

# **Analyse und Optimierung von Steuerungsstrategien zur Kostensenkung und effizienteren, internen Transportabwicklung im Werkverkehr**

## **Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M. Sc.)“  
im Studiengang Wirtschaftswissenschaft  
der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von

Name: Yünek



Vorname: Sercan



Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 01.10.2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Symbolverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Relevanz und Zielsetzung .....	1
1.2 Struktur der Arbeit .....	3
<b>2 Unternehmensprofil - WABCO GmbH Hannover .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Theoretische Vorbetrachtung .....</b>	<b>7</b>
3.1 Grundlagen der Tourenplanung .....	7
3.1.1 Einordnung Tourenplanung in der betriebswirtschaftlichen Logistik .....	7
3.1.2 Abgrenzung .....	9
3.2 Werkverkehr .....	10
3.2.1 Begriffsdefinition .....	10
3.2.2 Einordnung in die Supply Chain .....	14
3.2.3 Anforderungen und Herausforderungen .....	15
3.2.4 Kenngrößen .....	17
3.3 Spedition .....	18
3.3.1 Definition und Rahmenbedingungen .....	18
3.3.2 Logistikdienstleister im WABCO-Werkverkehr .....	19
3.3.2.1 Deutsche Bahn Schenker .....	19
3.3.2.2 Homann .....	20
3.3.2.3 CEVA .....	20
3.3.3 Komposition der Transportkosten .....	21
3.4 Lean-Philosophie .....	23
3.4.1 Verschwendung - Muda (Mura, Muri) .....	25
3.4.2 Ishikawa-Diagramm .....	28
3.5 Statistische Verfahren .....	29
3.5.1 Median .....	29
3.5.2 Box-Whiskers-Plot .....	30

---

<b>3.6</b>	<b>Weitere Analysetools und –methoden.....</b>	<b>32</b>
3.6.1	ABC-Analyse .....	32
3.6.2	Standardisiertes Interview .....	33
3.6.3	Nicht-Teilnehmende Beobachtung .....	34
<b>4</b>	<b>Ist-Analyse des Werkverkehrs .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Transportnetzstruktur des internen Bus Systems .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>Busfahrplan des Werkverkehrs .....</b>	<b>38</b>
4.2.1	Werkverkehre durch DBS .....	39
4.2.2	Werkverkehre durch CEVA.....	42
4.2.3	Werkverkehr durch die LH-Hi .....	43
4.2.4	Werkverkehre durch Homann .....	43
<b>4.3</b>	<b>Transportkostenübersicht .....</b>	<b>45</b>
4.3.1	DBS und CEVA.....	45
4.3.2	Homann und LH-Hi .....	48
<b>4.4</b>	<b>Auswertung der Fahrzeug-, Entfernungs- und Zeitdaten .....</b>	<b>50</b>
4.4.1	Fahrzeugeinsatz in den Touren .....	51
4.4.2	Ergebnisse der Datenaufnahme der Touren von DBS und CEVA .....	52
4.4.2.1	SB-DE10,GRO 24h .....	53
4.4.2.2	ROA .....	56
4.4.2.3	SB-DE10,GRO to Homann .....	58
4.4.2.4	SB-HUB ton DE10&DC01 / SB-DC01, DE10, Homann .....	59
4.4.2.5	B- und C-Transporte der DBS .....	61
4.4.3	Ergebnisse der Datenerfassung der Homann-Fahrten .....	63
4.4.4	Ergebnisse der Datenerfassung der LH-Hi-Tour .....	66
<b>4.5</b>	<b>Ist-Bewertung und Identifikation von Muda (Mura, Muri) .....</b>	<b>67</b>
<b>5</b>	<b>Maßnahmen für das Sollkonzept .....</b>	<b>72</b>
<b>5.1</b>	<b>Netzwerkanalyse.....</b>	<b>73</b>
5.1.1	Erstellen einer Distanzmatrix .....	73
5.1.2	Dekomposition .....	77
5.1.2.1	HUB als Depot .....	78
5.1.2.2	DE10 als Depot .....	80
5.1.2.3	DC01 als Depot.....	81
5.1.2.4	DE10,GRO als Depot.....	83
<b>6</b>	<b>Darstellung des VRP-Entscheidungsmodells .....</b>	<b>86</b>
<b>6.1</b>	<b>Vehicle-Routing-Problem.....</b>	<b>86</b>
<b>6.2</b>	<b>Annahmen und Notation .....</b>	<b>88</b>

<b>6.3</b>	<b>Modellformulierung und Beschreibung</b> .....	<b>90</b>
<b>6.4</b>	<b>Implementierung in GAMS</b> .....	<b>92</b>
6.4.1	Parameterzuweisung und Deklaration.....	93
6.4.2	Darstellung der Lösung des TSP.....	94
6.4.2.1	TSP-Lösung – Optimale Tourenkonstellation für alle Standorte.....	94
6.4.2.2	TSP-Lösung – HUB als Depot.....	96
6.4.2.3	TSP-Lösung – DE10 als Depot.....	97
6.4.2.4	TSP-Lösung – DC01 als Depot.....	98
6.4.2.5	TSP-Lösung – DE10,GRO als Depot.....	99
6.4.3	Erweiterung der Annahmen und (Räumliche-) Dekomposition der Bedarfe.....	100
<b>6.5</b>	<b>Darstellung der Ergebnisse</b> .....	<b>102</b>
6.5.1	Lösungen des Optimierungsproblems.....	102
6.5.1.1	HUB als Depot.....	102
6.5.1.2	DE10 als Depot.....	103
6.5.1.3	DC01 als Depot.....	104
6.5.1.4	DE10,GRO als Depot.....	105
6.5.2	Händische Tourenplanung – Soll-Konzept.....	107
6.5.2.1	HUB als Depot.....	108
6.5.2.2	DE10 als Depot.....	109
6.5.2.3	DC01 als Depot.....	111
6.5.2.4	DE10,GRO als Depot.....	113
6.5.2.5	Tourenplanung für die Überschussbedarfe.....	115
6.5.3	Identifizierung von Einsparpotenzialen.....	117
<b>7</b>	<b>Optimaler Werkverkehr</b> .....	<b>120</b>
7.1	Vorstellung des Real-Konzepts.....	120
7.2	Validierung des Real- und Soll-Zustands.....	123
<b>8</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse und Limitationen der Arbeit</b> .....	<b>125</b>
<b>9</b>	<b>Fazit und Ausblick</b> .....	<b>128</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>XIV</b>
	<b>Anhang</b> .....	<b>134</b>
A)	Datenerhebung für die Ist-Analyse.....	135
B)	GAMS IDE File.....	159
C)	Include File.....	161

# 1 Einleitung

Um den Bereich der Tourenplanung im Werkverkehr einzuführen, wird zunächst die Relevanz des Themas dargestellt. Darüber hinaus werden die Ziele beschrieben und die Struktur der vorliegenden Arbeit vorgestellt.

## 1.1 Relevanz und Zielsetzung

Im Rahmen der gegenwärtigen dynamischen Umwelt sind Unternehmen mit sich verschärfenden Wettbewerbsbedingungen konfrontiert. Stark gestiegene Leistungs- und Qualitätsanforderungen an die Kundenstandorte sowie der zunehmende Einfluss der Faktoren Unsicherheit, Intransparenz und Unbeständigkeit in Logistik- und Distributionsnetzen stellen die Tourenplanung in Unternehmen vor neue Herausforderungen. Dabei geht das Problem der Tourenplanung (engl. Vehicle-Routing-Problem) auf die späten 1950er Jahre zurück, als Dantzig und Ramser die mathematische Programmierung und den algorithmischen Ansatz zur Lösung des Kraftstoffversorgungsproblems von Tankstellen nutzten. Seitdem hat sich das Interesse am Vehicle Routing Problem (VRP) von einer kleinen Gruppe von Mathematikern zu einem breiten Spektrum von Forschern und Praktikern aus verschiedenen Disziplinen entwickelt, die heute in diesem Bereich arbeiten.<sup>1</sup> Heute beschreibt der Begriff Tourenplanung einen Teilbereich der Logistik, in dem die Formulierung abstrakter Optimierungsaufgaben für die Erschließung ressourcenschonender Optionen zur Abwicklung von Gütertransporten nahe liegt. Ein allgemeines und formales Problem bildet die Grundlage für die Entwicklung von Lösungsmethoden, die nicht nur in den einzelnen Betrieben zur Steuerung logistischer Prozesse angewendet werden können.<sup>2</sup> In der Tourenplanung muss die steigende Bedeutung einer effizienten, auf Arbeitsteilung basierenden Logistik für Herstellungsprozesse und der beinahe grenzenlose Wunsch nach Mobilität mit den Ansprüchen der weltweiten Wettbewerbsfähigkeit einhergehen. Darüber hinaus zwingen der aktuelle Mangel an Fahrern und die Tatsache, dass die Bestellmengen stark variieren und immer fragmentierter werden, die Unternehmen, ihre Ressourcen

---

<sup>1</sup> Vgl. Dantzig, G. B. / Ramser R. H. (1959), S. 80-91.

<sup>2</sup> Vgl. Christofides, N. /Mingozzi, A. /Toth, P. (1981), S. 255-261.

bestmöglich zu disponieren und einzusetzen. Angesichts der zahlreichen zu berücksichtigenden Parameter und Randbedingungen wird die algorithmusbasierte Automatisierung der Planungsvorgänge zunehmend wichtiger. Denn eine leistungsfähige und weitgehend automatisierte Tourenplanung kann erhebliche Einsparpotenziale bei den Distributions- und Betriebskosten sowie bei der Anzahl der gefahrenen Kilometer realisieren.<sup>3</sup>

Auch der Automobilzulieferer WABCO hat dieses Einsparpotenzial erkannt und versucht, eine effizientere Tourenplanung umzusetzen. Ausgangspunkt dieser Arbeit und der Tourenplanung im Werkverkehr von WABCO ist die Informationsasymmetrie und Datenintransparenz der internen Unternehmensbereiche sowie der von der WABCO GmbH beauftragten Speditionen. Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, muss sich das Unternehmen kontinuierlich verbessern und versuchen, Kosten zu sparen, um eine aussichtsreiche Position in der Automobilindustrie zu sichern. In WABCO wurde festgestellt, dass die Frage der Transportkosten ein großes Potenzial hat, gerade weil es keine einheitlich definierte Dokumentation zu Tourenplanung, Fahrzeiten und LKW-Auslastung gibt. Denn Spediteure wie DB Schenker, CEVA Logistics oder die Friedrich-Wilhelm Homann GmbH übertragen keine ausreichende Transparenz über Kostenübernahmen, Kapazitäten und Möglichkeiten, Liefer- und Termintreue. Angesichts dieser Informationssituation soll das Entscheidungsmodell für das Vehicle Routing Problem für die Suche nach Tourenplänen mit einem minimalen Gesamtstreckenabstand verwendet werden. Darauf aufbauend werden die Probleme der Ergebnisse in der Praxis am Modell erläutert, um abschließend beurteilen zu können, ob die Erkenntnisse aus dem Modell über die Vorteile der computergestützten Tourenoptimierung in die Praxis umgesetzt werden können. Die Forschungsfragen des Artikels sind daher:

- 1) *Inwieweit kann der bestehende Werksverkehr durch die Nutzung von Synergien, die Reduzierung von Schnittstellen und Transportkosten sowie durch mehr Transparenz in den Tourenplänen verbessert werden?*
- 2) *Ist die Generierung von Roundtrips im Werkverkehr oder die Zuordnung von individuellen Einfahrten die bessere Alternative?*

---

<sup>3</sup> Vgl. Christofides, N. (1979), S. 315-318.

## 1.2 Struktur der Arbeit

Hinsichtlich der Forschungsfrage ist die Arbeit in acht Kapitel unterteilt. Zu Beginn wird ein kurzer Einblick in das Unternehmen gegeben, für das die Tourenoptimierung durchgeführt wird. Aufbauend auf der Unternehmenspräsentation werden in Kapitel drei die theoretischen Grundlagen vorgestellt, die eine wesentliche Voraussetzung für eine genauere Betrachtung der Tourenplanung im Werksverkehr sind. Die entsprechenden Begriffsbestimmungen und die unterschiedlichen Komponenten der Tourenplanung und des Werksverkehrs werden so dargestellt, dass alle Leistungsprozesse, Werkzeuge und allgemeinen Randbedingungen adäquat berücksichtigt werden. Um die Fahrpläne im Pendelverkehrssystem vollständig darzustellen, werden im vierten Kapitel die Ist-Daten dargestellt, die sich in Bezug auf Streckenlänge, Fahrzeugauslastung, Reisezeiten, Standorte, Spediteur und Flotte unterscheiden. Darüber hinaus werden diese Tourenpläne auf Basis der erhobenen Daten und Informationen beschrieben, analysiert und ausgewertet, sowie Verschwendungen identifiziert, bevor im folgenden Kapitel die ersten Maßnahmen zur Tourenoptimierung ergriffen werden.

Kapitel sechs dient als Grundlage für das Entscheidungsunterstützungsmodell nach Helber (2014). Das Modell basiert sowohl auf dem thematischen Umfeld als auch auf der vorhandenen Wissensbasis. Eine Präsentation des Softwareprogramms, das speziell zum Testen des Lösungsalgorithmus verwendet wird, ist ebenfalls enthalten. Die getroffenen Maßnahmen und die in Kapitel fünf gebildeten Szenarien werden dann mit Hilfe der Softwareumgebung simuliert. Das mit Hilfe des Entscheidungsmodells gewonnene Wissen wird dann genutzt, um Einsparpotenziale zu identifizieren.

In Kapitel sieben wird dann die in der Praxis umgesetzte reale Tourenoptimierung vorgestellt und die Erreichung von Zielen und Ambitionen überprüft und mit dem Zielkonzept verifiziert. Schließlich, im letzten Kapitel dieser Arbeit, werden die Ergebnisse aus dem Modell kritisch bewertet und Handlungsempfehlungen an das Unternehmen gegeben.

## 9 Fazit und Ausblick

Durch die vorliegende Arbeit wurde die Thematik der Tourenplanung und des Werkverkehrs zunächst grundlegend vorgestellt sowie das Shuttle-System mit sämtlichen Elementen, Daten und Akteuren präsentiert. Ziel war die Erstellung einer Methodik zur Optimierung der Tourenplanung im Werkverkehr bzw. zur Minimierung der Fahrtstrecke im bestehenden Werkverkehr. Die Grundlage hierfür bietet die mathematische Modellierung von Helber (2014), welche besonders durch die Verknüpfung des Zuordnungs- und Rundreiseproblems (VRP) charakterisiert werden kann. Hierzu wurden zunächst die bestehenden Touren ausgewertet und die Ladebedarfe in der Zustellung und Abholung auf vier Pendeltouren verteilt. Im Hinblick auf die Datensätze wurde daraufhin zur Festigung dieses Ansatzes eine Implementierung in GAMS vorgenommen, um das Tourenplanungsproblem computergestützt zu lösen. Die technische Implementierung ermöglicht schließlich die Betrachtung eines auf realen Daten beruhenden Anwendungsfalls.

Anhand der GAMS-Implementierung wurde die Tourenoptimierung im Werkverkehr der WABCO GmbH abgebildet, wobei die optimalen Tourenbildungen eine jährliche Ersparnis in den Transportkosten von 165.261,19 € erbringt. Neben der Minimierung der Transportkosten gemäß der Lean-Philosophie umfasst die Tourenoptimierung auch die Punkte Transparenz, Vermeidung von Schnittstellenvielfalt, Transparenz in Warenbewegungen und Minimierung des notwendigen Einsatzes logistischer Ressourcen. Demnach wurde die Transportlogistik mittels der Tourenoptimierung gemäß der Lean-Philosophie schlanker gestaltet. Hierfür werden insgesamt elf Touren gebildet, die den täglichen Gesamtladebedarf von 282,60 *Ldm* bedienen. Dieses Ergebnis wurde mittels Simulation unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Annahmen, verschiedener Parameter-Variationen und einer abschließenden manuellen Tourenoptimierung bestätigt. Die ausführlich diskutierte Vielfalt von Einflussfaktoren verdeutlicht die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung der Nachfrage nach Ladekapazitäten. Demzufolge müssen größere und längere Beobachtungszeiträume und -daten generiert werden, um die Praxistauglichkeit der Simulationsergebnisse über GAMS zu stärken. Allerdings konnte hierbei trotz der stark vereinfacht angenommenen Lademeterbedarfe an den einzelnen Standorten im



Shuttle-System, die mathematische Funktionsweise der Modellierung anhand der erhobenen Datensätze aufgezeigt werden. Die Verwendung dieses Modells zur Entscheidungsunterstützung in Unternehmen sollte deshalb ausschließlich unter Einbezug von Daten mit längeren Beobachtungszeiträumen erfolgen.

Zukünftige Forschungsarbeiten könnten sich dahingehend mit weiteren Diversifikationen in der Nachfrage nach Ladekapazitäten beschäftigen. Die Unterscheidung verschiedener und in der Praxis in Einsatz stehenden Fahrzeugmodelle können hierbei bspw. als ein mögliches Differenzierungskriterium dienen. Dennoch sollte beachtet werden, dass die Modellierung von Operations-Research-Problemen dazu dient, einen gewissen Teilausschnitt der Realität vereinfacht wiederzugeben. Deshalb sollte ein gewisser Grad an Komplexität nicht überschritten werden, weshalb bspw. Zeitrestriktionen in der Lösung des Tourenplanungsproblems nicht beachtet wurden, was aber jedoch mit stetigen Annäherung an die Realität einhergeht.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass einerseits mittels der Modellierung der Transportverkehre unter Berücksichtigung der Ladebedarfe, aussagekräftige Ergebnisse verzeichnet werden können. Andererseits kann auch kritisch hinterfragt werden, ob die Dekomposition in Pendeltouren innerhalb eines Optimierungsmodells aufgrund ihrer zusätzlichen Komplexität einen Mehrwert mit sich bringt. Ohne derartig komplexe Verknüpfungen zwischen den bestehenden Verkehren durchzuführen, wäre es nicht möglich gewesen, die in Abbildung 63 dargestellten Anforderungen zum Großteil zu erfüllen sowie Transportkosten einzusparen. Daher sollten die Ergebnisse dieser Arbeit künftig durch weitere Maßnahmen und Annahmen, bspw. durch Zeitrestriktionen, detailliertere Ausgestaltung der Lademeterbedarfe oder die Einbindung von Elektromobilität erweitert werden. Denn in der Praxis sollte für Tourenplanungsprobleme in Unternehmen Folgendes gelten: „Wir haben nie Zeit, etwas gleich richtig zu machen, wir haben aber immer die Zeit, es noch einmal zu machen“ – Hans-Ulrich-Frehr.