

Optimierung und Simulation innovativer Logistikkonzepte
im urbanen Raum

Masterarbeit

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

vorgelegt von

Name: Schindler



Vorname: Sören



Prüfer: Prof. Dr. rer. nat. M. H. Breitner

Hannover, den 02.10.2017

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Symbolverzeichnis	VII
Abstrakt	IX
1 Einleitung	1
1.1 Relevanz und Zielsetzung der Arbeit	1
1.2 Aufbau der Arbeit	2
2 Theoretische Grundlagen	5
2.1 Urbane Logistik	5
2.2 Online-Lebensmittelhandel	8
2.3 Forschungsmethodik	11
3 Status Quo und die Zukunft der urbanen Logistik	14
3.1 Geschäftsmodelle und Anbieter im E-Grocery	14
3.2 Aktuelle Optimierungsansätze und Pilotprojekte auf der letzten Meile . . .	18
3.3 Visionen	25
4 Optimierungsansatz zur Reduktion des innerstädtischen Verkehrsaufkommens	31
4.1 Das Geschäftsmodell „FoodStation“	31
4.2 Literaturanalyse zur Herleitung des Optimierungsmodells	34
5 Zweistufiges formalmathematisches Optimierungsmodell	44
5.1 Das Warehouse Location Routing Problem (WLRP)	44
5.1.1 Annahmen	44
5.1.2 Notation	45
5.1.3 Modellformulierung	46
5.2 Das Split-Delivery Vehicle Routing Problem with multiple Products, Com- partments and Time Windows (SD-VRPMPCTW)	48
5.2.1 Annahmen	48
5.2.2 Notation	50
5.2.3 Modellformulierung	51

6	Anwendungsbeispiel im Stadtgebiet Seelze	54
6.1	Vorstellung des Anwendungsbeispiels	54
6.2	Datenzuweisung und Bestimmung der Parameter	59
6.3	Ergebnispräsentation (WLRP + SD-VRPMPCTW)	64
6.3.1	Ausgangsfall	64
6.3.2	Parametervariation - Maximaler Servicegrad	66
6.3.3	Parametervariation - Minimaler Servicegrad	67
7	Simulation mit AnyLogic	69
7.1	Einführung zu AnyLogic und Simulationen	69
7.2	Implementierung des Anwendungsszenarios in AnyLogic	70
7.3	Simulation des Individualverkehrs	73
7.4	Simulation des Verkehrsaufkommens bei der Belieferung durch FoodStation	76
7.4.1	Belieferung durch Lastenfahrräder in der Ausgangsinstanz	76
7.4.2	Selbstabholung bei maximalem Servicegrad	78
8	Diskussion der Ergebnisse	79
9	Limitationen und Handlungsempfehlungen	82
10	Fazit und Ausblick	88
	Literatur	90
	Anhang	100
A	Nachfragestandorte im Anwendungsbeispiel	101
B	Potentielle Standorte für Foodstationen im Anwendungsbeispiel	102
C	Quellcode GAMS-Modell	102
	Ehrenwörtliche Erklärung	

1 Einleitung

1.1 Relevanz und Zielsetzung der Arbeit

In den letzten Jahren ist in Deutschland sowie auch weltweit ein deutlicher Trend zur zunehmenden Urbanisierung zu erkennen. Während im Jahr 2010 weltweit noch ca. 52 % der Weltbevölkerung in urbanen Gebieten lebte, wird erwartet, dass sich dieser Anteil bis zum Jahr 2050 auf bis zu 67 % erhöhen wird.¹ Mit der daraus resultierenden zunehmenden Bevölkerungsdichte steigt gleichzeitig auch die Anzahl an Kraftfahrzeugen in der Stadt, sowie der Bedarf an Gütern, speziell auch an Lebensmitteln, was wiederum zu erhöhtem Wirtschaftsgüterverkehr führt. Über 38 Millionen Personen in Deutschland tätigen derzeit (2016) mehrmals pro Woche einen Einkauf (s. Abbildung 1), wobei eine deutliche Tendenz zu mehrmaligem Einkauf pro Woche auszumachen ist. 42 % aller Einkäufe werden dabei mit dem Auto erledigt.²

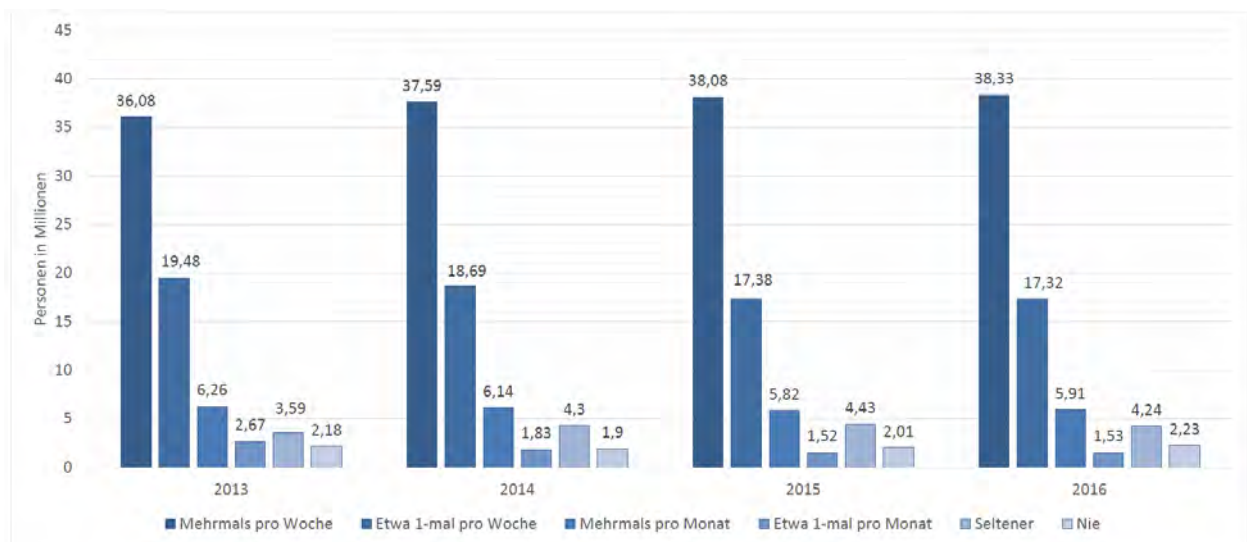


Abbildung 1: Häufigkeit des Einkaufs von Lebensmitteln und Getränken in Deutschland.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse Online (2017).

Das daraus resultierende Verkehrsaufkommen führt zur zunehmenden Überlastung der urbanen Straßennetze und somit zu Stau, Lärmbelästigung und erhöhten, teilweise nicht mehr vertretbaren Schadstoffemissionen. Verstärkt wird dieses zusätzlich durch den expandierenden Online-Handel, welcher das zu transportierende Paketvolumen und damit das Verkehrsaufkommen durch Lieferdienste auf der letzten Meile stetig ansteigen lässt. Auch Lebensmittelketten wie bspw. REWE³ oder EDEKA⁴ steigen zunehmend in den Online-Handel ein und bieten ihren Kunden die Lebensmittellieferung bis an die Haustür an. Aus

¹ Vgl. Van Audenhove et al. (2015), S. 3.

² Vgl. Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut Online (2014).

³ Vgl. Rewe Lieferservice Online (2017b).

⁴ Vgl. EDEKA24 Online (2017).

logistischer Sicht ist dieses vorerst positiv zu betrachten, denn wenn jeder Haushalt selbst mit dem Auto zum Supermarkt fährt, fallen jeweils Hin- und Rückfahrt an. Bei der Rundreise eines einzigen Lieferwagens zu den Kunden fallen hingegen deutlich weniger Emissionen, Lärm und Belastung des Straßennetzes an. Problematisch ist jedoch, dass viele dieser Online-Lebensmittelhändler bislang nur ein begrenztes Sortiment online anbieten. Oft fehlen frische Artikel wie Fleisch, Fisch und Gemüse. Somit kann der Kunde seinen Einkauf im Supermarkt nicht vollständig durch eine Online-Bestellung substituieren und er muss dennoch selbst zum Supermarkt fahren, um die nicht online verfügbaren Produkte zu erwerben. Schlimmstenfalls wird das Straßennetz somit durch den Online-Lebensmittelhandel doppelt belastet, da die privaten Fahrten zum Supermarkt nicht wegfallen und die der Lieferwagen noch zusätzlich hinzukommen.

An dieser Stelle setzt diese Arbeit an. Es werden eine Geschäftsidee sowie ein logistisches Konzept für das fiktive Unternehmen „FoodStation“ vorgestellt. Die benannte Problematik wird dabei aufgegriffen, indem ein Vollsortiment an Lebensmitteln online bestellt und auf nachhaltige Weise an spezielle Packstationen für Lebensmittel (im Folgenden als „Foodstationen“ bezeichnet) ausgeliefert wird. Kunden haben dann sowohl die Möglichkeit, ihre Bestellung in einer Foodstation selbst abzuholen oder sich diese nach Hause liefern zu lassen. Die Belieferung der Stationen und der Kunden erfolgt dabei mit elektrisch betriebenen Fahrzeugen, welche ebenso wie die Foodstationen unterschiedlich temperierte Abteile besitzen. Ziel ist es, die bei der Lebensmitteldistribution in urbanen Gebieten entstehenden Kohlenstoffdioxid-Emissionen (CO_2 -Emissionen) auf ein Minimum zu reduzieren, das Straßennetz zu entlasten und den Online-Lebensmittelhandel (E-Grocery) für die Kunden attraktiver zu gestalten. Daraus lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten: „Können sowohl das Verkehrsaufkommen wie auch die CO_2 -Emissionen im urbanen Raum durch ein innovatives Geschäftsmodell zur Optimierung der Lebensmitteldistribution auf der letzten Meile reduziert werden?“

1.2 Aufbau der Arbeit

Zunächst werden im zweiten Kapitel essentielle theoretische Grundlagen zum Verständnis dieser Arbeit vermittelt. Dazu werden die Begriffe „Urbane Logistik“, „City Logistik“, „Last Mile Delivery“ sowie „E-Grocery“ definiert, voneinander abgegrenzt und in den betriebswirtschaftlichen Kontext eingeordnet. Abschließend wird die angewendete Forschungsmethodik des „Design Science Research“ vorgestellt.

Im dritten Kapitel wird der Status Quo im Bereich des E-Groceries und der Belieferung auf der letzten Meile präsentiert. Dazu werden die aktuell auf dem deutschen Markt vertretenen E-Grocery Anbieter samt ihren Besonderheiten vorgestellt und miteinander verglichen. Zudem werden aktuelle Optimierungsansätze sowie bereits durchgeführte und noch laufende Pilotprojekte der „Last Mile Delivery“ vorgestellt. Zudem wird hier ein Ausblick auf

zukunftssträchtige Technologien und Konzepte zur Optimierung der urbanen Logistik gegeben.

In Kapitel vier wird das dieser Arbeit zugrundeliegende fiktive Geschäftsmodell vorgestellt und erläutert. Daran anknüpfend erfolgt eine ausführliche systematische Literaturanalyse nach Webster und Watson zur Herleitung eines für die Geschäftsidee geeigneten mathematischen Optimierungsmodells. Dieses Modell wird in Kapitel fünf formalmathematisch dargestellt und erläutert.

Im sechsten Kapitel erfolgt die Anwendung dieses Modells auf einer Beispielinstantz. Dazu wird zunächst das Anwendungsbeispiel vorgestellt und die Bestimmung der verwendeten Parameter erläutert. Anschließend wird das in Kapitel fünf vorgestellte Optimierungsmodell mittels einer Implementierung in die Modellierungssoftware GAMS (General Algebraic Modeling System) auf diese Beispielinstantz angewendet und die Ergebnisse werden präsentiert. Weiterhin erfolgt hier eine Parametervariation des Servicegrades.

Die so erhaltenen Ergebnisse werden anschließend in Kapitel sieben zur Simulation des Verkehrsaufkommens und des CO₂ Ausstoßes verwendet. In diesem Kapitel wird anfangs die Simulationssoftware AnyLogic und dessen Funktionsweise vorgestellt. Anschließend wird das Vorgehen zur Implementierung des Anwendungsbeispiels in diese Software erläutert. Danach erfolgt zunächst die Simulation des aktuellen Verkehrsaufkommens in dem ausgewählten Anwendungsgebiet, um einen Referenzwert für die Ergebnisse der anschließenden Simulation des vorgestellten Geschäftsmodells zu erhalten.

In Kapitel acht werden sowohl die durch GAMS ermittelten Ergebnisse als auch die der Simulationen durchläufe interpretiert und diskutiert. Im neunten Kapitel erfolgt eine kritische Reflexion der vorliegenden Arbeit. Es werden die Limitationen aufgezeigt und Handlungsempfehlungen ausgesprochen. Abschließend wird in Kapitel zehn ein Fazit dieser Arbeit gezogen und ein Ausblick für weitere Forschung in diesem Gebiet gegeben.

Abbildung 2 stellt den Aufbau dieser Arbeit noch einmal schematisch dar:

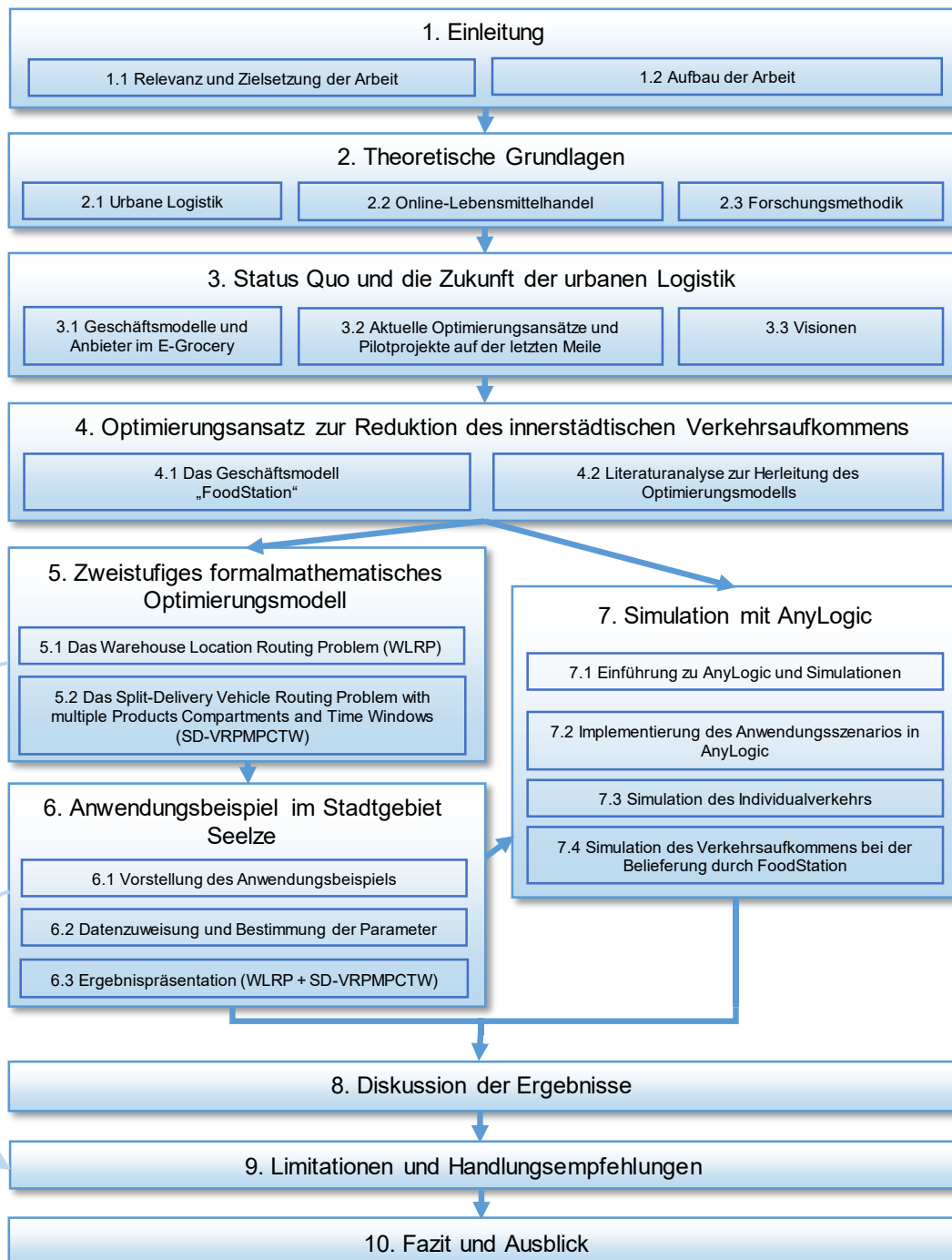


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Gliederung.
Quelle: Eigene Darstellung.

10 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde ein innovatives Geschäftsmodell zur Lebensmittelversorgung privater Haushalte in Form von E-Grocery vorgestellt. Das übergeordnete Ziel liegt dabei in der Optimierung der Logistik auf der letzten Meile hinsichtlich der Entlastung des Verkehrsnetzes urbaner Räume sowie zur Reduktion von CO_2 -Emissionen.

Hierfür wurden zunächst die Problemfelder sowie aktuelle Optimierungsansätze der letzten Meile aufgezeigt und aufbauend auf einer systematischen Literaturliteraturanalyse ein zweistufiges Optimierungsmodell zur Umsetzung des Geschäftsmodells „FoodStation“ entwickelt. Ziel dieses Modells ist die Minimierung der entstehenden Gesamtkosten des Unternehmens bei der Errichtung von Foodstationen sowie der Auslieferung der Bestellungen zu den Stationen und auf der letzten Meile zum Kunden. Dieses Modell wurde in GAMS implementiert und zur Berechnung einer optimalen Lösung eines bestmöglich realitätsnah hergeleiteten Anwendungsbeispiels verwendet. Damit konnte zunächst die Funktionalität des Modells überprüft und bewiesen werden. Die somit erhaltenen Ergebnisse über die Standort- und Routenentscheidungen wurden anschließend als Input für eine Simulation der logistischen Prozesse des Geschäftsmodells mit der Simulationssoftware AnyLogic genutzt. Hierdurch konnten Daten zur Nutzung des Verkehrsnetzes sowie zum Ausstoß von Schadstoffen generiert werden, welche mit den Daten einer weiteren Simulation des Individualverkehrs in dem betrachteten Gebiet gegenübergestellt wurden.

Bezugnehmend auf die eingangs gestellte Forschungsfrage konnte damit gezeigt werden, dass durch den Einsatz des vorgestellten Geschäftsmodells erhebliche Einsparungen, sowohl hinsichtlich des Verkehrsaufkommens im urbanen Raum, als auch hinsichtlich der CO_2 -Emissionen, erreicht werden können. Konkret können so 68,09 kg CO_2 am Tag eingespart werden und die Zeit, in der das Verkehrsnetz aufgrund von Lebensmittelbesorgungsfahrten belastet wird, kann auf weniger als ein Drittel pro Tag reduziert werden. Außerdem konnte durch die Simulation gezeigt werden, dass die Reichweite aktueller Elektrofahrzeuge für den Einsatz auf der letzten Meile, aber auch für Belieferungsfahrten von einem Zentrallager außerhalb der Stadt, ausreichend ist. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen kann somit nach den Erkenntnissen dieser Arbeit uneingeschränkt für die KEP-Dienstleister empfohlen werden.

Durch eine Parametervariation des Servicegrades in dem Optimierungsmodell wurde weiterhin der Einfluss des Servicegrades auf die Lösungsmenge sowie den Zielfunktionswert untersucht. Hier konnte gezeigt werden, dass die Höhe des Servicegrades maßgeblich für die Anzahl der zu errichtenden Stationen und damit auch für die Gesamtkosten ausschlaggebend ist. Die Anzahl der Foodstationen konnte als der größte Kostenfaktor ausgemacht werden, die Anzahl und Länge der zu fahrenden Touren verändert den Zielfunktionswert

hingegen nur geringfügig.

Aufgrund der in der Realität vorherrschenden Dynamik, wodurch sich täglich andere Routen zu den Nachfrageorten ergeben, wurde daher die Empfehlung ausgesprochen, den Fokus der Optimierung bei derartigen Problemen zukünftig vermehrt auf die Standortbestimmung zu richten.

In einer anschließenden Diskussion der Limitationen dieser Arbeit wurde verdeutlicht, dass eine Wirtschaftlichkeitsanalyse bzw. eine Verbraucherstudie mit besonderem Hinblick auf die Wahl eines geeigneten Servicegrades für eine erfolgreiche Umsetzung des Geschäftsmodells in der Praxis unabdingbar ist. Da die Kosten der Stationen den größten Faktor darstellen gilt es dabei, den Trade-off zwischen steigender und sinkender Nachfrage bei höherem oder niedrigerem Servicegrad sowie auch zwischen Personal- und Materialkosten zu untersuchen. Dafür muss zunächst auch eine klare Definition der Zielgruppe erfolgen und es muss eine entsprechende Nachfrage und Akzeptanz für das E-Grocery ermittelt werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass die eingangs aufgezeigten Problemfelder der urbanen Logistik durch geeignete Optimierungsansätze gelöst, bzw. deren negative Ausprägungen zumindest eingeschränkt werden können. Dabei gilt es besonders im Hinblick auf umweltökologische Aspekte die Elektromobilität sowohl auf der letzten Meile als auch für den innerstädtischen Wirtschaftsgüterverkehr verstärkt einzubinden. Nur so kann das Leben im urbanen Raum nachhaltig gestaltet und die Lebensqualität beibehalten werden. Innovative Zustellkonzepte sollten daher auch in zukünftiger Forschung vermehrt im Fokus stehen.