

Optimierung von Kosten und Umweltverträglichkeit in der urbanen Logistik

Bachelorarbeit

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

vorgelegt von:

Name:

██████████

Tietz

██████████

Vorname:

█

Nora

██████████

Prüfer:

Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 11.08.2017

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	vi
Abkürzungsverzeichnis	vi
Symbolverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Relevanz der Thematik	1
1.2 Forschungsvorhaben und Struktur der Arbeit	2
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Entscheidungsunterstützung durch mathematische Modelle	4
2.1.1 Begriff und Prozess des Operations Research	4
2.1.2 Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung	6
2.1.3 IT-gestützte Implementierung von Optimierungsmodellen	6
2.2 Urbane Logistik und die Rolle der KEP-Dienste	7
2.2.1 Begriff und Differenzierung der urbanen Logistik	7
2.2.2 KEP-Dienste und die Problematik der letzten Meile	8
2.2.3 Idee und Umsetzung des Mikro-Depot Konzepts	9
2.2.4 Urbane Distributionslogistik - Stand der Forschung	10
3 Multikriterielles Optimierungsmodell zur Positionierung von Mikro-Depots mit zugehöriger Fahrzeugflotte	14
3.1 Annahmen des Modells	14
3.2 Notation des Modells	15
3.3 Formulierung des Modells nach dem Ansatz der Zieldominanz	16
3.4 Formulierung des Modells nach dem Ansatz der Zielprogrammierung	18
4 Parametrisierung der Modelle	19
4.1 Beschreibung der Anwendungsdaten	19
4.2 Ergebnisse der multikriteriellen Optimierung	21
4.2.1 Lösungsergebnisse nach dem Ansatz der Zieldominanz	21
4.2.2 Lösungsergebnisse nach dem Ansatz der Zielprogrammierung	25
4.2.3 Einfluss der Containergröße	27
5 Evaluation der Ergebnisse	29
5.1 Bedeutung der Ergebnisse für eine reale Anwendung der Modelle	29
5.2 Limitationen der Arbeit	30

6 Handlungsempfehlungen	32
7 Fazit und Ausblick auf weitere Forschungsansätze	34
Literatur	36
Internetquellen	39
Bildquellen	39
A GAMS Quelltext von Modell 1	40
B GAMS Quelltext von Modell 2	43

1 Einleitung

1.1 Motivation und Relevanz der Thematik

Das menschliche Leben wird in vielen Bereichen von logistischen Prozessen beeinflusst. Sie prägen die Arbeitswelt, Mobilität, Energieversorgung oder die Auswahl im heimischen Supermarkt. Logistik, eine Querschnittsdisziplin, findet oft unternehmens- oder branchenübergreifend statt und ist mitverantwortlich für einen reibungslosen Ablauf des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Alltags. Daraus hervorgehend formuliert Lehmacher (2015) die Kernherausforderung der Logistik als die bestmögliche Gestaltung der logistischen Wertketten, beispielsweise die Sicherstellung der Lieferbereitschaft, unter Einhaltung eines gesetzten Standards, zu optimalen Kosten und bei minimaler Belastung für Mensch und Umwelt.¹

Dennoch sehen sich Logistik-Dienstleister neuen Herausforderungen gegenüber gestellt, denn auch die Logistik steht unter Einfluss. Auswirkungen von Megatrends und aktuellen Entwicklungen erhöhen den Bedarf nach innovativen Lösungen für traditionelle Systeme. Eine zentrale Rolle spielen hierbei das Phänomen der Urbanisierung/Landflucht und der Nachhaltigkeitsgedanke, der sich zunehmend in der Gesellschaft und Wirtschaft festsetzt. Steigende Einwohnerzahlen in den Städten lassen bestehende Verkehrssysteme an ihre Grenzen kommen, es wird sinnbildlich von einem Verkehrsinfarkt gesprochen.² Damit einher geht die Belastung für Mensch und Umwelt. Der Nachhaltigkeitsgedanke schärft die Wahrnehmung von ökologischen Aspekten. Bürger fordern saubere Luft und wenig Lärm auch in urbanen Gebieten.

Eine Branche, die besonders den Folgen der Megatrends unterliegt, sind die Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP-Dienste). Begünstigt durch den E-Commerce, den Handel über das Internet, erfahren die KEP-Dienste in den letzten 20 Jahren einen extremen Aufstieg. Während 2015 noch 2,95 Milliarden Sendungen in Deutschland verschickt wurden, wird für das Jahr 2020 ein Anstieg auf 3,78 Milliarden Pakete erwartet.³ Um die wachsende Nachfrage bedienen zu können, wird nach Lösungen gesucht, die eine Alternative bieten zu bisherigen Lieferungsprozessen, vor allem auf der sogenannten letzten Meile. Diese Lösungen sollen sich an den veränderten Umständen durch Megatrends und an aktuellen Herausforderungen, wie beispielsweise ein mögliches Diesel-Fahrverbot in deutschen Städten, orientieren.⁴ Als vielversprechendes Konzept gilt die Einrichtung von Mikro-Depots (MD), die eine Auslieferung mit alternativen Antriebsstoffen und Fahrzeugen in der Stadt erleichtern soll. Dadurch können mögliche künftige Umweltstandards und gesellschaftliche Anliegen erfüllt werden.

¹Vgl. Lehmacher (2015), S. 1.

²Vgl. Lehmacher (2015), S. 1ff.

³BIEK Nachhaltigkeitsstudie 2017, S. 9.

⁴Vgl. „München plant Diesel-Fahrverbote“ Süddeutsche Zeitung (13.06.1017).

Es ist erwiesen, dass eine Konzentration auf ökonomische Aspekte zu Lasten der Umwelt und gesellschaftlicher Anliegen geht.⁵ Folgerichtig ist es notwendig, bei der Entwicklung und Forschung zu neuen Konzepten mehrere Ziele zu beachten. Um Entscheidungsträger zu unterstützen und die Vor- und Nachteile von Alternativen aufzuzeigen, dienen mathematische Modellierungen aus dem Bereich des Operations Research (OR). Mit der Hilfe von Modellen lassen sich Konzepte abstrakt darstellen und für konkrete Szenarien Ergebnisse erzielen, die die Entscheidungsfindung und Umsetzung von Projekten unterstützen.

1.2 Forschungsvorhaben und Struktur der Arbeit

Hinsichtlich der Ausgangslage, die die Notwendigkeit innovativer Logistikkonzepte unter der Beachtung des Zusammenspiels von Kosten und Umweltfaktoren fordert, lässt sich das Ziel dieser Arbeit durch die folgenden Forschungsfragen definieren:

Wie lassen sich die Ziele Kosten und Umweltverträglichkeit für die urbane Logistik optimieren?

Welche Bedeutung hat eine mehrfache Zielsetzung für das innovative Logistikkonzept des Mikro-Depots?

Umgesetzt wird das Forschungsvorhaben anhand des Entscheidungsproblems zur Einrichtung von Mikro-Depots mit zugehöriger Fahrzeugflotte in urbanen Gebieten für die KEP-Branche, und dessen Übertragung in ein multikriterielles Optimierungsmodell. Die Formulierung basiert auf dem Modell von Leyerer et al. (2017).

Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgt in vier Schritten, wie Abbildung 1 visualisiert. Damit liegt die Struktur der Arbeit fest. Die Darstellung der theoretischen Grundlagen in Kapitel 2 vermittelt die notwendigen Kenntnisse für die darauffolgenden Abschnitte. Dazu wird einleitend die Möglichkeit und die Bedeutung des Operations Research für die Unterstützung von Entscheidungsträgern aufgezeigt. Der Prozess des OR stellt die Basis für die angewandte Methodik in den Kapiteln 3,4 und 5 dar. In Kapitel 2.2 wird die urbane Logistik betrachtet. Der Fokus liegt auf der Problematik der letzten Meile in der KEP-Branche und der Notwendigkeit zur Forschung nach innovativen Lösungskonzepten. Das Konzept des Mikro-Depots wird vorgestellt. Eine Literaturanalyse nach Webster und Watson (2002) bereitet den Stand der Forschung auf. In Kapitel 3 werden zwei Ansätze zur Betrachtung mehrfacher Zielsetzungen für das Entscheidungsproblem formuliert und damit die Möglichkeit gegeben, mit gewählten Daten die konzeptionellen Überlegungen für ein konkretes Beispiel zu modellieren. Dieser Schritt erfolgt in Kapitel 4 mit geeigneter Parametrisierung am Beispiel der Stadt Hannover.

⁵Vgl. Jabir et al. (2015), S. 34.

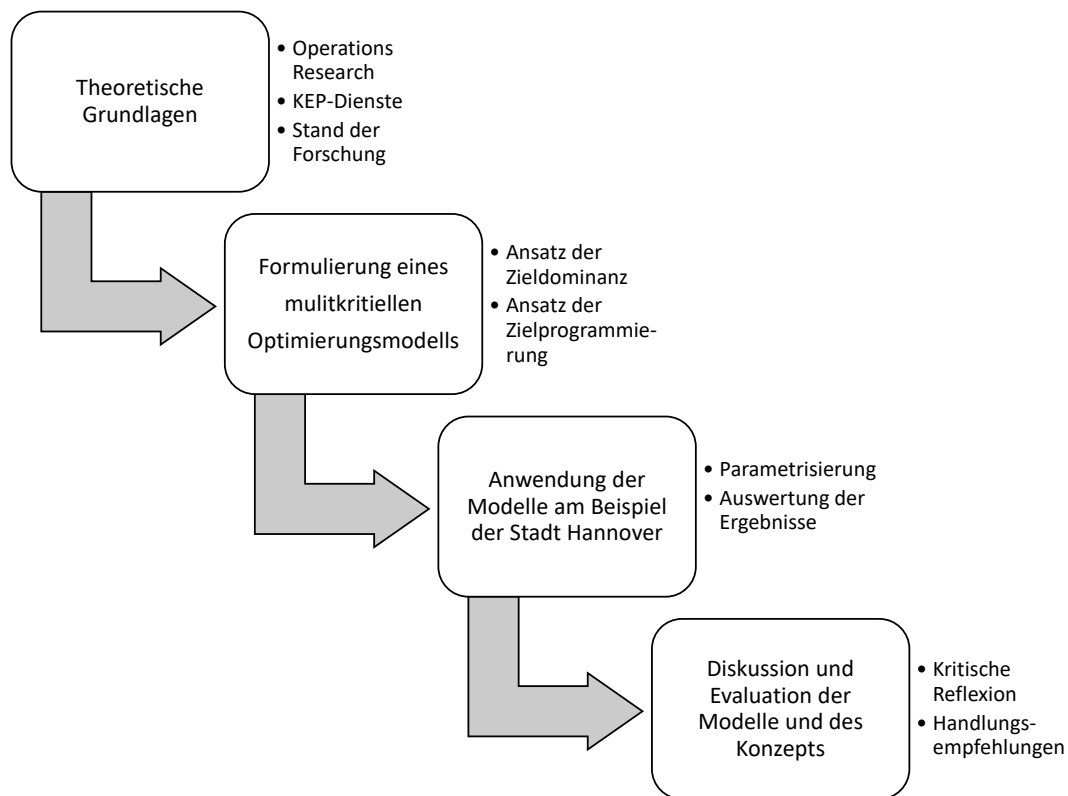


Abbildung 1 Visualisierung der Struktur der Arbeit

Die Bedeutung der erhaltenen Ergebnisse der Optimierung von Kosten und Umweltverträglichkeit in der urbanen Logistik, soll in Kapitel 5 diskutiert werden. Es erfolgt eine kritische Reflexion der mathematischen Modelle und des Vorgehens zur Lösungsfindung. Das Kapitel 6 widmet sich der Formulierung von Handlungsempfehlungen. Die Arbeit schließt in Kapitel 7 mit einem Fazit, in dem die Arbeit und gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst werden, und gibt einen Ausblick auf weitere Forschungsmöglichkeiten.

oder den Einsatz von CNG-Fahrzeugen auf der konventionellen letzten Meile fördern. So können bereits erste Schritte zu einer Verbesserung führen.

7 Fazit und Ausblick auf weitere Forschungsansätze

Ziel dieser Arbeit war die Optimierung von Kosten und Umweltverträglichkeit in der urbanen Logistik, genauer am Beispiel der Distributionslogistik der letzten Meile für Kurier-, Express- und Paketdienste. Als Grundlage diente das Entscheidungsproblem von Leyerer et al. (2017), das einer multikritiellen Analyse unterzogen wurde. Das Modell wurde entwickelt, um mit einem alternativen Logistikkonzept der Problematik auf der letzten Meile entgegenzuwirken. Dazu wird die Einrichtung von Mikro-Depots in der Innenstadt modelliert, von denen aus Sendungen mittels einer zugehörigen Fahrzeugflotte verteilt werden, die auch den Einsatz alternativer Antriebsmöglichkeiten wie Elektrofahrzeuge berücksichtigt. Durch Umformulierung des Modells unter Ausrichtung einer mehrfachen Zielsetzung wurde der Zielkonflikt von Kosten und Umweltverträglichkeit verdeutlicht. Effiziente Lösungen konnten durch die Zieldominanz der Minimierung des Schadstoffausstoßes gefunden werden unter der Berücksichtigung von Anspruchswerten für die Gesamtkosten. In einer zweiten Formulierung nach dem Ansatz der Zielprogrammierung wurden Ergebnisse für verschiedene Zielwerte analysiert.

Die pareto-optimalen Ergebnisse verdeutlichen den Trade-off zwischen den beiden Kriterien, der eine Abwägung der Zielsetzungen für die Entscheidungsfindung bedeutet. Durch die Aufnahme von Erdgas betriebenen Fahrzeugen in die Modellierung konnte gezeigt werden, dass diese Antriebsart eine Substitutionsmöglichkeit für konventionelle Dieselfahrzeuge darstellt. Ein dritte Modellierung hat gezeigt, dass eine Simulation verschiedener Containergrößen lohnenswert sein kann, um mögliche Kosteneinsparungen und Reduzierungen der CO₂-Emissionen aufzudecken.

Nach kritischer Reflexion der vorgenommenen Arbeit wurden Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Konzepts als auch für die allgemeine Ausrichtung der Distributionslogistik der KEP-Dienste ausgesprochen, die auch die Politik und Forschung betreffen. Es wird deutlich, dass die Thematik viel Potenzial für weitere Forschung bietet, die hier abschließend aufgezeigt werden soll.

Die Limitationen der Modellierungen unterstreichen, dass Erweiterungen des Modells möglich sind. Mögliche Erweiterungen in der mathematischen Formulierung könnten den Einsatz von Diesel- oder Erdgasfahrzeugen erst ab einer bestimmten Distanz zum Nachfrageort festlegen. Hierzu müsste in der Formulierung explizit zwischen konventionellen und umweltfreundlichen Fahrzeuge unterschieden werden. Um die Diversifikation in der Auswahl der Fahrzeugflotte zu erhöhen, könnten den Mikro-Depots mindestens ein umweltfreundliches Fahrzeug zugeordnet werden. Eine weitere Möglichkeit bestünde in der Einrichtung und Unterscheidung von ausgewiesenen Fahrrad- und Kraftwagen-Depots. Veränderungen, die die Modellinstanz betreffen, wären unterschiedliche Paketgrößen oder der

Einsatz weiterer alternativer Fahrzeuge. Speziell das Lösungsvorgehen der Zielprogrammierung betreffend, wäre eine weitere Untersuchung der pareto-optimalen Lösungen für eine unterschiedliche Gewichtung interessant.

Weitergehend bietet sich eine Studie zu der Akzeptanz von Mikro-Depots an. Es wurde gezeigt, dass eine höhere Umweltverträglichkeit mit steigenden Kosten einhergeht. Als Konsequenz könnte sich dieser Effekt in höheren Preisen für die Paketdienstleistungen niederschlagen. Dies bietet den Ansatz zur Erforschung, ob Kunden eine erhöhte Zahlungsbereitschaft vorweisen, um zur Förderung der Umweltverträglichkeit beizutragen.