

**Späte Fahrzeugindividualisierung:  
Logistikansatz und Entscheidungskonzept für das Customizing von  
Personenkraftwagen in der Distribution**

**Vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
der Universität Kassel**

**zur Erlangung des akademischen Grades**

**Doktor der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften**

**genehmigte Dissertation**

**von**

**Dipl.-Ök. Sebastian Mansky**

**geboren am 07.06.1977 in Hannover**

**2011**

**1. Gutachter:**

**Prof. Dr. R. Vahrenkamp**

**2. Gutachter:**

**Prof. Dr.-Ing. L. Schulze**

**Tag und Ort der Disputation:**

**24.05.2011 in Kassel**

Materialfluss- und Logistiksysteme

Band 8

**Sebastian Mansky**

**Späte Fahrzeugindividualisierung:  
Logistikansatz und Entscheidungskonzept für das Customizing von  
Personenkraftwagen in der Distribution**

Dissertation an der Universität Kassel  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften

Shaker Verlag  
Aachen 2011

**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.: Kassel, Univ., Diss., 2011

Dissertation an der Universität Kassel  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Verfasser: Sebastian Mansky  
Datum der Disputation: 24.05.2011

Copyright Shaker Verlag 2011  
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0324-6  
ISSN 1438-4922

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Vorwort des Herausgebers**

Ein wesentliches Argument für die Entscheidung beim Autokauf ist das Angebot einiger Automobilhersteller, die Fahrzeuge weitgehend nach den persönlichen Wünschen der Kunden auszustatten. Die Fähigkeit der Automobilindustrie, diese Individualisierungen wirtschaftlich und kurzfristig zu realisieren, generiert Wettbewerbsvorteile. Dabei wird angestrebt die Lieferzeiten weiter zu reduzieren.

Vor dem Hintergrund dieser gegensätzlichen Anforderungen, wurde die Idee der Späten Fahrzeugindividualisierung aufgegriffen und weiterentwickelt. Ziel ist es, die kundengetriebene Komplexität an der Montagelinie zu reduzieren und die Wartezeiten in den Distributionsketten für die Individualisierung der Fahrzeuge zu nutzen.

Dazu wird die gesamte Supply Chain im Automobilbau unter dem Gesichtspunkt der Späten Fahrzeugindividualisierung analysiert. Es werden eine Methodik zur Auswahl von geeigneten Komponenten entwickelt, die Bearbeitungsprozesse in speziellen Workshops herausgearbeitet und die damit zusammenhängenden Logistikprozesse definiert. Abschließend werden die Erkenntnisse in ein formales Modell zur Bewertung der Kosten- und Erlöseffekte umgesetzt.

Der Verfasser hat mit der vorliegenden Arbeit wesentliche Grundlagen zur Späten Fahrzeugindividualisierung gelegt. Damit wurden neue wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen und innovative Strukturen für Prozessketten und Distributionsmodelle entwickelt. Als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen (PSLT) der Leibniz Universität Hannover hat der Verfasser erfolgreich Forschungs- und Entwicklungsprojekte beantragt und bearbeitet. In einem komplexen, industrienahen Forschungsprojekt hat er sich umfassendes Wissen in der Automobillogistik erworben. Die vorliegende Dissertation ist das Ergebnis seiner wissenschaftlichen und praxisbezogenen Arbeit.

Hannover, im Juni 2011

Lothar Schulze



## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Planung und Steuerung von Lager- und Transportsystemen, kurz PSLT, an der Leibniz Universität Hannover entstanden. Die Arbeit basiert auf Erkenntnissen aus dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Späte Fahrzeugindividualisierung in Distributionsketten“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Das Vorhaben wurde durch die Volkswagen AG beantragt und die Begleitforschung vom PSLT durchgeführt. In diesem Zusammenhang bedanke ich mich bei Herrn Dr.-Ing. Klaus-Dieter Johnke für die Unterstützung während der Projektlaufzeit.

Herrn Professor Dr.-Ing. Lothar Schulze, Leiter des PSLT, gilt mein besonderer Dank für die Jahre der vertrauensvollen Zusammenarbeit und der fortwährenden Unterstützung sowie für die wertvollen Erfahrungen, die ich in dieser Zeit sammeln durfte. Herrn Professor Dr. Richard Vahrenkamp, Leiter des Fachgebiets Produktionswirtschaft und Logistik an der Universität Kassel, danke ich herzlich für die Übernahme des Erstgutachtens und des Vorsitzes der Promotionskommission.

In freundschaftlicher Verbundenheit danke ich meinen ehemaligen Kollegen am PSLT für die produktive Zusammenarbeit und die vielen (außer-) fachlichen Erlebnisse. Insbesondere bedanke ich mich bei den Herren Dipl.-Ök. Carsten Schulte und Dipl.-Ing. oec. Daniel Knopp für die fachliche und moralische Unterstützung.

Meinen Eltern und meinem Bruder danke ich für die hingebungsvolle Aufopferung, Unterstützung und Förderung, ohne die der eingeschlagene Lebensweg und die erreichten Ziele niemals möglich gewesen wären.

Mein größter Dank gilt in tiefer Zuneigung meiner Frau Silvana für ihre unerschütterliche Liebe, Geduld und ihr Verständnis sowie den vorbehaltlosen Rückhalt in allen Lebenslagen. Durch sie bin ich dort, wo ich heute stehe. Diese Arbeit widme ich unserer Tochter Fiona Lavinia, die in der Endphase dieses Projekts das Licht der Welt erblickt hat.

Ingolstadt, im Juli 2011

Sebastian Mansky



## Kurzfassung

Die Automobilindustrie hat in den letzten Dekaden einen Wechsel von einem Verkäufer- zu einem Käufermarkt erlebt. In der Folge musste zwingend eine Adaption an die Bedürfnisse der Kunden erfolgen, um Wettbewerbsvorteile zu generieren sowie Marktanteile zu gewinnen und zu halten. Dieser nach wie vor nicht abgeschlossene Anpassungsvorgang zwang die Hersteller zu einer Abkehr von der fordistischen Massenproduktion eines homogenen und überschaubaren Produktportfolios hin zur kundenbezogenen Massenfertigung einer hoch derivatisierten Modellpalette.

Um diesen Wechsel zu meistern, sind in der Vergangenheit diverse Methoden und Systeme entwickelt worden, um die Ausrichtung der Fertigung auf die Anforderungen des Kunden wirtschaftlich und prozessual abbilden zu können. Existierende praktische sowie theoretische Ansätze sind jedoch nicht unabhängig, sondern in der Gesamtheit eines möglichen Maßnahmenportfolios zu betrachten.

Eine weitere Ergänzung der bisher entwickelten Ansätze, Methoden und Systeme stellt die Späte Fahrzeugindividualisierung dar. Dieser Ansatz zielt darauf ab, die kundeninduzierte Komplexität an der Linie zu reduzieren und somit eine geglättete Fahrweise der Produktion durch möglichst homogene Fahrzeuglose zu erzielen. In der Konsequenz erfolgt das Customizing der Fahrzeuge weitestgehend erst während unproduktiven Standzeiten der Distribution. Die Überlagerung unvermeidbarer Totzeiten mit wertschöpfenden Tätigkeiten verschlankt die eigentliche Fertigung und erhöht die Reaktionsfähigkeit auf kundenspezifische Änderungswünsche nach Auftragseingang. Über die Prozesskette können Bestände gesenkt werden bzw. erfolgt die Kapitalbindung eingehender individualisierender Komponenten erst zu einem späteren Zeitpunkt.

Die vorliegende Arbeit zeigt Möglichkeiten zur Gestaltung der Prozesskette auf und beschreibt handlungsorientiert operative Abläufe sowie die benötigte Infrastruktur. Darüber hinaus werden erforderliche Entscheidungsstufen und ein quantitatives Modell zum wirtschaftlichen Vergleich unterschiedlicher Optionen vorgestellt.

Schlüsselwörter: Fahrzeugindividualisierung, Automobilindustrie, Postponement

## **Abstract**

In the past decades automotive industry underwent a drastic change from a sellers' market to a buyers' market. To gain and defend market share, manufacturers consequently had to adapt production to customer needs. Homogenous and limited portfolios were replaced by highly derivatized range of models. This still ongoing change forced a turning away from the Ford mass production system to mass customization.

Already a wide range of methods and systems exists to support customer oriented manufacturing but there is still large room for improvement to allow mass customization with robust processes in an efficient way. These methods and systems are not to be mistaken as independent approaches. They have to be recognized as a portfolio of possible actions that support or require each other.

A further approach to support and supplement existing methods is the Late Vehicle Customization. The approach aims to reduce complexity on the shop floor and thus smoothens operation especially at the assembly lines. This is achieved by producing vehicle lots as homogeneous as possible. Therefore customizing has to happen during non-productive idle times of the distribution process. Covering of idle times with value-adding operations streamlines production at the shop floor and enhances responsiveness to customer specific change requests after order receipt. Therefore, stock reduces all over the process chain and capital for customizing components is bound at a later point in time.

This thesis points out possible designs of the process chain and describes action-oriented the operational procedures as well as required infrastructure. Furthermore, essential steps in decision making and a quantitative model to compare cost effectiveness between options will be introduced.

Keywords: vehicle customization, automotive industry, postponement

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhaltsverzeichnis .....	I
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Symbolverzeichnis.....	V
Bildverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	X
1 Einleitung.....	1
2 Die Supply Chain im Automobilbau .....	5
2.1 Der Kundenauftragsprozess .....	6
2.2 Beschaffung .....	10
2.2.1 Sourcing-Konzepte .....	14
2.2.2 Anlieferkonzepte .....	20
2.3 Produktion.....	23
2.3.1 Produktionsprogrammplanung.....	23
2.3.2 Das Perlenkettenprinzip.....	27
2.3.3 Die Funktionsbereiche im Automobilwerk .....	29
2.4 Distribution .....	34
3 Montageformen und Fertigungsstrategien.....	40
3.1 Organisationsformen der Montage.....	40

---

3.2	Built-to-Order versus Built-to-Stock.....	42
4	Die Komplexität im Automobilbau .....	47
4.1	Markt und Variantenvielfalt.....	48
4.2	Maßnahmen zur Komplexitätsreduzierung.....	52
4.2.1	Exkurs: Lean Production / Toyota Produktionssystem.....	53
4.2.2	Modulare Bauweise .....	56
4.2.3	Gleichteile und Plattformstrategie .....	57
4.2.4	Postponement.....	58
4.2.5	Variantenreduzierung.....	59
5	Die Späte Fahrzeugindividualisierung .....	63
5.1	Ansatz und Ablauf .....	63
5.2	Abgrenzung.....	67
5.3	SFI-Komponenten .....	70
5.4	Standortoptionen.....	75
5.4.1	Werklager .....	76
5.4.2	See- und Binnenhäfen .....	78
5.4.3	Regionale Distributionszentren .....	80
6	SFI-Logistik.....	84
6.1	Strukturvarianten der Späten Fahrzeugindividualisierung.....	84
6.2	Der Bearbeitungsprozess im SFI-Workshop .....	95
6.3	Workshop-Aufbau .....	98

---

6.4 Beschaffungsaspekte der SFI .....	103
6.5 Kosten und Erlöse in Abhängigkeit des Betreibers .....	105
7 Profitabilität als Entscheidungstreiber .....	109
7.1 Mögliche Kosten- und Erlöseffekte.....	109
7.2 Formales Modell.....	114
8 Fazit und Herausforderungen .....	125
Schrifttum .....	128
Anhang A.....	140

## Abkürzungsverzeichnis

BtO	Build-to-Order
BtS	Build-to-Stock
CKD	Completely-Knocked-Down
ERP	Enterprise Resource Planning
GLT	Großladungsträger
JIS	Just-in-Sequence
JIT	Just-in-Time
KAP	Kundenauftragsprozess
KLT	Kleinladungsträger
KTL	Kathodische Tauchlackierung
LDL	Logistikdienstleister
OtD	Order-to-Delivery
RoI	Return-on-Investment
RoRo	Roll-on-Roll-off
SFI	Späte Fahrzeugindividualisierung
SKD	Semi-Knocked-Down
SMI	Supplier-Managed-Inventory
TPS	Toyota Produktionssystem
VDC	Vehicle Distribution Center
VMI	Vendor-Managed-Inventory
WA	Warenausgang
WE	Wareneingang

## Symbolverzeichnis

$a$	Fahrzeugkomponente
$\alpha_i$	Änderungsfaktor der Logistikkosten für die Beschaffung in Abhängigkeit des Workshops $i$
$b_a$	Binärvariable: wird 1, wenn ein gegen Komponente $a$ ausgetauschtes Teil zurück transportiert wird
$\beta_i$	Änderungsfaktor der Logistikkosten für den wiederverwendungsbedingten Rücktransport aus Workshop $i$
$c_{a,i}$	Binärvariable: wird 1, wenn Komponente $a$ in Workshop $i$ verbaut werden kann
$d_{a,i}$	Dienstleistungssatz für den Einbau von Komponente $a$ in Workshop $i$
$E$	Erlös
$E_{BtO}$	Erlös durch BtO-Fahrzeuge
$E_{BtS}$	Erlös durch BtS-Fahrzeuge
$E_{SFI, Menge}$	Erlös inklusive Mengeneffekt der SFI
$E_{SFI, Preis}$	Erlös inklusive Preiseffekt der SFI
$E_{SFI, Zeit}$	Erlös inklusive Zeiteffekt der SFI
$\Delta E_{SFI}$	gesamte Erlösänderung durch SFI
$\Delta E_{SFI, Menge}$	Erlösänderung durch den Mengeneffekt der SFI
$\Delta E_{SFI, Preis}$	Erlösänderung durch den Preiseffekt der SFI
$\Delta E_{SFI, Zeit}$	Erlösänderung durch den Zeiteffekt der SFI
$e_a$	Entsorgungssatz, wenn ein gegen Komponente $a$ ausgetauschtes Teil entsorgt wird
$F_{SFI}$	Fertigungskosten aller Workshops durch die SFI
$G$	Gewinn
$\Delta G_{SFI}$	Gewinnänderung durch SFI
$i$	Workshop
$K$	Kosten
$\Delta K_{SFI}$	Änderung der Gesamtkosten durch die SFI
$l_a$	Logistikkosten einer Komponente $a$
$\Delta m_a$	Änderung der Materialkosten einer Komponente $a$

$\Delta m_{a,i}$	Änderung der Materialkosten einer Komponente $a$ durch den Verbau in Workshop $i$
$\Delta M_{SFI}$	Änderung der Materialkosten insgesamt durch die SFI
$n$	Anzahl Fahrzeuge
$n_{BtO}$	Anzahl der BtO-Fahrzeuge ohne SFI
$n_{BtS}$	Anzahl der BtS-Fahrzeuge ohne SFI
$n_i$	Anzahl der Fahrzeuge, die einen Workshop $i$ passieren
$n_{SFI, BtO}$	Anzahl der BtO-Fahrzeuge mit SFI
$n_{SFI, BtS}$	Anzahl der BtS-Fahrzeuge mit SFI
$p$	durchschnittlich erzielter Kaufpreis
$p_{BtO}$	durchschnittlich erzielter BtO-Kaufpreis
$p_{BtS}$	durchschnittlich erzielter BtS-Kaufpreis
$p_{SFI, BtO}$	durchschnittlich erzielter BtO-Kaufpreis durch SFI
$p_{SFI, BtS}$	durchschnittlich erzielter BtS-Kaufpreis durch SFI
$q_{BtO}$	Anteil der BtO-Fahrzeuge
$\Delta q_{BtO}$	Anstieg des Anteils der BtO-Fahrzeuge
$q_{BtS}$	Anteil der BtS-Fahrzeuge
$r$	Rabattsatz auf BtS-Fahrzeuge
$\Delta r$	Änderung des Rabattsatzes auf BtS-Fahrzeuge
$RoI$	Return-on-Investment
$RoI_{SFI}$	Return-on-Investment durch SFI
$\Delta s$	Änderung der Stückkosten
$\Delta S_{SFI}$	Änderung der Stückkosten über alle Fahrzeuge
$t$	Anzahl der Tage, die der Verkaufspreis früher realisiert werden kann
$t_i$	Verkürzung der Kapitalbindungsdauer von SFI-Komponenten in Abhängigkeit der Workshop-Lage
$V$	Planungskosten
$\Delta v$	Änderung der Planungskosten je Fahrzeug
$\Delta V_{SFI}$	Änderung der gesamten Planungskosten durch die SFI
$w_a$	Kapitalbindung einer SFI-Komponente
$x_a$	Einbauwahrscheinlichkeit der Komponente $a$
$\gamma$	prozentualer Steigerungssatz des BtO-Preises durch SFI
$z$	Tageszinssatz

## Bildverzeichnis

Bild 2.1: Supply Chain im Automobilbau, in Anlehnung an /JÜN-1989/.....	5
Bild 2.2: Der Kundenauftragsprozess bei der AUDI AG /KRO-2006/.....	7
Bild 2.3: Zeitanteile des Kundenauftragsprozesses /KLU-2010/.....	7
Bild 2.4: Zulieferpyramide in der automobilen Supply Chain /PIL-1999/.....	10
Bild 2.5: Ablauf des operativen Beschaffungsprozesses /IHM-2006/ .....	11
Bild 2.6: Entwicklung der Fertigungstiefe deutscher OEM /VDA-2008/ .....	12
Bild 2.7: Wertschöpfung und Entwicklung in der Automobilindustrie /TRO-2007/.....	12
Bild 2.8: Verteilung der Wertschöpfung in 2002 und 2015 /HÜT-2008/ .....	13
Bild 2.9: Systematisierung von Sourcing-Konzepten /IHM-2006/ .....	15
Bild 2.10: Abhängigkeit Sourcing-Strategie und Beschaffungsobjekt /GÖP-2006/ ...	16
Bild 2.11: Vergleich Unit und Modular Sourcing, nach /IHM-2006/, /SCÖ-2003/ .....	17
Bild 2.12: Modelle des Lieferantenparks /VAH-2005/ .....	19
Bild 2.13: Anlieferkonzepte zur Versorgung mit Zulieferumfängen /KLU-2010/ .....	20
Bild 2.14: Einbettung des Produktionssystems in seine Umwelt /GÜN-2005/.....	23
Bild 2.15: Planungsebenen im Produktionsmanagement /GÜN-2005/ .....	24
Bild 2.16: Produktionsplanung im Automobilbau /KLU-2010/ .....	25
Bild 2.17: Perlenkettenprinzip im Automobilbau /MEI-2009/.....	28
Bild 2.18: Prinzip der flexiblen Auftragszuordnung /MEI-2009/.....	28
Bild 2.19: Transportketten der Fahrzeugdistribution .....	38

---

Bild 3.1: Organisationsformen der Montage /WIE-2005/ .....	40
Bild 3.2: Beispielhafter Baustellenmontageplatz /LOT-2006/.....	41
Bild 3.3: Montage nach dem One Piece Flow Prinzip /LOT-2006/.....	42
Bild 3.4: Die BtS-Teufelskreisläufe /HOL-2004/.....	44
Bild 4.1: Konsequenzen wachsender Komplexität /PIL-1999/ .....	47
Bild 4.2: Pkw-Neuzulassungen BRD 1970 bis 2008, Daten aus /KBA-2008/ .....	48
Bild 4.3: Monatsvergleich Neuzulassungen in der BRD 2008-2010 /KBA-2010/ .....	49
Bild 4.4: Entwicklung von Segmenten und Nischen nach /BEC-2007/ .....	50
Bild 4.5: Zentrale Produktionssteuerung vs. Kanban-Steuerung /IHM-2006/ .....	55
Bild 4.6: Beispielhafter modularer Aufbau eines Pkw /WAL-2009/ .....	57
Bild 4.7: Nutzen der Plattformstrategie /WAL-2009/ .....	58
Bild 4.8: Verschlinkung des Variantenbaums durch Postponement /HEP-2007/.....	59
Bild 5.1: Entscheidungsparameter der SFI-Konfiguration.....	66
Bild 5.2: Vergleich zwischen SFI und Postponement .....	68
Bild 5.3: Identifizierung möglicher SFI-Umfänge.....	71
Bild 5.4: Beispielhafter Auszug einer möglichen Bewertungsmatrix für die SFI.....	73
Bild 5.5: Exemplarische dreistufige Hierarchie möglicher Bewertungskriterien .....	74
Bild 5.6: Entscheidungsmatrix der Standortoptionen .....	82
Bild 6.1: Grundstruktur der Kundenversorgung ohne SFI.....	84
Bild 6.2: SFI-Struktur Variante 1 .....	86
Bild 6.3: SFI-Struktur Variante 2.....	87

---

Bild 6.4: SFI-Struktur Variante 2a .....	89
Bild 6.5: SFI-Struktur Variante 3 .....	91
Bild 6.6: SFI-Struktur Variante 3a .....	92
Bild 6.7: SFI-Struktur Variante 3b .....	93
Bild 6.8: SFI-Struktur Variante 3c .....	94
Bild 6.9: Fahrzeugdurchlauf im SFI-Workshop .....	96
Bild 6.10: Layout eines SFI-Workshops.....	99
Bild 6.11: Kosten- und Erlösstruktur eines Workshops.....	106
Bild 6.12: Erlösverlauf bei externem und internem Dienstleister.....	107
Bild 6.13: Kostenverschiebung durch Schaffung neuer Infrastruktur .....	108

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Programme zur Verkürzung der OtD-Zeit /MIE-2004/..... 9

Tabelle 2: Pro und Contra von Outsourcing-Entscheidungen /GÖP-2006/..... 14

Tabelle 3: Variantenvielfalt unterschiedlicher Hersteller und Modelle /PIH-2004/..... 51