Ferdinand Becker

Personaleinsatzplanung in einem Cross-Docking-Zentrum

Ein integrativer Ansatz unter Berücksichtigung der Torbelegungsplanung und arbeitszeitrechtlicher Regelungen

SHAKER VERLAG

Personaleinsatzplanung in einem Cross-Docking-Zentrum

Ein integrativer Ansatz unter Berücksichtigung der Torbelegungsplanung und arbeitszeitrechtlicher Regelungen

Vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
der Technischen Universität Kaiserslautern
zur Verleihung des akademischen Grades
Doctor rerum politicarum (Dr. rer. pol.)
genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

M.Sc. Ferdinand Becker

Tag der mündlichen Prüfung:	23. Januar 2020
Dekan:	Univ.-Prof. Dr. Jan Wenzelburger
Vorsitzender:	Univ.-Prof. Dr. Michael Hassemer
Gutachter:	1. Univ.-Prof. Dr. Hans Corsten
	2. Univ.-Prof. Dr. Oliver Wendt

D 386

(2020)

Berichte aus der Betriebswirtschaft

Ferdinand Becker

Personaleinsatzplanung in einem Cross-Docking-Zentrum

Ein integrativer Ansatz unter Berücksichtigung der Torbelegungsplanung und arbeitszeitrechtlicher Regelungen

D 386 (Diss. Technische Universität Kaiserslautern)

Shaker Verlag
Düren 2020

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.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2020

Copyright Shaker Verlag 2020
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7227-3
ISSN 0945-0696

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Dank

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionswirtschaft an der Technischen Universität Kaiserslautern. Sie wurde im Wintersemester 2019/2020 vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften als Dissertation angenommen. Während dieser Zeit haben mich eine Vielzahl an Personen unterstützt und damit das Entstehen dieser Arbeit ermöglicht. An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, mich bei Ihnen zu bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr. habil. Hans Corsten, der mich sowohl in fachlicher als auch in persönlicher Hinsicht während der Arbeit an der Dissertation gefördert hat. Seine stets vorhandene Gesprächsbereitschaft und Unterstützung haben in dieser Zeit zu zahlreichen wertvollen und richtungsweisenden Anregungen geführt. Darüber hinaus möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. habil. Oliver Wendt für die Übernahme des Zweitgutachtens bedanken.

Zudem hatte ich das Glück, mit zahlreichen exzellenten Kolleginnen und Kollegen am Fachbereich und am Lehrstuhl zusammenarbeiten zu dürfen, die während dieser Phase zu Freunden wurden. Dabei möchte ich insbesondere Herrn Dr. Hagen Salewski, Herrn Dr. Christian Dost und Herrn Dr. Benedikt Kasper für ihr stets offenes Ohr, ihre Hilfe und die zahlreichen aufmunternden Gespräche bedanken. Herrn Dr. Hagen Salewski danke ich darüber hinaus für die freundschaftliche Zusammenarbeit und Unterstützung bei der Veröffentlichung unserer gemeinsamen Artikel.

Mein besonderer Dank gilt schließlich meiner Familie und meiner Verlobten Elise. Sie haben mich in jeder Hinsicht bedingungslos unterstützt und motiviert. Die Arbeit widme ich meinem verstorbenen Vater, der mich in seinem Werdegang und nicht minder als Mensch stets als Vorbild in meinen Gedanken begleitete.

Ferdinand Becker

Zusammenfassung

Cross-Docking ist ein aus dem Handel stammendes Logistikkonzept, das durch die zeitliche und mengenmäßige Abstimmung des Materialflusses mit der Nachfrage einen schnellen Warenumschlag ermöglicht und somit eine Reduktion der Durchlaufzeit der Waren und des Lagerbestandes zu erzielen vermag. In diesem Zusammenhang lassen sich entlang des Umschlagprozesses zwei grundlegende operative Entscheidungsprobleme identifizieren:

- die Zuordnung der ein- und ausgehenden LKW zu den Toren des Warenverteilzentrums (Cross-Docking-Zentrums) und
- die Planung des Personaleinsatzes (Bestimmung der Personalzuordnung und der Arbeitszeit der Mitarbeiter) innerhalb des Umschlagzentrums.

In der Literatur werden in diesem Zusammenhang unterschiedliche Ansätze zur Integration dieser beiden Planungsprobleme thematisiert, wobei die Planung der Arbeitszeit der Mitarbeiter unter Berücksichtigung arbeitszeitrechtlicher Regelungen in der Literatur bislang nicht in die Betrachtung einbezogen wurde. Die vorliegende Arbeit erweitert bisherige Modelle um diesen zentralen Aspekt. Das daraus resultierende operative Planungsproblem ist der Komplexitätsklasse NP zuzuordnen, so dass zur Lösung größerer Instanzen heuristische Lösungsverfahren benötigt werden.

Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen der Arbeit eine Fix-and-Optimize-Heuristik entwickelt, die auch für größere Probleminstanzen in der Lage ist, in moderater Lösungszeit sehr gute Ergebnisse zu erzielen. Darüber hinaus ist der Vorteil der Fix-and-Optimize-Heuristik in der einfachen Übertragbarkeit auf die vorgestellten Modellerweiterungen zu sehen, die

- die Abbildung verschiedener Personaleinsatzmodelle,
- die Planung der Bearbeitungszeitfenster der LKW und
- die Modellierung der Güterflüsse innerhalb des Cross-Docks betreffen.

Auf Grundlage der Analyse aus der Praxis motivierter Testinstanzen werden Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der Torbelegung und des Personaleinsatzes abgeleitet sowie die Leistungsfähigkeit der entwickelten heuristischen Lösungsverfahren bewertet. Ein Ausblick für zukünftige Forschungsaufgaben schließt die Arbeit ab.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ..... **IV**

Tabellenverzeichnis ..... **VIII**

Modellverzeichnis ..... **X**

Abkürzungsverzeichnis ..... **XII**

Symbolverzeichnis ..... **XIV**

1 Einführung **1**

2 Grundlegungen **6**

2.1 Konzeptionelle Einordnung der Personaleinsatzplanung in das Personalmanagement 6

2.1.1 Personalplanung als Grundlage der Personaleinsatzplanung 7

2.1.2 Aufgabenbereiche der Personaleinsatzplanung 11

2.1.2.1 Planung der Personalzuordnung 11

2.1.2.2 Planung der Arbeitszeit 15

2.1.2.2.1 Arbeitszeitmodelle als Gestaltungsgrundlage 17

2.1.2.2.2 Modellformulierungen 22

2.2 Cross-Docking als Konzept zur Abwicklung der Umschlagsprozesse in Warenverteilzentren 34

2.2.1 Der Efficient Consumer Response Ansatz als Ausgangspunkt 36

2.2.2 Charakterisierung des Cross-Docking-Konzeptes 38

2.2.3 Planungsprobleme im Cross-Docking 43

3 Optimierungsmodelle zur integrierten Torbelegungs- und Personaleinsatzplanung in einem Cross-Docking-Zentrum **57**

3.1 Annahmen 57

3.2 Das Modell der fixen Mitarbeiterzuordnung als Ausgangspunkt 60

3.3 Modellerweiterungen 65

3.3.1 Flexible Personaleinsatzmodelle 66

3.3.1.1 Springermodell 66

3.3.1.2 Job-Rotation-Modell ... 69
3.3.1.3 Poolmodell ... 74
3.3.1.4 Relationenmodell ... 77
3.3.2 Berücksichtigung der Lagerkapazität der Bereitstellungsflächen ... 82
3.3.3 Planung der Be- und Entladungstermine der LKW ... 84
3.3.4 Modellierung der Güterflüsse innerhalb des Cross-Docking-Zentrums ... 88
3.3.5 Planung der arbeitsfreien Tage ... 95

4 Lösungsverfahren ... 104
4.1 Exakte Lösungsverfahren ... 105
4.2 Heuristische Lösungsverfahren ... 112
4.2.1 Algorithmen zur integrierten Torbelegungs- und Personaleinsatzplanung ... 113
4.2.1.1 Entwicklung eines sequentiellen Lösungsansatzes ... 113
4.2.1.2 Entwicklung einer Fix-and-Optimize-Heuristik ... 116
4.2.1.2.1 Konstruktionsheuristiken zur Generierung einer Startlösung ... 118
4.2.1.2.2 Verbesserung der Startlösung durch die iterative Optimierung von Teilproblemen ... 122
4.2.1.2.3 Gestaltungsmöglichkeiten der Fix-and-Optimize-Heuristik durch Kombination der Konstruktions- und Verbesserungsheuristiken ... 129
4.2.1.2.4 Ansätze zur Reduktion der Lösungszeit der Teilprobleme ... 131
4.2.2 Algorithmen zur integrierten Torbelegungs- und Personaleinsatzplanung mit Planung der Bearbeitungszeitpunkte der LKW ... 134
4.2.2.1 Entwicklung eines sequentiellen Lösungsansatzes ... 134
4.2.2.2 Kombination einer Fix-and-Relax- und Fix-and-Optimize-Heuristik ... 137
4.2.2.2.1 Eine Fix-and-Relax-Heuristik zur Generierung einer Startlösung ... 138
4.2.2.2.2 Eine Fix-and-Optimize-Heuristik zur Verbesserung der Lösung ... 142

5 Numerische Untersuchungen ... 144
5.1 Generierung der Testinstanzen ... 144
5.2 Fallstudie ... 151
5.3 Parameteranalyse ... 155

5.4 Analyse der der Lösungsverfahren ... 166

5.4.1 Exakte Verfahren ... 166

5.4.2 Heuristische Verfahren ... 170

5.4.2.1 Ergebnisse für das Springermodell unter Berücksichtigung der Lagerkapazität der Bereitstellungsflächen ... 171

5.4.2.2 Ergebnisse für das Springermodell mit Planung der Be- und Entladungszeitpunkte der LKW ... 174

6 Abschließende Bemerkung ... 180

Literaturverzeichnis ... 185

Anhang A: Alternative Modellformulierungen zur Planung des Personaleinsatzes ... 205

Anhang B: Linearisierung für das Springermodell mit Planung der Bearbeitungszeitfenster der LKW ... 210

Anhang C: Eine First-Come-First-Serve-Heuristik zur Generierung einer zulässigen Startlösung ... 212

Anhang D: Dekompositionsansätze für das Springermodell mit Planung der Bearbeitungstermine der LKW ... 214

Anhang E: Layout des Cross-Dock ... 218

Anhang F: Ergänzende numerische Ergebnisse für das Springermodell unter Berücksichtigung der Lagerkapazität der Bereitstellungsflächen ... 219

Anhang G: Ergänzende numerische Ergebnisse für das Springermodell mit Planung der Bearbeitungstermine der LKW ... 221

Anhang H: Adaptierte Fix-and-Relax-Heuristik ... 223