
MASTERTHESIS

Modellierung der Verkehrserzeugung von Logistikbetrieben auf Basis von Optimierungsmodellen

Modeling traffic generated by facilities of logistics service providers based on
optimization models



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Fachgebiet
Verkehrsplanung
und
Verkehrstechnik

Adrian Horn 2800787

Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze

M.Sc. Kevin Rolko

16. März 2016

Kurzfassung

Name: Adrian Horn
Thema: Modellierung der Verkehrserzeugung von Logistikbetrieben auf Basis von Optimierungsmodellen
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
M.Sc. Kevin Rolko

Großer Nutznießer des wirtschaftlichen Booms auf dem europäischen Kontinent ist der Straßengüterverkehr. Durch die systembedingten Vorteile und verringerten regulatorischen Einwirkungen in den letzten Jahrzehnten konnte sich dieser Verkehrsträger klar von den anderen im Modal Split abheben, sodass er heute ca. 80% aller auf dem europäischen Kontinent zurückgelegten Transportleistungen übernimmt. Die hohe Flexibilität hat jedoch einen hohen Preis. Durch die starke Zunahme von LKW-Fahrten sind erhebliche negative Einwirkungen auf den Verkehrsfluss sowie auf die Umwelt zu beobachten. Dies zwingt alle Akteure, die mit dem Straßengüterverkehr zu tun haben, zum Handeln.

Aus Sicht der ausführenden Unternehmen, den Spediteuren und Frachtführern, gilt es, die eigenen Prozesse leistungsfähiger zu machen, um zum einen dem steigenden Wettbewerbsdruck aufgrund sich öffnender Märkte standzuhalten und zum anderen dem erhöhten Kostendruck durch regulatorische Eingriffe und veränderte Lohnstrukturen zu begegnen. Ein Ansatz hierzu ist eine effizientere Gestaltung der Warenflüsse durch das eigene oder durch fremde Netzwerke.

Ziel dieser Ausarbeitung ist herauszufinden, inwieweit Methoden des Operation Researchs (OR) auf real existierende Logistikstrukturen anwendbar sind und welche Potentiale aber auch Herausforderungen damit einhergehen. Ferner gilt es zu untersuchen, mit welchen Möglichkeiten die Verfahren aus dem Bereich der strategischen und der taktischen Transportnetzplanung kombinierbar sind und welche Resultate aus diesem Zusammenspiel schätzungsweise erwartet werden können. Unter strategischer Transportnetzplanung wird die Standortplanung verstanden und unter taktischer die Planung der Organisation von Sendungsflüssen durch das Netzwerk. Die Untersuchungen werden auf Basis einer Datenbank eines Logistikdienstleistungsunternehmens durchgeführt.

Eingangs werden basierend auf einer umfangreichen Literaturanalyse relevante Begrifflichkeiten, Prozesse und Strukturen aus dem Transportsektor sowie der

Netzwerkmodellierung geklärt. Ebenso wird ein umfangreicher Überblick über logistische Modelle erarbeitet. In dieser Übersicht werden neben der Einordnung des Problems in die strategische oder taktische Netzplanung sowie der konkreten Modellformulierung mögliche Anwendungsbereiche skizziert. Als strategisches Modell wird das einfache Weber-Problem (SWP) und als taktisches Modell das Service Network Design Problem (SNDP) festgelegt. Das SWP sucht dabei gemäß einem *Greenfield-Ansatz*, formuliert als ein lineares Modell, nach einem optimalen Punkt in einem kontinuierlichen Lösungsraum. Durch die Verwendung von Gewichten in Form von Kosten, Aufkommen oder Distanzen kann dabei ein Gravitationszentrum bestimmt werden. Das SNDP minimiert die Gesamtkosten aus fixen und variablen Kosten bei der Führung der Sendungen durch ein Netzwerk. Dabei berücksichtigt dieses Modell, dass Kanten in Abhängigkeit vom Aufkommen und einer sinnvollen Konsolidierung von Sendungen aktiviert werden oder nicht. Zudem berücksichtigt es, dass möglichst wenige Leerfahrten entstehen, indem die Rückführung der Fahrzeuge ein Bestandteil der Kostenoptimierung ist.

Daran anschließend wird die zur Verfügung gestellte Datenmenge weitreichend analysiert und eine Untersuchung von drei Modellformulierungen durchgeführt. Im Hinblick auf die Zielstellung dieser Arbeit steht die Minimierung der zurückgelegten Distanzen im Mittelpunkt, was in der Praxis zumeist mit niedrigen Kosten einhergeht. Des Weiteren wird aufgrund der Untersuchung von taktischen und strategischen Planungsansätzen der Fokus auf das innere Netzwerk, d.h. die Verbindungen zwischen den einzelnen Depots eines Logistikdienstleistungsunternehmens, gelegt. Das äußere Netzwerk beschreibt die Abholungen beim Lieferanten und die Zustellung beim Kunden, was zu großen Teilen der operativen Planung zugeschrieben wird. Die Abfolge der bearbeiteten Modellformulierungen erfolgt anhand unterschiedlicher Konsolidierungsmöglichkeiten. Das erste Modell betrachtet die Konsolidierungsformen der Bündelung über den Raum und der Bündelung über die Zeit. Dabei wird berücksichtigt, dass bei europäischen Linienverkehren die Anzahl der Abfahrtstage pro Woche variabel ist, d.h. sie variiert in der Regel zwischen 1 und 5. Bündelung über den Raum beschreibt die Zusammenladung von Sendungen, die aus dem gleichen Quellgebiet in dasselbe Zielgebiet transportiert werden sollen, in einem Depot auf das gleiche Fahrzeug. Die Ergebnisse des ersten Modells werden einer Betrachtung gegenübergestellt, die davon ausgeht, dass alle Sendungen auf einem eigenen Fahrzeug direkt zwischen der Quelle (Abgangsdepot) und der Senke

(Empfangsdepot) transportiert werden. Verkehrsvermeidungs-potentiale von über 60% werden hierbei sichtbar.

Das zweite Modell erweitert die dargestellten Konsolidierungsformen um die Konsolidierung durch Mitnahme und ermöglicht somit die Verwendung des SNDP. Konsolidierung durch Mitnahme bedeutet, dass das Fahrzeug einen Umweg über ein weiteres Depot in Kauf nimmt, wenn dadurch eine höhere Auslastung erreicht wird und die Gesamtkosten im System sinken. Um eine Aussage über die zurückgelegten Distanzen treffen zu können, wird das SNDP derart modifiziert, dass Fahrzeuge einen Umweg über ein anderes Depot fahren, wenn dadurch andere Fahrzeuge eingespart und somit Fahrzeugkilometer reduziert werden. Hierzu werden die variablen Kosten als Entscheidungsvariable aus dem Modell herausgenommen und die fixen Kosten durch die Distanzen zwischen den Depots ersetzt.

Das dritte Modell nutzt die Konsolidierungsform der Bündelung über ein zentrales Umschlaglager und repräsentiert damit die Kombination aus strategischer und taktischer Transportnetzplanung. Die den Untersuchungen zu Grunde liegende Datenmenge spiegelt ein Netzwerk ohne Hub-Struktur wieder, weshalb im ersten Schritt durch das SWP ein Standort gesucht wird, der eine optimale Lage zu allen Depots im Netzwerk hat und somit die Funktion eines Hubs übernehmen kann. Mittels der Kombination aus einer quantitativen (SWP) und einer qualitativen Standortanalyse, wird Mannheim als geeigneter Ort identifiziert. Zur Berücksichtigung des fiktiven Hub-and-Spoke-Systems (HSS) im SNDP-Ansatz wird zusätzlich zwischen allen Depots und dem Hub jeweils mindestens eine Kante fixiert.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der drei Modellierungen weist erhebliche Verkehrsvermeidungspotentiale auf Seiten der SNDP-Ansätze aus. So zeigen die Ergebnisse bei einer einmaligen Abfahrt pro Woche in einem Netzwerk bestehend aus 41 Standorten Reduktionen von über 65% in der Anzahl der notwendigen Fahrzeuge, wenn lediglich alle im Netzwerk gerouteten Sammelgüter berücksichtigt werden. Bei Betrachtung aller Sendungen aus der Datenmenge einschließlich Ladungsverkehr und KEP liegen die Einsparungen bei ca. 17%.

In den Ergebnissen zeigt sich auch, dass das Modell 3 aufgrund der Fixierung der Kanten mit dem Hub und der geringen Anzahl an Sendungen, die für das Netzwerk berücksichtigt werden, schlechter abschneidet als das Modell 2. Weiterführende Analysen zeigen jedoch, dass die Potentiale des Hub-Ansatzes mit wachsender Modellgröße zunehmen und die Auslastungsgrade auf den Kanten zwischen Depot und Hub steigen. Somit können die in der Literatur beschriebenen Darstellungen bestätigt werden: Je mehr Standorte im HSS berücksichtigt

werden, desto effizienter wird es und insbesondere für Depots mit geringem Sendungsaufkommen bringt das HSS Leistungs- und Kostenvorteile.

Die Durchführung von Sensitivitätsanalysen verfolgt anschließend das Ziel, zum einen die Stabilität des modifizierten SNDPs und dessen Lösungen zu untersuchen und zum anderen eine Aussage darüber treffen zu können, wie bestimmte Einflüsse die Lösung verändern. Anhand vom SNDP mit 30 Standorten werden zahlreiche Testszenarien durchgeführt. Ergebnis dieser Tests ist, dass das Modell die zu erwartenden Entwicklungen zeigt und damit seine Eignung zur weiteren Verwendung bestätigt.

Die kritische Auseinandersetzung mit den Modellen sowie den eingesetzten Software-Produkten zeigt auf, dass die Modelle in der beschriebenen Form durch zahlreiche vereinfachende Annahmen noch merkbar von der Realität abweichen. Auch zeigen die eingesetzten Produkte ein breites Leistungsspektrum, jedoch mit steigender Modellgröße auch Schwächen, insbesondere in der Schnelligkeit bei der Lösung der Modelle.

Die durchgeführten Untersuchungen bestätigen, welche Möglichkeiten OR-Verfahren in der Praxis haben und dass auch komplexe Modelle wie das SNDP mit überschaubarem Aufwand verwendet werden können. Um die Nutzbarkeit in der Praxis sicherzustellen, sind einige Anpassungen von Nöten. Um diese Hürden zu überwinden, wurden in dieser Ausarbeitung Lösungsvorschläge aufgezeigt und untersucht sowie zahlreiche Ansätze aus der Literatur zusammengetragen.