt meiner Freundin Sandra, die mich immer mit Geduld und Verständnis begleitet hat. Sie hat mich trotz ihrer eigenen Promotion stets unterstützt und aufgemuntert und mir so den nötigen persönlichen Rückhalt gegeben.

Sebastian Geier

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	XI
Abbildungsverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Aufgabenstellung und Ziele der Arbeit	2
1.2 Gang der Untersuchung	5
2 Das Demand Fulfillment	9
2.1 Einordnung des Demand Fulfillment in die Supply Chain Planung	9
2.2 Elemente des Demand Fulfillment	17
2.2.1 Begriff des Demand Fulfillment	17
2.2.2 Available-to-Promise	18
2.2.3 Aufgaben des Demand Fulfillment	24
2.3 Einfluss des Entkopplungspunkts auf das Demand Fulfillment	31
2.4 Demand Fulfillment bei ATO-Fertigung	34
2.4.1 Engpassplanung	35
2.4.2 Order Promising	42
2.4.3 Demand Supply Matching	53
2.4.4 Zusammenhang der Planungsaufgaben des Demand Fulfillment	57
2.5 Bezug des Demand Fulfillment zur Supply Chain Planung .	60
2.5.1 Bezug zum Demand Planning	61
2.5.2 Bezug zur Lagerhaltung	61
2.5.3 Bezug zu Master Planning und Produktionsplanung	64
2.5.4 Bezug zum Demand Management und Revenue Ma- nagement	67
2.6 Kennzahlen für das Demand Fulfillment	68
2.7 Planungssituation in der Praxis	73
2.7.1 Besonderheiten der Computerindustrie	73
2.7.2 Die reale Planungssituation eines Computerhersteller	78
2.7.3 Anforderungen an Methoden des Demand Fulfillment bei ATO-Fertigung	82

3	Das Demand Fulfillment in der Literatur	85
3.1	Überblick über die betrachtete Literatur	85
3.2	Order Promising für Auftragsannahme und -Terminierung	89
3.2.1	Online Order Promising	90
3.2.2	Batch Order Promising	94
3.2.3	Hybrides Order Promising	96
3.3	Demand Supply Matching	97
3.4	Fazit des Literaturüberblicks	98
4	Rollierende Planung des Demand Fulfillment bei ATO	101
4.1	Entwicklung eines Konzepts für das Demand Fulfillment	101
4.2	Optimierungsmodell für das Demand Supply Matching	110
4.2.1	Datenbasis	110
4.2.2	Entwicklung eines Optimierungsmodells bei erlaubtem Auftragssplitting	112
4.2.3	Entwicklung eines Optimierungsmodells bei verbotenerm Auftragssplitting	119
4.2.4	Diskussion der Zielfunktionsparameter	120
4.2.5	Modellierung von Möglichkeiten der Engpassplanung	124
4.2.6	Erweiterung um mehrere Fertigungsressourcen	128
4.2.7	Umformulierungen des Modells DSM-NonSplit	130
4.3	Steuerung des Repromising bei rollierender Planung	134
5	Fallstudie in der Computerindustrie	141
5.1	Analyse und Aufbereitung der Testdaten	141
5.2	Implementierung	148
5.3	Einfache Planungsläufe des Demand Supply Matching	152
5.3.1	Parametrisierung	152
5.3.2	Einfluss von Maßnahmen der Engpassplanung	175
5.3.3	Einfluss der Komponentenverfügbarkeit auf das Planungsergebnis und die Rechenzeit	180
5.4	Rollierende Planungsläufe und hybrides Order Promising	183
6	Zusammenfassung und Ausblick	199
	Literaturverzeichnis	205

Tabellenverzeichnis

1	Beispiel zur Ermittlung der ATP-Mengen	21
2	Beispiel zur Ermittlung der ATP-Mengen über auftragsbezogene Reservierungen	23
3	Charakteristika der Computerindustrie	76
4	Übersicht der untersuchten Literatur	86
5	Überblick über verwandte Begriffe zu ATP	88
6	Supply-Situation im Beispiel	104
7	ATP-Mengen im Beispiel mit frühester Zuordnung	105
8	ATP-Mengen im Beispiel bei zeitnaher Zuordnung	105
10	Vergleich der realen Datensätze	142
11	Überblick über hypothetische Stückumsätze der Aufträge	147
12	Ableitung eines Benchmarks für die Kennzahlen	149
13	Ergebnisse der Testläufe zur Parametrisierung	154
14	Einfluss der Höhe der Nichterfüllungskosten auf die Verteilung der Liefertermine	156
15	Einfluss der relativen Höhe der Kosten für Nichterfüllung im Intervall $[0,1]$	159
16	Verteilung der Verspätungen bei Auftragspriorisierung	162
17	Entwicklung der im Problem enthaltenen Anzahl Binärvariablen bei Variation der Länge l der tagesgenauen Planung	166
18	Effekt der zusätzlichen Nebenbedingungen auf den MIP-Gap	170
19	Auswirkungen der Filterung terminierungsrelevanter Komponenten	171
20	Test der Engpassmaßnahmen für Datensatz 2	176
21	Test der Engpassmaßnahmen für Datensatz 1	177
22	Planungsergebnisse und Repromising-Häufigkeit bei fehlenden Repromising-Kosten	190
23	Übersicht über Veränderungen der Liefertermine bei ungesteuertem Repromising	191
24	Häufigkeiten von Repromisings bei Variation der relativen Höhe der symmetrischen Repromising-Kosten	192

25	Planungsergebnisse und Repromising-Häufigkeit bei symmetrischen Repromising-Kosten	193
26	Übersicht über Veränderungen der Liefertermine bei symmetrischen Repromising-Kosten	194
27	Häufigkeiten von Repromisings bei Variation der relativen Höhe einseitiger Repromising-Kosten	195
28	Planungsergebnisse und Repromising-Häufigkeit bei einseitigen Repromising-Kosten	196
29	Übersicht über Veränderungen der Liefertermine bei einseitigen Repromising-Kosten	197

Abbildungsverzeichnis

1	Die Supply Chain Planning Matrix	11
2	Die Supply Chain Planning Matrix in der Moduldarstellung	14
3	Positionierung der Entkopplungspunkte MTO, ATO und MTS	15
4	Einfluss des Entkopplungspunkt auf das Demand Fulfillment	32
5	Prozessschritte eines Auftrags bei ATO	35
6	Arten der Flexibilität bei der Engpassplanung	36
7	Möglichkeiten der Engpassplanung	41
8	Nachfragewelle bei Terminierung nach Standarddurchlaufzeit	44
9	Workflow Vorbereitung Order Promising	45
10	Workflow Durchführung Order Promising	47
11	Beispiel für regelbasierte Verfügbarkeitsprüfung	48
12	Logik einer regelbasierten ATP-Suche	49
13	Workflow Demand Supply Matching	56
14	Zusammenhang der Aufgaben im Demand Fulfillment . . .	58
15	Zusammenhang von Demand Supply Matching und Order Promising	59
16	Zusammenhänge und Informationsflüsse zwischen Modulen eines APS	62
17	Veröffentlichungen zum Demand Fulfillment im Zeitverlauf .	87
18	Zusammenhang der Aufgaben des Demand Fulfillment . . .	102
19	Konzept der rollierenden Planung von Demand Supply Matching und Order Promising	107
20	Logik der Lieferterminierung im DSM	109
21	Logik der Symbole in der mathematischen Formulierung der Lieferterminierung	116
22	Konvexe Strafkostenfunktionen für Verfrühungen und Verspätungen	121
23	Konvexe Strafkosten mit Bereich für den Wunschtermin . .	122
24	Kostenfunktion mit nichtlinearen Verspätungskosten im Lieferfenster	123
25	Ablaufdiagramm für iteratives DSM bei Split-Verbot	131

26	Lieferfenster mit unterschiedlicher Granularität der Terminierung	132
27	Fallunterscheidung für das Repromising	136
28	Verteilung der Wunschliefertermine für Datensatz 2	143
29	Ermittlung kundenindividueller Stücklisten	145
30	Ablauf der Implementierung der einfachen Planung des Demand Supply Matching	150
31	Entwicklung der Kennzahlen bei einer Priorisierung durch Stückumsätze	161
32	Vergleich der Planung für Datensatz 2 mit Benchmark	164
33	Entwicklung der relativen MIP-Gaps bei Variation der Länge der tagesgenauen Planung	167
34	Vergleich der Ablehnungsquoten bei Variation der Länge der tagesgenauen Planung	168
35	Vergleich der mittleren Verspätung angenommener Aufträge	169
36	Vergleich der Lieferfähigkeit	170
37	Verlauf des Verfahrens zur iterativen Bestimmung von Lieferterminen bei Split-Verbot	172
38	Entwicklung der Anzahl eingeführter Split-Verbote für das iterative Verfahren	174
39	XYZ-Analyse der Komponenten für Datensatz 1 und Datensatz 2	181
40	Entwicklung der Kennzahlen bei Verknappung der Hauptkomponenten	182
41	Relative MIP-Gaps bei Verknappung der Hauptkomponenten	183
42	Darstellung der Veränderungen der Datenbasis bei der rollierenden Planung	185
43	Ablauf der Implementierung der rollierenden Planung	186