

**Logistics Network Design
for Automotive Late Product Individualization**

**Von der Fakultät für Maschinenbau
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieurin**

genehmigte Dissertation

von

**M. Eng. Li Li, PhD
geboren am 24.11.1976 in Pingdu, China**

2012

1. Referent: Prof. Dr.-Ing. L. Schulze

2. Referent: Prof. Dr.-Ing. G. Voß

3. Referent: Prof. Dr.-Ing. B. Wiedemann

Tag der Promotion: 12.03.2012

Materialfluss- und Logistiksysteme

Band 11

Li Li

**Logistics Network Design for Automotive Late
Product Individualization**

Shaker Verlag
Aachen 2012

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Hannover, Leibniz Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0966-8

ISSN 1438-4922

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Vorwort des Herausgebers

Der Wunsch nach Individualität von mittel- und hochpreisigen Automobilen stellt in Europa eine zunehmend wichtige Kundenanforderung dar. In der Vergangenheit wurde die Fahrzeugindividualisierung nach dem Prinzip des Postponements in der Montagelinie mit einer aufwendigen Logistik für die Linienversorgung realisiert. Ein neuer Ansatz ist die „Späte Fahrzeugindividualisierung“, bei dem die Wartezeiten der Fahrzeuge in der Distributionskette für Individualisierungsarbeiten genutzt werden. Für die Individualisierung werden spezielle Workshops eingerichtet.

Die Umsetzung dieses Konzeptes erfordert eine Neuplanung der logistischen Netzwerke für die relevanten Warenströme und gegebenenfalls eine neue Zuliefererstruktur. Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein integrierter Ansatz gewählt. Ausgehend von einem allgemeinen Flussmodell erfolgen die Definition der relevanten Variablen, Parameter, Randbedingungen und Ziele sowie die Umsetzung in ein mathematisches Modell. Als Lösungsmethode werden genetische Algorithmen herangezogen.

Auf der Grundlage rechnergestützter Experimente mit zufallserzeugten Daten werden die gewonnenen Erkenntnisse und Zusammenhänge hinsichtlich Kosten, Zuliefer- und Auslieferzeit aufgezeigt. Abschließend wird auf die Entwicklung eines rechnergestützten, datenbankbasierten Tools eingegangen, das den Planer bei seiner Entscheidungsfindung zum Design des logistischen Netzwerkes unterstützen soll. Die Modell- und Lösungsansätze werden verifiziert.

Die Verfasserin hat mit der vorliegenden Arbeit neue wissenschaftliche Erkenntnisse für den anspruchsvollen Prozess des Netzwerkdesigns der Logistik zur „Späten Fahrzeugindividualisierung“ erarbeitet, die auch für die Praxis von großer Bedeutung sind. Als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen der Leibniz Universität Hannover hat die Verfasserin auf der einen Seite erfolgreich Forschungsprojekte bearbeitet. Auf der anderen Seite hat sie sich engagiert in die Lehre eingebracht. Die vorliegende Dissertation ist das Ergebnis ihrer wissenschaftlichen und praxisbezogenen Arbeit.

Hannover, im März 2012

Lothar Schulze

Preface

The present thesis is accomplished during my work at the Department of Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen, short PSLT, at Leibniz Universität Hannover. The thesis is based on the project “Späte Fahrzeugindividualisierung in Distributionsketten”, which was supported by Bundesministerium für Bildung und Forschung, Germany. It was a cooperation project between Volkswagen AG and PSLT. I am particularly grateful to Dr.-Ing. Johnke for his support during the time. At the same time, I am thankful to be supported by “Postdoc-Programm der Leibniz Universität Hannover zur Förderung des weiblichen wissenschaftlichen Nachwuchses”.

Professor Dr.-Ing. Schulze, as the head of the Department PSLT has especially taken care of my work and supported me in reaching the aim. His suggestions and experiences are valuable not only for my work at PSLT but also for the rest of my life. I sincerely appreciate his help and kindness.

I am also truly grateful to Professor Dr.-Ing. Poll as the chairman of examination committee, as well as Professor Dr.-Ing. Voß and Professor Dr.-Ing. Wiedemann as the examiners of the committee.

I am very thankful to the colleagues at PSLT for their help and contribution to my work, especially Mr. Knopp, Mr. Bonse, and Mr. Lorenz.

I am also appreciated to my previous supervisor Professor Huang during my previous PhD study at The University of Hong Kong. The experience enriches me and enables me to work more efficiently.

I would like to express special thanks to my parents and my little sister. Although they are far away from me, they have given me a lot of moral support and encouragement. Without them, I would not have enough power to finish this work.

Hannover, March 2012

Li Li

Kurzfassung

Die Globalisierung erzeugt für die Automobilbranche einen hohen Wettbewerbsdruck. Um weltweit eine Spitzenposition zu erreichen bzw. zu behaupten, sind die Entwicklung und der Einsatz innovativer Strategien und Technologien in Produktion und Logistik zwingend notwendig. Die Automobilindustrie nimmt damit eine Vorreiterrolle ein und ist der Motor für den Fortschritt in vielen Wirtschaftszweigen.

Vor diesem Hintergrund ist auch die späte Fahrzeugindividualisierung als innovativer Strategieansatz einzuordnen. Dabei wird die Individualisierung der fahrfähigen Fahrzeuge während der Wartezeiten, die im Zuge des Distributionsprozesses entstehen, in speziell hierfür eingerichteten Workshops vorgenommen. Ziele des Ansatzes sind, die Variantenvielfalt beim Hersteller zu reduzieren, die Auslieferungszeiten zu verkürzen und dem Kunden die Möglichkeit zu eröffnen noch bis kurz vor der Auslieferung offerierte Module nachzubestellen.

Aus dem Ansatz der späten Fahrzeugindividualisierung folgt, dass sich Warenströme verändern und ein neues Logistiknetzwerk entwickelt werden muss. In der vorliegenden Arbeit wird ein mathematisches Modell formuliert, das einen integrativen Ansatz verfolgt. Es berücksichtigt die Wechselwirkungen zwischen den Fabriken des Herstellers und der Zulieferanten, den Workshops sowie den Händlern. Zur Lösung der Aufgabenstellung wird die Methode der Genetischen Algorithmen herangezogen. Anhand von Pareto-Lösungen erfolgen die Validierung von Modell und Software sowie der eingesetzten Heuristik und eine Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse. Es werden Szenarien definiert, für die mit zufallserzeugten Daten Ergebnisse ermittelt und diskutiert werden.

Abschließend wird ein Software Tool vorgestellt, das die Anwendbarkeit der entwickelten Methodik in der Praxis nachweist. Dazu wird eine praxisnahe Applikation exemplarisch aufgezeigt.

Schlagworte:

- o Automobilindustrie
- o Späte Fahrzeugindividualisierung
- o Logistische Netzwerkentwicklung

Abstract

As a result of globalization the automotive industry is characterized by a high level of competition. In order to achieve a leading position worldwide, it is essential to develop innovative strategies and technologies in production and logistics. The automotive industry is taking a leadership role and driving force for many industrial sectors.

Against this background the late product individualization is classified as an innovative strategy. This is the individualization of drivable vehicles during the idle times especially occur during the distribution process when vehicles are accumulated to generate big transportation batches or the follow-up transport does not start immediately. The individualization is carried out in specially realized workshops. Objectives of the approach are to reduce variations of the manufacturing, to shorten delivery times and to give consumers the ability to reorder individual components shortly before delivery.

From the strategy late product individualization follows that the flow of goods changed and a new logistics network must be designed. In the present work, a mathematical model is formulated, which pursues an integrative approach. It takes the interactions among the factories of manufacturers, suppliers, dealers or customers, and workshops as well their locations into account. To solve the task, the method based on genetic algorithms is used and realized as programs. Based on randomly generated data of scenarios, results are obtained and discussed. On the basis of Pareto solutions for different scenarios the mathematical model and the heuristics are validated.

Finally a software tool is presented which demonstrates the applicability of the developed methodology in automotive practice. A realistic application is shown by an example.

Keywords:

- o Automotive industry
- o Late product individualization
- o Logistics network design

Contents

Abbreviations.....	IV
Symbols.....	V
Figures.....	VII
Tables.....	IX
1 Introduction.....	1
2 Late product individualization in automotive industry.....	4
2.1 Drivers.....	5
2.1.1 Mass customization	5
2.1.2 Globalization	7
2.1.3 Automotive ingredient branding	13
2.2 Car components used in late product individualization	21
2.3 Advantages	23
2.4 Risks	26
3 Automotive supplier network analysis.....	28
3.1 A glance at automotive supply	28
3.2 Types of suppliers	29
3.2.1 Supplied products	30
3.2.2 Locations and quantities	32
3.2.3 Distances	34
3.3 Adjustment necessity of supply network	35
3.3.1 Keep the same.....	36
3.3.2 Use another plant of the same supplier	37
3.3.3 Replacement of the supplier	38
3.3.4 Factors for network design.....	39
4 Logistics network design model.....	41
4.1 Problem description	41
4.1.1 Supplier selection mode.....	44
4.1.2 Decisions	44

4.2	Model formulation.....	45
4.2.1	Parameters and sets.....	45
4.2.2	Variables.....	47
4.2.3	Constraints.....	49
4.2.4	Objective of cost.....	49
4.2.5	Objective of supply lead time.....	51
4.2.6	Objective of delivery lead time.....	53
5	Solution method.....	54
5.1	Non-dominated sorting genetic algorithm.....	56
5.2	Chromosome design.....	57
5.3	Main procedure of NSGA-II.....	59
5.4	Genetic operations.....	61
5.4.1	Selection.....	61
5.4.2	Crossover.....	61
5.4.3	Mutation.....	62
5.5	Program realization.....	62
5.6	Genetic parameter settings.....	63
6	Computational experiments and results analysis.....	65
6.1	Scenarios.....	65
6.2	Pareto solutions.....	69
6.3	Networks of selected solutions.....	74
6.4	Objective confirmation.....	78
6.5	Supplier selection mode.....	84
7	LPI Network Designer.....	93
7.1	Requirements for the system.....	93
7.2	System structure.....	94
7.3	Identification of master data for the model.....	97
7.3.1	LPI component costs.....	97
7.3.2	Workshop costs.....	98
7.3.3	Transportation costs.....	99
7.3.4	Transportation distances.....	99
7.4	Case study.....	101
7.4.1	Network data input.....	104

7.4.2 Solution selection.....	106
8 Conclusion.....	109
References.....	112