

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 19665 N

Thema

Erarbeitung von Systemkonzepten für kooperative und verkehrsübergreifende innerstädtische Transporte

Berichtszeitraum

1.9.2017 bis 30.9.2019

Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V.

Forschungseinrichtung(en)

1. Hochschule Neu-Ulm (HNU)
2. Technische Universität München (TUM)

Neu-Ulm, 15.01.2020

München, 15.01.2020

Ort, Datum

Prof. Dr. Oliver Kunze

Prof. Dr. Stefan Minner

Name und Unterschrift aller Projektleiterinnen und Projektleiter der
Forschungseinrichtung(en)

Gefördert durch:

Inhalt

1. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung.....	2
2. Gegenüberstellung der durchgeführten Arbeiten und des Ergebnisses mit den Zielen.....	3
Teilziel 1: Beantwortung struktureller Fragen.....	3
Teilziel 2: Erstellung von Regel- und Fallback-Prozessen	3
Teilziel 3: Untersuchung von möglichen Geschäftsmodellen	4
Teilziel 4: Erstellung von Planungsverfahren (Algorithmik)	5
Teilziel 5: Umsetzung eines Demonstrators	6
Übersicht Teilerreichung.....	8
3. Angaben zu den aus der Zuwendung finanzierten Ausgaben	8
Forschungseinrichtung 1 HNU.....	8
Forschungseinrichtung 2 TUM	9
4. Erläuterung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	9
5. Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens.....	10
6. Ergebnistransfer in die Wirtschaft & Veröffentlichungsübersicht	11
Anhang: Schlußbericht – Inhaltlicher Teil.....	12

1. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Das Forschungsvorhaben beschäftigte sich mit der Konzeption und Bewertung von wesentlichen Komponenten (Geschäftsmodellen, Strukturen, Prozessen, Planungsverfahren, Entscheidungsunterstützung) für die Entwicklung einer NEUEN ART VON DIENSTLEISTUNG.

Das wesentliche wirtschaftliche Problem ist ein NACHHALTIGES GESCHÄFTSMODELL, das für alle Beteiligten eine ROBUSTE WIN-WIN-SITUATION herbeiführt. Ohne ein solches Geschäftsmodell wird es keine freiwillige und nachhaltige Zusammenarbeit der beteiligten Akteure geben (s. fehlgeschlagene Versuche zur Errichtung von Crowd-Logistics-Lösungen, wie z.B. Bringbee in der Schweiz).

Das zweite Problem ist die ANBIETERÜBERGREIFENDE LOGISTISCHE KONZEPTION in Bezug auf STRUKTUREN UND PROZESSE. Während es schon einige proprietäre Ansätze zur Umsetzung von Crowd-Logistics Lösungen gibt (s. myWays von DHL in Stockholm; „Deliver with amazon“ weltweit), sind anbieterübergreifende Konzepte derzeit in Europa noch kein erfolgreiches und etabliertes Geschäftsmodell, an dem sich auch KMU profitabel beteiligen können.

Die wirtschaftliche Problemstellung ist jedoch nicht allein durch ein geeignetes Geschäftsmodell und ein logistisches Konzept zu lösen, da der Ertrag eines solchen Geschäftsmodells auch davon abhängt, wie die Erfüllung der Transportaufträge sowohl mit Blick auf den Kunden (Lieferzeiten, Zeitfenster) als auch mit Blick auf die Anbieter (effiziente Ressourcenallokation) geplant wird. Dazu sind angemessene PLANUNGSVERFAHREN UND OPTIMIERUNGSGRUNDLAGEN zu entwickeln, die die jeweiligen Geschäftsmodelle sinnvoll unterstützen. (vgl. Antrag 2.1)

2. Gegenüberstellung der durchgeführten Arbeiten und des Ergebnisses mit den Zielen.

Die geplanten Teilziele des Projekts wurden im Kap. 3.2.1. des Projektantrags definiert. Diese wurden wie folgt erreicht.

Teilziel 1: Beantwortung struktureller Fragen

Zunächst wurde im AP 1 (Strukturvarianten) untersucht, wie sich die Dichte und Lage der Übergabepunkte auf das Systemverhalten in Hinblick auf Kosten auswirken.

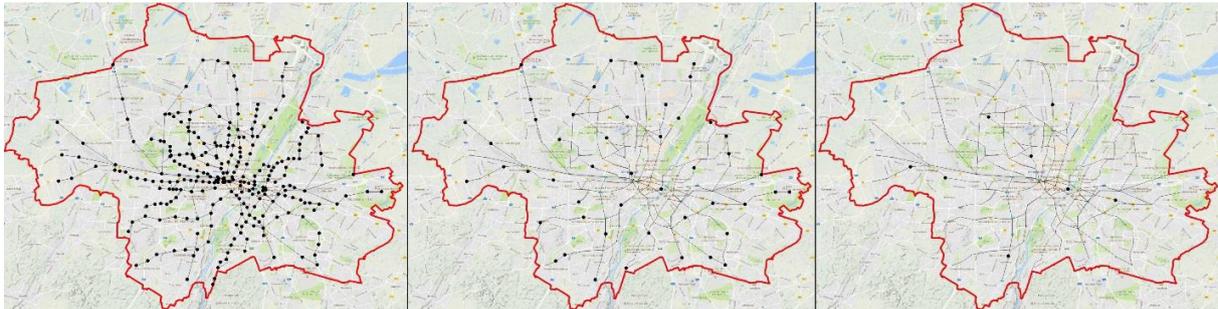


Abbildung 1 – Beispiele für mögliche Standorte der Übergabestationen (Router)

Diese verschiedenen Standortszenarien wurden insbesondere mit entsprechenden Kosten (fix und variabel) bewertet.

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 1 Strukturvarianten, Abschnitt 3 „Ergebnisse“

Außerdem wurde im AP 6 (Analysedemonstrator) die Möglichkeit geschaffen, im Rahmen von Simulationen zu untersuchen, wie sich die Dichte und Lage der Übergabepunkte (in Kombination mit einer Reihe von weiteren Einflußfaktoren) auf das Systemverhalten auswirkt.

Zum andern wurde mit Hilfe von annahmenbasierter Szenariensimulation untersucht, mit welchen Wahrscheinlichkeiten die Crowd die Transportaufträge autark in den definierten Zustellzeiträumen erfüllen kann, und wie oft welche Relationen durch professionelle Dienstleister (KMU) substituiert werden müssen, um die Serviceversprechen einhalten zu können.

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 6 Analysedemonstrator Abschnitt 1. „Agentenbasierte Simulation als Analysedemonstrator für City Crowd Logistik Systeme“

Teilziel 2: Erstellung von Regel- und Fallback-Prozessen

Ein weiteres Ziel des Projekts war es, REGEL-PROZESSE und FALLBACK-PROZESSE zu erarbeiten, die dann greifen, wenn die Gefahr besteht, dass Sendungen durch die Crowd nicht termingerecht zugestellt zu werden. Ohne diese Elemente ist die VERLÄSSLICHKEIT der Abwicklung, die für die nachhaltige Diffusion des Geschäftsmodells notwendige REPUTATION eines Crowd Logistics Angebots und somit mittelfristig auch der geschäftliche ERFOLG gefährdet (vgl. Projektantrag 3.2.1.)

Diese REGEL- und FALLBACK-PROZESSE wurden im Rahmen vom AP 5 erstellt.

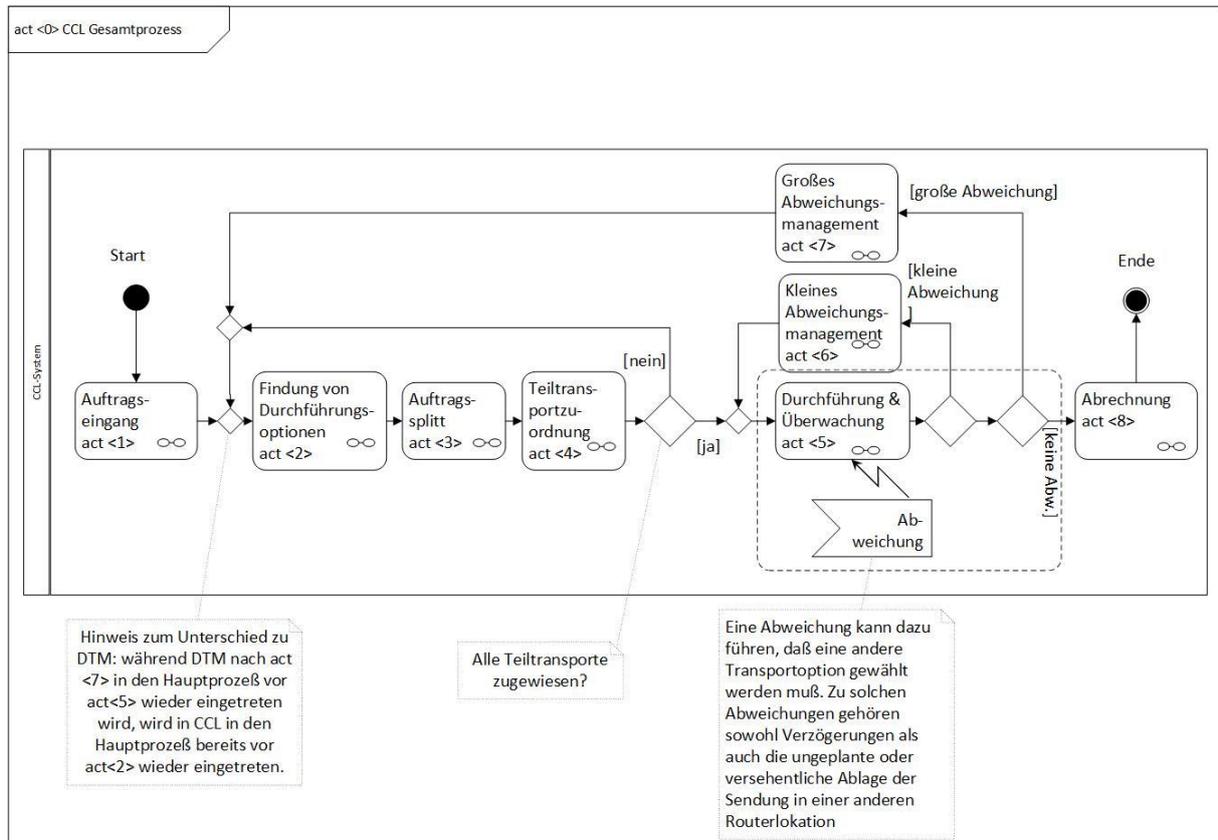


Abbildung 2 – Prozeßübersicht

Dabei stellen die beiden Unterprozesse „Kleines Abweichungsmanagement (act<6>)“ und „Großes Abweichungsmanagement (act<7>)“ die Fallback-Prozesse dar.

Teilziel 3: Untersuchung von möglichen Geschäftsmodellen

Ohne das Vorhandensein von ERFOLGVERSPRECHENDEN KOOPERATIVEN GESCHÄFTSMODELLEN (die auch Privatpersonen als Akteure mit einschließen) ist ein Crowd Logistics Angebot nicht umsetzbar. Daher wurde mittels Recherche und Umfragen untersucht, welche Geschäftsmodelle bereits existieren, welche denkbar sind, und welche Auswirkungen diese verschiedenen Geschäftsmodelle auf die Mitnahmebereitschaft der Crowd und die Notwendigkeit für Fallback-Transporte durch professionelle Dienstleister (KMU) haben (vgl. Projektantrag 3.2.1.).

Im AP 2 „Geschäftsmodellvarianten“ wurden die wesentlichen Elemente des kooperativen CCL-Geschäftsmodells identifiziert. Geschäftsmodelle von verschiedenen Anbietern (u.a. Uber) wurden auf Basis von veröffentlichten Daten analysiert. Außerdem wurde ein Geschäftsmodellkalkulator erstellt, mit dem verschiedene Geschäftsmodellenszenarien mit Kosten und Erlösen kalkuliert wurden.

München Social Net	Prozesskosten (Mio)	Prozessmenge (Mio)	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozess- kostensatz
Ausführung	0.62 €	0.3 Aufträge	2.0667 €/Auftrag	0.51 €/Auftrag	2.577 €/Auftrag
Kosten des Umsatzes	0.27 €	0.3 Aufträge	0.9 €/Auftrag	0.222 €/Auftrag	1.122 €/Auftrag
Fixkosten	0.22 €				
Zuschlagssatz	0.2469 %				
Selbstkosten	3.6991 €/Auftrag				

Abbildung 3 – Ergebnisse Geschäftsmodellkalkulator (Beispiel)

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 2 Geschäftsmodelle, insbes. Abschnitt 3 „Transportstrukturen und Fixkosten“ und Abschnitt 4 „Variable Kosten“

Außerdem wurde eine Umfrage zur vergütungsabhängigen Mitnahmebereitschaft von potentiellen Crowd-Kurieren durchgeführt und ausgewertet.

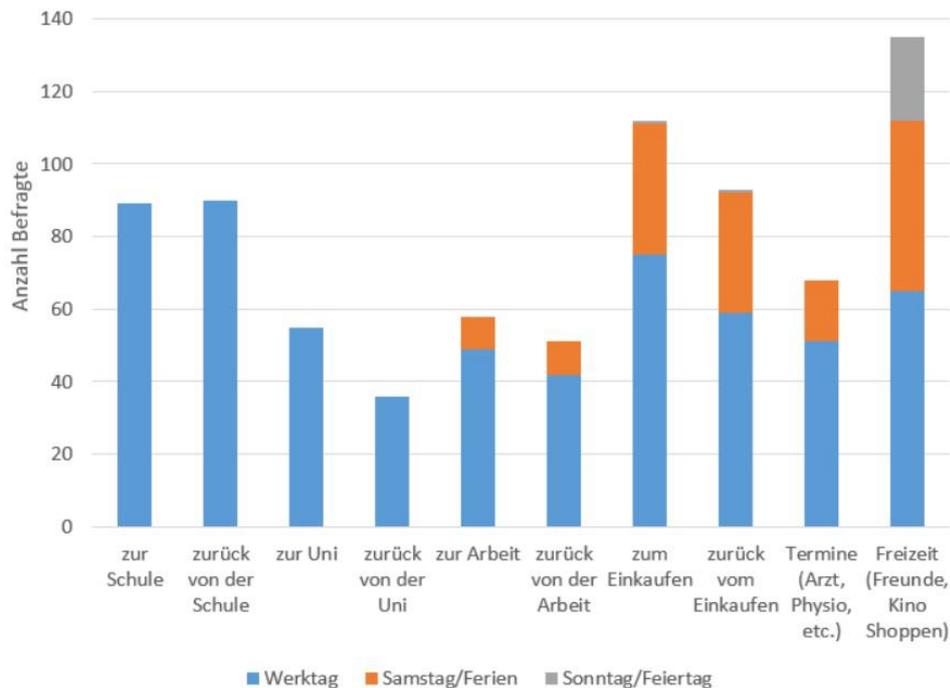


Abbildung 4 – Auszug aus Umfrage zur Mitnahmebereitschaft

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 2 Geschäftsmodelle, Abschnitt 5 „Preissensitivität und Mitnahmebereitschaft“

Teilziel 4: Erstellung von Planungsverfahren (Algorithmik)

Die Gestaltung und Steuerung der Crowd erfordert eine Plattform (einen Marktplatz) mit funktionaler Entscheidungsunterstützung durch PLANUNGSVERFAHREN (ALGORITHMIK).

Im Rahmen des AP 4 „Algorithmen & Regelwerke“ wurde ein stochastischer Algorithmus zur Planung von CCL-Verkehren konkret entwickelt und anhand von verschiedenen Szenarien evaluiert.

Algorithm 1 Benders Decomposition

```

 $Low \leftarrow -\infty, Up \leftarrow \infty$ 
while  $Up > Low$  do
  solve  $RMP \rightarrow \bar{\Omega}, Low$ 
  update core point
  for  $s \in \mathcal{S}$  do
    solve  $DSP_s(\bar{\Omega}) \rightarrow z_s$ 
    generate Pareto-optimal cut
  end for
   $z_{up} \leftarrow \sum_{i'} \phi_{i'} \bar{\Omega} + z_{ev} + \sum_s z_s$ 
  if  $z_{up} < UP$  then
     $Up \leftarrow z_{up}$ 
  end if
end while

```

Abbildung 5 – Top-Level-Konzept des CCL-Planungsalgorithmus (Darstellung hier: Pseudo-Code)

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 4 Algorithmen & Regelwerke, Abschnitt 1.1. „Modelle“ und Abschnitt 1.2 „Numerische Experimente“

Teilziel 5: Umsetzung eines Demonstrators

Schließlich sollte der DEMONSTRATOR als vorwettbewerblicher „PROOF OF CONCEPT“ verschiedene Szenarien von Systemausprägungen (i.e. Kombination aus logistischem Systemkonzept, kooperativem Geschäftsmodell und entsprechender Algorithmik) simulieren und helfen, diese zu bewerten (Analysedemonstrator). Daneben soll er als Showcase für die Verbreitung der Forschungsergebnisse dienen (Praxisdemonstrator). (vgl. Projektantrag 3.2.1.)

Im AP 3 „Nachfrage- & Parameterszenarien“ wurden Szenarien für den Analysedemonstrator und für weiterführende Untersuchungen entwickelt und für interessierte Dritte zum Download (www.hnu.de/ccl Downloadbereich: Nachfrageszenarios) bereit gestellt.

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 3 Nachfrage- & Parameterszenarien, Anhang A

Im AP 6 „Demonstrator“ (Analysedemonstrator) wurde eine Software zur Analyse von CCL-Szenarien entworfen und implementiert.

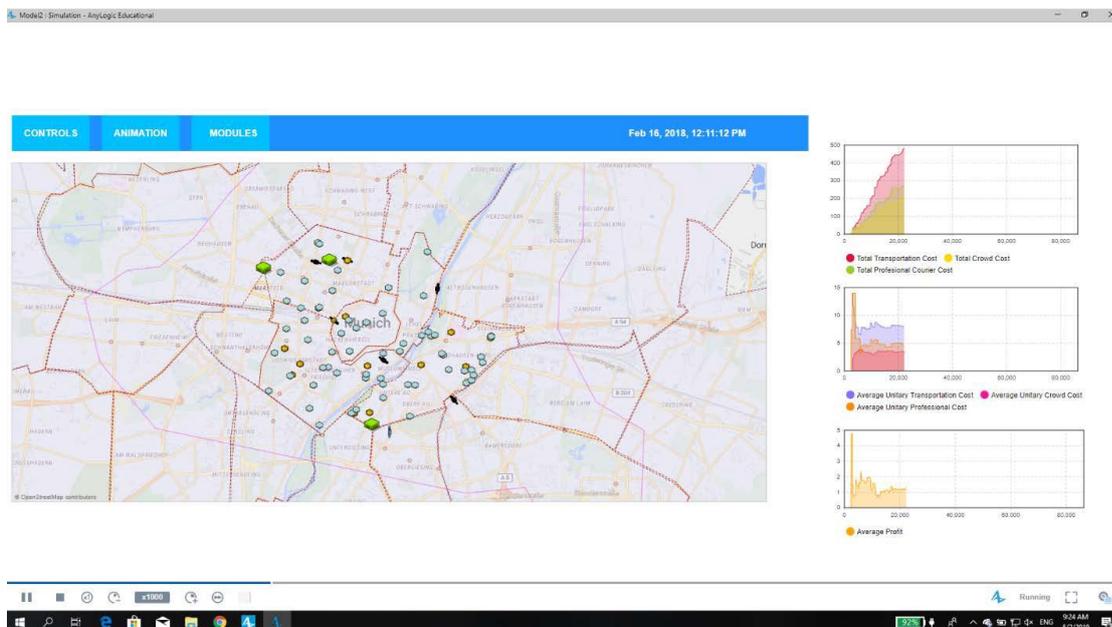


Abbildung 6 – Simulation im Analysedemonstrator

Mithilfe des Analysedemonstrators wurden insgesamt 8 Versuchsreihen durchgeführt.

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 6 Analysedemonstrator Abschnitt 1. „Agentenbasierte Simulation als Analysedemonstrator für City Crowd Logistik Systeme“

Im AP 6 „Demonstrator“ wurde zunächst eine spezielle App zur Abwicklung von CCL-Prozessen im Demonstrator entwickelt. Diese App wurde anschließend im Rahmen des „Praxisdemonstrators“ für die Durchführung der physischen Pakettransporte eingesetzt.

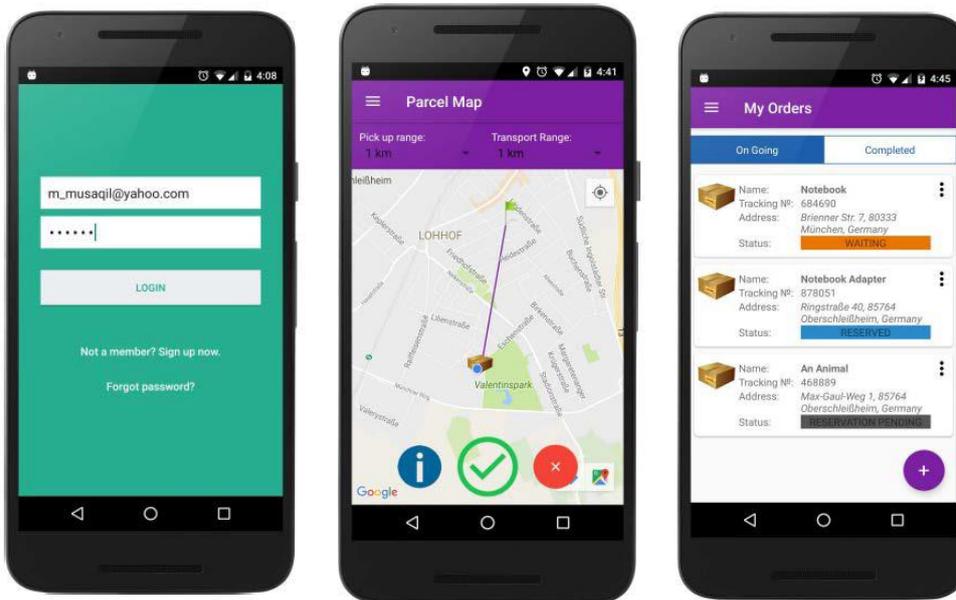


Abbildung 7 – Ausgewählte Screenshot-Auszüge aus der Demonstrator App

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 6 Analysedemonstrator Abschnitt 1.2 „Entwicklung einer mobilen Anwendung für Crowd Logistik“

Im Rahmen des Praxisdemonstrators wurde schließlich ein physischer Testbetrieb von Paketen unter Nutzung zweier physischer Router (einer bereitgestellt durch die Stadt München und einer bereitgestellt durch den Projektpartner „Emmas Box“) und eines Fahrradkuriers (Projektpartner Transpedal) durchgeführt. Diese Testbetrieb wurde mithilfe der vom Projektpartner „T-Systems“ bereitgestellten Monitoring-Infrastruktur online überwacht und dokumentiert.



Abbildung 8 – Physischer CCL-Testtransport im Rahmen des Praxisdemonstrators

Der Praxisdemonstrator wurde außerdem in einem Kurzvideo dokumentiert (s. www.hnu.de/ccl Ergebnisse Praxisdemonstrator). Die praktische Umsetzbarkeit des Konzepts in der praktischen Anwendung konnte so nachgewiesen werden (Proof of Concept).

Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 6 Praxisdemonstrator

Übersicht Teilzielerreichung

Teilziele gem. Kap 3.2.1 Projektantrag	Arbeiten	Wesentliche Ergebnisse
Teilziel 1: Beantwortung struktureller Fragen	AP 1 „Logistische Strukturvarianten“ AP 6 „Demonstrator“ Analysedemonstrator	Verschiedene strukturelle Varianten wurden untersucht und bewertet
Teilziel 2: Erstellung von Regel- und Fallback-Prozessen	AP 5 „Varianten der Prozessausgestaltung“	Regel- und Fallbackprozesse wurden modelliert.
Teilziel 3: Untersuchung von möglichen Geschäftsmodellen	AP 2 „Geschäftsmodellvarianten“	Die wesentlichen Elemente des kooperativen CCL-Geschäftsmodells wurden identifiziert. Ein Geschäftsmodellkalkulator wurde erstellt, mit dem verschiedene Geschäftsmodellszenarien mit Kosten und Erlösen kalkuliert wurden.
	AP 2 „Geschäftsmodellvarianten“ • vergütungsabhängige Mitnahmebereitschaft möglicher Crowd-Kuriere	Eine Umfrage zur vergütungsabhängigen Mitnahmebereitschaft wurde durchgeführt und ausgewertet.
Teilziel 4: Erstellung von Planungsverfahren (Algorithmik)	AP 4 „Algorithmen & Regelwerke“	Neuartige Algorithmen und Regelwerke zur Planung von CCL-Transporten wurden entwickelt und implementiert.
Teilziel 5: Umsetzung eines Demonstrators	AP 3 „Nachfrage- & Parameterszenarien“	Szenarien für den Analysedemonstrator und für weiterführende Untersuchungen wurden entwickelt und für interessierte Dritte zum Download bereit gestellt.
	AP 6 „Demonstrator“ • Analysedemonstrator	Eine Software zur Analyse von CCL-Szenarien wurde entworfen und implementiert.
	AP 6 „Demonstrator“ • Praxisdemonstrator App	Eine spezielle App zur Abwicklung von CCL-Prozessen im Demonstrator wurde entwickelt
	AP 6 „Demonstrator“ • Praxisdemonstrator Testbetrieb	Der Demonstrator wurde in Zusammenarbeit mit den Praxispartnern geplant und umgesetzt

3. Angaben zu den aus der Zuwendung finanzierten Ausgaben

Die Zuwendungen wurden von beiden Forschungseinrichtungen plangemäß wie folgt verwendet.

Forschungseinrichtung 1 HNU

A1: Angestellter mit abgeschlossener wissenschaftl. Ausbildung (WiMa)

Der für das Projekt CCL angestellte WiMa (Qualifizierungsniveau: Master) hat plangemäß 21 Monate in Vollzeit für das Projekt gearbeitet. (s. Zahlenmäßiger Nachweis (bZ) der Forschungseinrichtung Nr. 1)

A3: Hilfskräfte

Die für das Projekt CCL angestellten Hilfskräfte HiWis (Qualifizierungsniveau: studentische Hilfskräfte) wurden im Wesentlichen für die Durchführung der Umfrage eingesetzt (s. Zahlenmäßiger Nachweis (bZ) der Forschungseinrichtung Nr. 1)

B: Ausgaben für Gerätebeschaffung: keine

C: Ausgaben für Leistungen Dritter: keine

Forschungseinrichtung 2 TUM

A1: Angestellter mit abgeschlossener wissenschaftl. Ausbildung (WiMa)

Der für das Projekt CCL angestellte WiMa (Qualifizierungsniveau: Master) hat plangemäß 21 Monate in Vollzeit für das Projekt gearbeitet. (s. Zahlenmäßiger Nachweis (bZ) der Forschungseinrichtung Nr. 2)

A3: Hilfskräfte

Die für das Projekt CCL angestellten Hilfskräfte HiWis (Qualifizierungsniveau: studentische Hilfskräfte) wurden im Wesentlichen für die Implementierung und Durchführung von Optimierungsrechnungen und Simulationen eingesetzt (s. Zahlenmäßiger Nachweis (bZ) der Forschungseinrichtung Nr. 2)

B: Ausgaben für Gerätebeschaffung: keine

C: Ausgaben für Leistungen Dritter: keine

4. Erläuterung der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die in den Haushaltsjahren 2017, 2018 und 2019 durchgeführten Arbeiten entsprechen dem ursprünglich bewilligten und mit Bescheid vom 5.6.2019 geänderten Arbeitsplan. Sie waren für die Erreichung der im Projekt angestrebten Ziele notwendig und angemessen. Die geleisteten Arbeiten erfolgten im Rahmen der jeweiligen im Antrag ausgewiesenen Arbeitspakete (AP).

Die Forschungseinrichtung 1 (HNU) hat dabei folgende APs übernommen:

- AP1: Logistische Strukturvarianten
- AP2: Geschäftsmodellvarianten
- AP3: Nachfrage- & Parameterszenarien
- AP5: Varianten der Prozeßausgestaltung
- AP8: Projektkoordination

Die Forschungseinrichtung 2 (TUM) hat dabei folgende APs übernommen:

- AP4: Algorithmen und Regelwerke
- AP6: Demonstrator
 - Analysedemonstrator
 - Praxisdemonstrator

Beide Forschungseinrichtungen 1 & 2 haben die Veröffentlichungen und die Praxiskontakte im

- AP7: Dissemination

für ihre jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkte (s. AP 1-6) jeweils selbst übernommen und miteinander abgestimmt.

5. Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens

Das CCL-Konzept scheint in praxi durchaus realisierbar. Selbst wenn in der Vergangenheit erste Versuche gescheitert sind (vgl. Antrag Abschnitt 2.1), nimmt das Thema Crowd Logistics weltweit weiter an Fahrt auf.

In Europa hat am 15. Mai 2020 das niederländische Unternehmen „flitsmeister“ einen Crowd Lieferdienst angekündigt (s. <http://www.citylogistics.info/business/dutch-flitsmeister-introducing-crowd-logistics/#more-2891>). Herauszuheben ist u.a. „uber eats“, ein crowd basierter Essenzustellservice (s. <https://www.ubereats.com/>) welcher die crowd dazu nutzt, Essen von Restaurants an Kunden zu liefern. Auch aus Deutschland ist den Forschungseinrichtungen ein Startup bekannt, welches einen solchen Dienst anbieten will (<https://paxansolutions.de/>).

Darüber hinaus arbeiten auch Stadtverwaltungen an neuen Konzepten, wie Stadtlogistik erfolgen kann. Dabei spielen sog. Quartiersboxen (s. www.muenchen.de/leben/orte/quartiersbox.html) eine zunehmende Rolle, die zum einen eine Zustellung ohne persönliche Wareneingangnahme ermöglichen, und zum anderen eine wichtige Rolle für das CCL Router-Konzept übernehmen können. Somit sind Quartiersboxen als eine aufkommende „enabling technology“ für CCL zu betrachten.

Die Vertreter der Forschungsstellen gehen daher davon aus, daß das CCL-Konzept auch in praxi realisierbar ist.

Die wesentlichen konkreten Beiträge, die das Projekt CCL für die Wirtschaft und insbesondere für KMU-Startups bereit stellt sind:

- Die Umfrage zur vergütungsabhängige Mitnahmebereitschaft möglicher Crowd-Kuriere
Details s. Schlußbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 2 Geschäftsmodelle, Abschnitt 5 „Preissensitivität und Mitnahmebereitschaft“
- Die Algorithmen zur Zuordnung von Kurieren zu Sendungen unter Unsicherheit (in Bezug auf Preis und Mitnahmebereitschaft)
Details s. Schlussbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 4 Algorithmen & Regelwerke, Abschnitt 1.1. „Modelle“ und Abschnitt 1.2 „Numerische Experimente“
- Die Prozessmodelle, die helfen, eine aufwändige Prozessneuentwicklung von „Null an“ zu vermeiden
Details s. Schlussbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 5 Prozessausgestaltung, Abschnitt 2 „Prozessmodell“
- Der Demonstrator, der zeigt, daß und wie in etwa ein solcher CCL-Service implementiert werden kann
Details s. Schlussbericht (Inhaltlicher Teil) – Teil 6 Praxisdemonstrator

Last but not least hat das Projekt konkrete Ansprechpartner aus der Wirtschaft zu den Themen

- CCL-Routertechnologieanbieter (Emmas Box, München)
- Tracking-Technologieanbieter (T-Systems, Ulm)
- Quartiersboxenbetreiber (Stadt München)
- Transport-Serviceanbieter (Transpedal München & Packator Berlin) und
- Planungsverfahrensanbieter (ptv AG Karlsruhe und pls GmbH Leinfelden-Echterdingen)

hervorgebracht und im PA vernetzt.

6. Ergebnistransfer in die Wirtschaft & Veröffentlichungsübersicht

Eine Veröffentlichungsübersicht über alle Projektveröffentlichungen findet sich im *Schlussbericht (Inhaltlicher Teil) Teil 7 – Ergebnistransfer in die Wirtschaft*

Der Plan zum Ergebnistransfer gemäß Antrag Abschnitt 5.2. wurde wie folgt umgesetzt:

CCL-Plan Ergebnistransfer		Zeitraum: 2017 2018 2019 2020 2021					CCL-Ist-Stand Ergebnistransfer (Mai 2020)
Transferformat:	Zielgruppe:	Projektlaufzeit		nach Projekt			
Projektbegleitender Ausschuß (Meeting)	Firmen mit konkretem Interesse am Projekt	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			PA hat regelmäßig getagt: <input checked="" type="checkbox"/> 1. PA: 05.10.2017 München <input checked="" type="checkbox"/> 2. PA: 08.02.2018 Illertissen <input checked="" type="checkbox"/> 3. PA: 25.10.2018 München <input checked="" type="checkbox"/> 4. PA: 25.04.2019 München <input checked="" type="checkbox"/> 5. PA: 10.10.2019 Neu-Ulm
CCL-Projekt-Infoplattform (Website)	Firmen, Behörden, Presse		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> s. https://www.hs-neu-ulm.de/ccl
Zwischenbericht (Report)	Firmen, Behörden, Presse, Fördermittelgeber		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			AiF-Zwischenberichte sind erstellt worden: <input checked="" type="checkbox"/> 1. ZB <input checked="" type="checkbox"/> 2. ZB
Analysedemonstrator (Software)	Firmen, Behörden, Presse, Studenten			<input checked="" type="checkbox"/>			Analysedemonstrator wurde dem PA vorgestellt: <input checked="" type="checkbox"/> 25.04.2019 München
Praxisdemonstrator	Firmen, Behörden, Presse, Studenten			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> Praxisdemonstrator wurde dem PA und der Stadt München vorgestellt: 25.04.2019 München <input checked="" type="checkbox"/> Praxisdemonstrator wurde der Presse vorgestellt - Veröffentlichung in BVL Magazin Drei 2019, "Pendler bringen Pakete", Bremen Herbst 2019 <input checked="" type="checkbox"/> Film zu CCL wurde erstellt und veröffentlicht s. https://www.hs-neu-ulm.de/ccl
Abschlussbericht (Report)	Firmen, Behörden, Presse, Fördermittelgeber				<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> liegt hiermit vor
Nationale Expertenrunden (Workshops, Networking, z.B. BVL Roundtable Citylogistics DO; U.L.M. U; AK Vernetzte Mobilität OBB M)	Firmen (insbesondere Logistics Service Provider & Startups); Behörden, Wissenschaftler		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> Beitrag https://www.nanuuu.de/city-crowd-logistics , Ulm 14.02.2018; <input checked="" type="checkbox"/> Vorstellung 17. U.L.M. Ulm 29.11.2018;
Nationale Fachveranstaltungen (Networking, z.B. ULT U, BVL-Kongress B)	Firmen (insbesondere Logistics Service Provider & Startups)			<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> Vorstellung auf BVL-Kongress, Berlin Poster Session 27. Oktober 2017 <input checked="" type="checkbox"/> Vorstellung auf BVL-Kongress, Berlin Vortrag 25.10.2019
Internationale Messen (Networking, z.B. transport logistic M)	Firmen (insbesondere Logistics Service Provider & Startups)					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> nächster Termin Messe "transport logistic" München 04-07.05.2021
Internationale Konferenzen (z.B. CityLogistics, mobileTUM M, ...)	Wissenschaftler		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/> Vorstellung mobileTUM 13.06.2018; <input checked="" type="checkbox"/> Vorstellung mobility@TUM, München 19.11.2019 <input type="checkbox"/> Vorstellung im Rahmen von "EIT Urban Mobility: Boost I&E" (geplant für 2020) <input type="checkbox"/> International Scientific Symposium on Logistics, Dresden ursprgl. geplant 16.06.2020 (Beitrag angenommen, Termin aber wg. Corona verschoben)
Analysetoolkit* (Software)	potentielle Markteinsteiger				<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> s. https://www.hs-neu-ulm.de/ccl - Ergebnisplanung (xls)
Wissenschaftsbegleitung* (Begleitung Feldversuch)	potentielle Markteinsteiger					<input type="checkbox"/>	ungewiss
*Finanzierung vorausgesetzt							
Legende:							
<input checked="" type="checkbox"/> ist erfolgt; <input type="checkbox"/> ist weiterhin geplant; ? ist ungewiss; <input type="checkbox"/> ist nicht erfolgt und nicht mehr geplant							

Abbildung 9 – Übersicht Transfermaßnahmen

Der Transfer nach Projektende (vgl. und in den blauen Spalten der Abbildung 9) ist aus heutiger Sicht realistisch, da Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und auf Fachkongressen nach Projektende bereits erfolgt sind und weitere bereits konkret geplant sind.

In Bezug auf die Wissenschaftsbegleitung von Feldversuchen kann man ein konkretes Interesse derzeit schlecht abschätzen. Es gibt zwar bereits erste Interessensbekundungen am Projekt CCL von einem Start-up - ob sich daraus jedoch eine drittmittelfinanzierte Wissenschaftsbegleitung von Feldversuchen entwickeln kann, ist derzeit ungewiss.

Anhang: Schlußbericht – Inhaltlicher Teil

Schlussbericht, inhaltlicher Teil

Inhalt

Teil 1 - Strukturvarianten	3
Teil 2 - Geschäftsmodelle	9
Teil 3 - Nachfrage- & Parameterszenarien	54
Teil 4 - Algorithmen und Regelwerke	67
Teil 5 - Prozessausgestaltung	85
Teil 6 - Demonstrator	91
Analysedemonstrator	91
Praxisemonstrator	112
Teil 7 - Ergebnistransfer in die Wirtschaft	117

Teil 1 - Strukturvarianten

Emanuel Herrmann*, Oliver Kunze*

**HNU Neu-Ulm University of Applied Sciences, Wileystraße 1, 89231, Neu-Ulm, Germany*

© Die Autoren

Schlagnworte: Urbane Logistik, Last Mile Logistik, Crowd Logistik, Physisches Internet, Standortprobleme

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Standortbestimmung in einer physischen Internetumgebung. Es werden drei Fragen behandelt. Was ist eine geeignete Anzahl und Verteilung von Übergabestandorten für ein CCL-Konzept, wie sensibel reagiert die Anzahl der Standorte auf Änderungen der Transportkosten und wie können die relevanten Kostenparameter grob abgeschätzt werden? In einem reduzierten Komplexitätsaufbau, d.h. einer zweistufigen Transportkette, berechnen wir insgesamt 8 verschiedene Strukturszenarien mit unterschiedlichen generativen Ansätzen und vergleichen deren Kostenstrukturen. Unter unseren Annahmen finden wir, dass ein LRP mit Radfahrern auf der zweiten Stufe die günstigste Kostenstruktur ergibt. Die Übergabestandorte liegen in allen Lösungen gleichmäßig im Raum und die Anzahl steigt degressiv mit den Transportkosten.

Inhalt

1. Einleitung	4
1.1. Was ist Crowd Logistik	4
1.2. Problemstellung	5
2. Methodology	5
2.1. Morphologische Struktur	5
2.2. Verwendete Standortplanungsverfahren	6
2.3. Nachfragemodell	6
2.4. Parameter	7
3. Ergebnisse	7
4. Nutzen & Realisierbarkeit	8
5. Anhang	8
5.1. Veröffentlichungen aus dem API	8
5.2. Quellen	8
5.3. Abkürzungsverzeichnis	8

1. Einleitung

Das physische Internet (PI oder π) wurde erstmals von Markillie (2006) erwähnt. Jedoch wurde das physische Internet erstmal wissenschaftlich von Montreuil (2011) konzeptualisiert worden ist. Er beschrieb das PI als ein logistisches Netzwerk, in dem direkte Transporte durch indirekte Transporte ersetzt werden. Dies wird mit Hilfe von Routing-Punkten (sog. PI-Hubs) realisiert¹.

1.1. Was ist Crowd Logistik

City Crowd Logistics (CCL) ist ein Konzept, bei dem eine physische, internetähnliche Transportstruktur innerhalb einer Stadt (z.B. München) implementiert wird. In dem Transportnetz werden Pakete aus den Herkunfts-distributionszentren zu den Kunden transportiert, indem das Transportpotential der anonymen Masse (der „Crowd“) genutzt wird. Das Netzwerk besteht aus Knoten, die Ursprungs-, Ziel- und Routing-Punkte sind. Routing-Punkte (z.B. automatisierte Paketboxen, die Aufgabe und Abruf von Pakete ermöglichen) erfüllen in diesem PI-basierten Konzept eine ähnliche Funktion, wie die Router im digitalen Internet².

Die Strecken, entlang denen sich Kurier bewegen, die aus der „Crowd“ rekrutiert werden, sind die Kanten des Netzwerkes (z.B. Routen des öffentlichen Nahverkehrs oder Straßen). Die Kurier aus der „Crowd“, die ein Paket transportieren befördern, erhalten eine monetäre Vergütung für ihre Dienstleistung. Abbildung 1 zeigt ein konzeptuelles Netzwerk, das für CCL erdacht wurde. Pendler P_e geht von seinem Haus in S_e zur S-Bahn mit einem Umweg über die Stadtzentrum Q, wo er vier Pakete abholt. Auf seinem Weg zur Arbeit deponiert er zwei Pakete am Umschlagpunkt \ddot{U}_y , ein weiteres Paket in \ddot{U}_z und liefert das vierte Paket über einen kleinen Umweg an den Kunden Z4 und reist anschließend zu seinem Bestimmungsort Z_e . Fahrradkurier R holt Paket 3 in \ddot{U}_z ab, bringt es zum Zielort Z3 und fährt mit seinem Rad nach Q5 um Paket 5 in \ddot{U}_x zu deponieren.

Crowd Logistik im urbanen Umfeld bekommt viel Beachtung von der wissenschaftlichen Gemeinschaft sowie von Start-ups und traditionelle Unternehmen

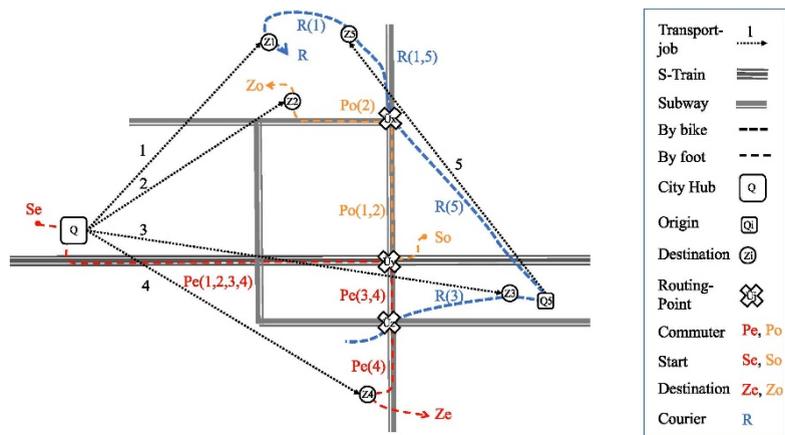


Abbildung 1: Konzept von City Crowd Logistics

¹ Diese PI-Hubs innerhalb des Transportnetzes sind mit den Routern des klassischen Internets vergleichbar

² Weitere Veröffentlichungen sind Montreuil et al. (2012), Crainic und Montreuil (2016) und Pan et al. (2017)

1.2. Problemstellung

Wir möchten einen Ansatz propagieren, bei dem eine Sendung durch eine Kette nicht-vorbestimmter Teiltransporte unter Verwendung von Übergabestationen (z.B. Paket Boxen) nach dem, in Abbildung 1 dargestellten, PI-Konzept transportiert werden kann. Ob ein solches Konzept wirtschaftlich tragfähig ist oder nicht, hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Ein wichtiger Faktor ist die Struktur der zugrundeliegenden Übergabestationen (d.h. Gesamtzahl, räumliche Verteilung usw.). Während zu viele Übergabestationen im Netzwerk die gesamten Standortfixkosten erhöhen, verringern zu wenige Übergabestationen die Chance, eine geeignete Transportkette im vorgegebenen Zeitrahmen zu finden. Dies erhöht das Risiko einer nicht-fristgerechten Lieferung und schadet zum einen den Ruf des Dienstleisters, und erhöht zum anderen die Transportkosten des letzten Abschnitts jeder Transportkette.

Daher sind die Forschungsfragen in API:

1. Was ist eine geeignete Anzahl und Verteilung von Via-Point-Standorten für ein CCL-Konzept?
2. Wie empfindlich reagiert die Anzahl der Via-Point-Standorte auf Änderungen der Transportkosten?
3. Wie lassen sich die relevanten Kostenparameter grob abschätzen?

2. Methodologie

Da das API einen konzeptuellen Einstieg in die Thematik von CCL darstellt, ist die verwendete Methodik entsprechend limitiert. So zum Beispiel sind die Standortplanungsverfahren nicht stochastisch sowie rein kostenbasiert.

2.1. Morphologische Struktur

Mit der "morphologischen Box" können unterschiedliche Transportstrukturen (in einem CCL System) identifiziert werden (vgl. Abbildung 2). Diese Strukturen sind das Ergebnis der Enumeration von Zielort (Wohnort, Box,

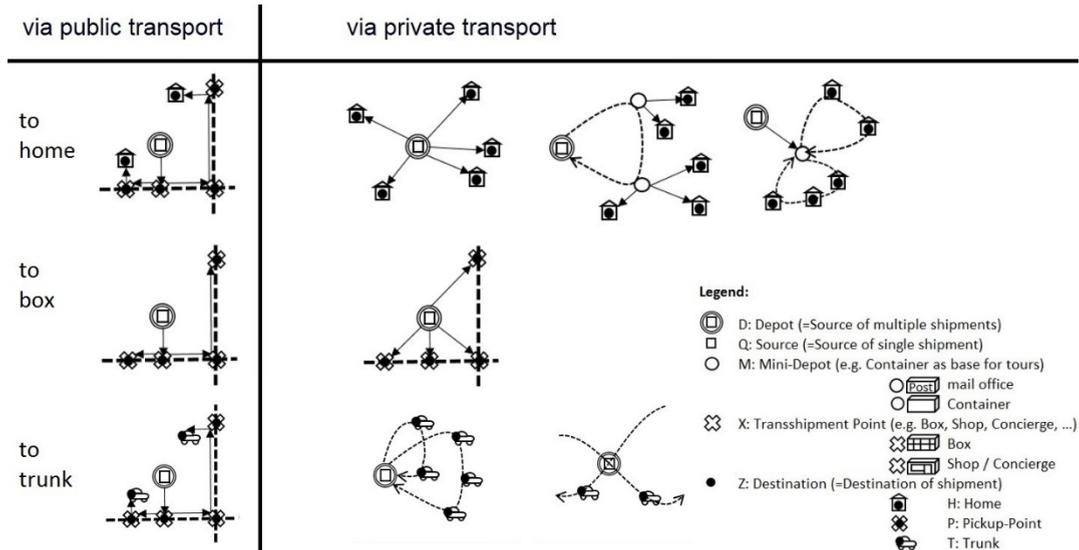


Abbildung 2: Morphologische Box

Kofferraum) und der Art der Fortbewegung eines Kuriers; entweder mit öffentlichen oder mit privaten Verkehrsmitteln. Darüber hinaus wird morphologisch unterschieden zwischen Direkttransporten (Einzel Drop) und

Rundreisen (Multi Drop). Im Rahmen dieses AP beschränken wir uns auf „to-home“ und „via Individualverkehr“ in zweistufigen Transportketten (siehe die beiden Grafiken oben rechts in Abbildung 2)³.

Wir nehmen an, dass die erste Stufe (d.h. von Zentrallager zum Mini-Depot) von einem professionellen Dienst durchgeführt wird. Die zweite Stufe kann entweder durch direkte Fahrten (z.B. Fußgänger) durchgeführt werden - in diesem Fall werden die Transportkosten für die zweite Stufe mit einem linearen Faktor modelliert, der mit den Entfernungen von der Übergabebox bis zum Kunde multipliziert wird. Alternativ können auf der zweiten Stufe Rundreisen (z.B. Lastenfahrradfahrer) durchgeführt werden - in diesem Fall werden die Transportkosten der zweiten Stufe durch Vehicle Routing Problems (VRPs) modelliert.

Als potenzielle Standorte werden die S-Bahn-, U-Bahn- und Straßenbahnhaltstellen in Münchener Stadtgebiet betrachtet, während der Ort des Zentrallagers als Donnersberger Brücke angenommen wurde.

2.2. Verwendete Standortplanungsverfahren

Wir betrachten fünf Planungsverfahren für die Übergabepunkte. Die ersten beiden sind „historisch gewachsene Strukturen“ und berücksichtigen mögliche Kosten durch Transporte und Standort nicht. Hierbei werden als Standorte die Mittelpunkte der Münchener Stadtbezirke (25) sowie der Postleitzahlbezirke (74) verwendet (als potenzieller Standort wird die nächstgelegene S-Bahn-, U-Bahn- und Straßenbahnhaltstelle verwendet.). Ein weiteres Verfahren, bei dem Transport- und Standortkosten nicht berücksichtigt werden, ist ein Überdeckungsverfahren. Hierbei wird angenommen, dass jeder potenzielle Standort eine bestimmte Reichweite hat. Dann wird für eine vorgegebene Zahl (50), eine optimale Überdeckung der Kundenknoten berechnet. Die letzten beiden Verfahren berücksichtigen die Kosten die durch Transporte und durch den Betrieb der Standorte verursacht werden. Dabei handelt es sich um ein Facility Location Problem, welches, unter gegebenen Lagerkapazitäten, Betriebskosten, Transportkosten und Nachfragemodell, die Anzahl und den Ort der Standorte optimiert. Dieses Verfahren berücksichtigt zwar Kosten, die durch Transporte entstehen, optimiert diese aber nicht, da es keine Rundreisen bildet. Zu diesem Zweck ist das letzte betrachtete Verfahren ein Location-Routing Problem, welches nicht nur Anzahl und Ort der Standorte optimiert, sondern auch Transportkosten, indem es (für eine gegeben Vehikelkapazität) optimale Rundreisen bildet.

2.3. Nachfragemodell

Die Bedarfsknoten wurden als rechteckiges, äquidistantes Gitter mit 0,0062 Grad Abstand (entspricht 689m) erstellt. Alle Knoten außerhalb des Münchener Stadtgebietes wurden entfernt. Das resultierende Gitter enthält 976



Abbildung 3: Nachfragemodell (je dunkler ein Knoten, desto höher die Nachfrage)

Nachfrageknoten. Absolute Bevölkerungszahlen⁴ wurden in Bevölkerungsdichten für jeden Stadtbezirk umgerechnet,

³ Weitere Forschung der Forschungsstellen ist insbesondere fokussiert auf Standortplanung unter Stochastik sowie simultanes Routing & Pricing unter Stochastik für verallgemeinerte morphologische Transportregime.

⁴ Statistisches Amt München; Erhebung vom Juni 2017; Zugriff 09.2017

und (unter der impliziten Annahme konstanter Dichte innerhalb eines Bezirkes) auf die, in den entsprechenden Bezirk fallenden Punkte des zuvor erstellten Gitters, umgerechnet. Dadurch spiegelt jeder Knoten, die lokale Bevölkerungsdichte wider. Daraus wurde die Nachfrage als eine lineare Funktion der Bevölkerungsdichte für jeden Knoten modelliert (siehe Abbildung 3).

2.4. Parameter

Die Ermittlung der verwendeten Parameter wird in AP2 beschrieben (siehe auch Veröffentlichung des AP1).

3. Ergebnisse

Insbesondere die Auslieferung durch Fußgänger ist unter den gegebenen Annahmen sehr kostspielig. Da eine zeitbasierte Entlohnung gewählt wurde, sind, sich vergleichsweise langsam bewegende, Fußgänger entsprechend teuer und führen zu hohen Lieferkosten. Zudem wurde angenommen, dass Radfahrer mehrere Pakete in Rundreisen ausliefern, während Fußgänger nur jeweils ein Paket transportieren. Dadurch werden Kostensenkungen durch Bündelung erzielt. Die anfallenden durchschnittlichen Transportkosten pro Paket für Fahrradkurier bewegen sich demnach zwischen etwa 0.8 € im günstigsten Fall, und 2.8 € im teuersten Fall. Die ermittelte Anzahl an Übergabepunkten ist entsprechend 8 im günstigsten Fall und 75 im teuersten Fall. Abbildung 4 zeigt die Lösung des LRP mit Radfahrern, welches auch der beste Fall ist. Bei den schwarzen Punkten handelt es sich um die Übergabestationen, die schwarzen Linien sind eine schematische Darstellung des ÖPNV-Netzes (ohne Buslinien).

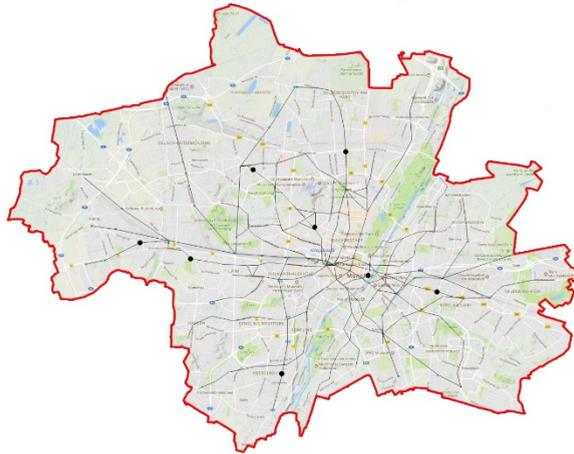


Abbildung 4: Lösung für das LRP mit Radfahrern

Des Weiteren ist erkennbar, dass das FLP und LRP, welche einen Trade-Off zwischen Standort- und Transportkosten berücksichtigen, bessere Ergebnisse erzielen, als Standortverfahren, die auf historisch gewachsenen Strukturen basieren.

Mit der zugrundeliegenden Parametrisierung ergibt sich als potenziell gewinnbringender Kostenkorridor eine Botenentlohnung zwischen 0.1 und 0.2 €/pro km und pro Paket.

Eine Sensitivitätsanalyse, welchen einen Zusammenhang zwischen Transportkosten und Anzahl der Standorte untersucht zeigt, dass mehr Standorte benötigt werden, wenn die Transportkosten pro km zunehmen. Durch die Erhöhung der Anzahl der Standorte werden die Lieferwege verkürzt, und somit die Gesamttransportkosten kontrolliert. Aufgrund der Limitationen verzichten wir darauf einen funktionellen Zusammenhang zu schätzen, und verweisen lediglich darauf, dass dieser degressiv ist.

Zwar liefern die Ergebnisse einen groben Kostenkorridor; es muss jedoch darauf verwiesen werden, dass Parameterschätzungen Verfeinerungen benötigen und die verwendeten Modelle „starr“ sind, das heißt, es werden

weder Stochastische Elemente, noch etwaige Feedbackzyklen, z.B. zwischen Preisen, Mitnahmewahrscheinlichkeiten, und Routings berücksichtigt. Zudem wurden sehr einfach Lösungsalgorithmen verwendet.

4. Nutzen & Realisierbarkeit

Aus wissenschaftlicher Sicht konnte, nebst einer strukturellen Einsicht wesentlicher Forschungsbedarf ermittelt werden. Dies umfasst dezidierte Bewegungen von Pendlern, Entlohnungsmodelle und Mitnahmewahrscheinlichkeiten (z.B. im Rahmen eines Agentenbasierten Modells). Des Weiteren ist die Entwicklung von komplexeren Modellen, welche Stochastik, Routing, Bepreisung und deren Zusammenhang zueinander korrekt und integriert abbilden notwendig. Dies umfasst ebenfalls die Entwicklung von Algorithmen, welche die entsprechenden Modelle lösen können.

Aus operativer Sicht konnte ein erster Kostenkorridor geschätzt werden. Jedoch benötigten die verwendeten Parameter sowie das verwendete Nachfragemodell Verbesserungen. Hierbei ist zu beachten, dass Standortkosten auch Ortsabhängig sind; denn ein Standort im Zentrum hat wesentlich höhere Mieten als ein Standort am Stadtrand. Auch können die Kosten an einem gegebenen Standort, z.B. dem Hauptbahnhof variieren, je nachdem wie stark frequentiert die entsprechende Position ist.

5. Anhang

5.1. Veröffentlichungen aus dem API

Herrmann, E. and Kunze, O. (2019). "Facility Location Problems in City Crowd Logistics". In: Transportation Research Procedia 41, pp. 117–134

5.2. Quellen

Crainic, T. G. and Montreuil, B. (2016). "Physical internet enabled Hyperconnected City Logistics". In: Transportation Research Procedia 12, pp. 383–398.

Markillie, P. (2006). The physical internet: A survey of logistics.

Montreuil, B. (2011). "Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge". In: Logistics Research 3.2-3, pp. 71–87.

Montreuil, B., Rougès, J.-F., Cimon, Y., and Poulin, D. (2012). "The Physical Internet and Business Model Innovation". In: Technology Innovation Management Review June 2012, pp. 32–37.

Pan, S., Ballot, E., Huang, G. Q., and Montreuil, B. (2017). "Physical Internet and interconnected logistics services: research and applications". In: International Journal of Production Research 55.9, pp. 2603–2609.

5.3. Abkürzungsverzeichnis

AP:	Arbeitspaket
CCL:	City Crowd Logistics
FLP:	Facility Location Problem
LRP:	Location Routing Problem
PI, π :	Physical Internet
VRP:	Vehicle Routing Problem

Teil 2 - Geschäftsmodelle

Emanuel Herrmann*

**HNU Neu-Ulm University of Applied Sciences, Wileystraße 1, 89231, Neu-Ulm, Germany*

© The Authors

Inhalt

1. Bestandteile eines Geschäftsplans	11
1.1. Execute Summary	11
1.2. Geschäftsmodell / Unternehmenskonzept.....	11
1.3. Zielmarkt	11
1.4. Ziele und Strategie.....	12
1.5. Leistungs- und Produktportfolio.....	12
1.6. Marketing und Vertrieb	12
1.7. Management, Personal und Organisation	13
1.8. Chancen und Risiken	13
1.9. Finanzplanung	13
2. Für City Crowd Logistics relevante Bestandteile	14
3. Transportstrukturen und Fixkosten.....	16
3.1. Transportstrukturen	16
3.2. Fixkosten	17
4. Variable Kosten.....	18
4.1. Tarife	18
4.2. Interaktive variable Kosten.....	19
4.2.1. Dynamische Kostenmodelle	19
4.2.2. Auktionsmodelle.....	19
4.2.3. Partizipative Kostenmodelle	20
4.3. Professioneller Kurierdienst	21
4.4. Prozessorientierte Kostenrechnung.....	21
5. Preissensitivität und Mitnahmebereitschaft.....	24
5.1. Einleitende Worte	24
5.2. Frage 1: Welches Geschlecht haben Sie?	25

5.3. Frage 2: Welche Tätigkeit üben Sie aus?	25
5.4. Frage 3: Wann würden Sie ein Paket mitnehmen? (Mehrfachnennung möglich)	26
5.5. Frage 4: Welches Verkehrsmittel nutzen Sie für welche Reisegründe an den ausgewählten Tagen? (max. 3 Antworten)	27
5.6. Frage 5: Bei welchem der genannten Reisegründe wären Sie am ehesten bereit ein Paket mitzunehmen?	27
5.7. Frage 6: Von wo, nach wo fahren Sie in dem bevorzugten Beispiel? (ÖPNV Haltestellen oder Straßennamen)	28
5.8. Frage 7: Welche Bezahlung würden Sie mindestens für Ihren Zusatzaufwand erwarten? (Paketbox öffnen/schließen + Umweg)	29
6. Fallbeispiele.....	31
6.1. Klassische Logistik.....	31
6.2. Deliveroo	31
6.3. Parcify	32
6.4. Uber	32
7. Kostenrechnung.....	32
7.1. Klassische Logistik (UPS).....	33
7.2. Delivery Hero	33
7.3. Parcify	33
7.4. Uber	34
7.5. CCL	34
8. Referenzen.....	36
Anhang A. Abbildungen.....	37
Anhang B. Umfragebogen.....	41
Anhang C. Kostenparameter & Szenarien.....	44
C.1. Übersicht.....	44
C.2. Szenarienssteckbriefe.....	46
C.2.1. Szenario 1: “München Social Net”	47
C.2.2. Szenario 2: “Min Cost Bots”.....	47
C.2.3. Szenario 3: “Think Big – KEP & eCommerce”	47
Anhang D. Beispiel Finanzplanung.....	48
Glossar.....	52

1. Bestandteile eines Geschäftsplans

Die folgende Beschreibung eines Geschäftsplans beruht auf der Darstellung von A. Nagl (2018).

1.1. Execute Summary

Dem Geschäftsplan voran gestellt ist das Executive Summary (Zusammenfassung für Entscheidungsträger). Es dient nicht als Einleitung für die darauffolgenden Bestandteile des Geschäftsmodells, sondern stellt eine kompakte Zusammenfassung dar. Als solches enthält es die Kernaussagen des Geschäftsmodells, wie zum Beispiel Zielsetzung der Unternehmung, welche Produkte und Leistungen welche Marktsegmente bedienen sowie eine Umsatz- und Gewinnplanung für die nächsten drei bis fünf Jahre.

1.2. Geschäftsmodell / Unternehmenskonzept

Das Geschäftsmodell beinhaltet die Geschäftsidee, sowie die Mittel, mit denen die Geschäftsidee umgesetzt werden soll. Das Geschäftsmodell umfasst das Geschäftsfeld, in welchem das Unternehmen tätig ist. Des Weiteren sind Vision und Mission Bestandteil des Geschäftsmodells. Die Wertschöpfung des Unternehmens, sowie die Strategie und die Produkte, mit denen die Wertschöpfungsziele erreicht werden sollen finden im Geschäftsmodell Berücksichtigung. Im Rahmen der strategischen Planung ist das Alleinstellungsmerkmal (USP: Unique Selling Proposition) des Unternehmens ein zentraler Bestandteil. Als weiteres findet das Erfolgspotenzial der Geschäftsidee, Eingang in das Geschäftsmodell. Es kann zum Beispiel mit dem EBIT (Earnings before Income and Tax) oder dem ROI (Return of Investment) quantifiziert werden.

1.3. Zielmarkt

Die Vermeidung von Fehlinvestitionen und möglichst guter Ausnutzung des Marktpotenzials setzt eine fundierte Markt- und Branchenstrukturanalyse voraus.

1.3.1. Informationsgewinnung

Um Analysen bezüglich potenzieller Kunden und deren Bedürfnisse, Marktpotenzial und –Volumen, Marktwachstum sowie Stärken Schwächen der Wettbewerber und die Marktstellung der Lieferanten durchführen zu können setzt Informationsgewinnung voraus. Das übliche Mittel zur Informationsbeschaffung sind Umfragen, die durch Experteninterviews ergänzt werden können.

1.3.2. Marktentwicklung/ -prognose

Die Ausschlaggebende Frage für dieses Kapitel ist, ob es tatsächlich einen Markt für die geplante Produktpalette mit den zugehörigen Preisen gibt. Wichtige Dimensionen sind Marktgröße (Volumen, Wachstum, Anzahl potenzielle Kunden), Marktqualität (Branchenrentabilität, Preisniveau), Marktbesetzung (Anzahl der Wettbewerber, Strategie der Wettbewerber, Wettbewerbsintensität) sowie exogene Faktoren (Risiko durch staatliche Eingriffe, Abhängigkeit von Gesetzgebung).

1.3.3. Wettbewerbsanalyse

Zur Wettbewerbsanalyse gehört zum einen eine Branchenstrukturanalyse. Hier sei ein Verweis auf Porter (2013) gegeben, der in seinem bekannten Branchenstrukturmodell fünf Wettbewerbskräfte und deren Einfluss auf die Wettbewerbsintensität der Branche beschreibt (Rivalität unter bestehenden Wettbewerbern, potenzielle neue Wettbewerber, Lieferanten, Kunden, Ersatzprodukte).

Zum anderen ist die SWOT-Analyse. Hier werden gegenwärtige Stärken und Schwächen des Unternehmens aufgelistet, und den künftigen Chancen und Bedrohungen des Marktes gegenübergestellt.

1.4. Ziele und Strategie

Unternehmensziele sind konkrete Kennzahlen über angestrebte Zustände und Ergebnisse, während die Unternehmensstrategie den längerfristigen Ansatz zur Erreichung der Unternehmensziele darstellt.

1.4.1. Wettbewerbsstrategie

Porter (2013) arbeitet drei wesentliche Strategien heraus. Bei der Differenzierung entsteht der strategische Vorteil dadurch, sind die Produkte und Leistungen des Unternehmens aus Sicht des Kunden besonders oder im besten Fall einzigartig. Ein Unternehmen das die Strategie der Kostenführerschaft verfolgt, kann seine Produkte günstiger als die Konkurrenz auf dem Markt anbieten. Beschränkt sich ein Unternehmen auf ein einzelnes Segment einer Branche, kann es in seiner Nische ein hohes Maß an Differenzierung oder einen großen Kostenvorteil (oder sogar beides) erreichen.

1.4.2. Marktfeld-/Zielgruppenstrategie

Bei der Marktfeld-/Zielgruppenstrategie handelt es alternative Wachstumsstrategien. Versucht das Unternehmen auf bestehenden Märkten zu wachsen, kann es für existierende Produkte seine Marktdurchdringung verbessern, oder neue Produkte anbietet (Produktentwicklung). Alternativ kann das Unternehmen wachsen, indem es bestehende Produkte auf neuen Märkten anbietet (Marktentwicklung), oder neue Märkte mit neuen Produkten erschließt (Diversifikation).

1.5. Leistungs- und Produktportfolio

In diesem Teil des Geschäftsplans werden die Leistungen und Produkte des Unternehmens beschrieben. Wichtig ist hierbei, den Kundennutzen in Vordergrund zu stellen

1.5.1. Portfolio

Portfolio Überlegungen spiegeln die strategische Ausrichtung wieder. Eine Gliederung in Marktattraktivität und (eigene) Wettbewerbsstärke zeigt an, ob der Markt weiter erschlossen (investieren) oder ob sich das Unternehmen zurückziehen (devestieren) sollte.

1.5.2. Serviceleistungen

In diesem Teil werden die (zusätzlichen) Serviceleistungen für das angebotene Produkt dargestellt.

1.5.3. Rechtliche Voraussetzungen

Dieser Teil ist Relevant, falls Genehmigungen oder Lizenzen von staatlicher Seite genutzt werden.

1.5.4. Patente und Schutzrechte

Durch das Schützen nicht- oder schwer nachahmbarer Technologien können Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil wahren. Des Weiteren kann durch Lizenzvergabe (Lizenznahme) stabile Einkommenströme generiert (Entwicklungskosten gespart) werden.

1.5.5. Entwicklung und Qualitätssicherung

Hierbei handelt es sich um Machbarkeit, Prototypenentwicklung, Markteinführung, Erprobung auf Testmärkten u.Ä. bei innovativen Produkten, sowie um die Sicherung der langfristigen Einhaltung von Qualitätsstandards bei existierenden Produkten und Leistungen.

1.6. Marketing und Vertrieb

Marketing ist, die an den Bedürfnissen gegenwärtiger und potenzieller Kunden ausgerichtete Planung, Koordination und Kontrolle aller Unternehmensaktivitäten.

1.6.1. Marktsegmentierung und Positionierung

Durch die Zerlegung des Gesamtmarktes in Teilmärkte, können Angebote auf einzelne Zielgruppen ausgerichtet werden, und so Kundenbedürfnisse besser befriedigen als auf den Gesamtmarkt ausgerichtete Angebote. Wichtig ist hierbei, dass die Zielgruppen möglichst homogen sind. Zudem muss das Unternehmen dazu in der Lage sein, Einkaufsgewohnheiten festzustellen, um Absätze schätzen zu können.

1.6.2. Produkt- und Leistungs politik

Die marktgerechte Gestaltung der Produkt- und Leistungs politik beinhaltet zum einen quantitative Entscheidungen des Produktionsprogrammes, sowie Produkt- und Dienstleistungseigenschaften. Zudem kann durch das Angebot von Service- und Garantieleistungen ein strategischer Wettbewerbsvorteil erarbeitet werden.

1.6.3. Preis politik

Die Auswahl geeigneter Preisstrategien und die Festlegung des Preisniveaus steht im Vordergrund der Preis politik. Klassische Methoden zu Preissetzung sind kostenorientiert (Preissetzung als Markup auf die Kosten je Produkt), wettbewerbsorientiert (Preissetzung relativ zu Preisen der Konkurrenz) und nachfrageorientiert (Preissetzung anhand von Zahlungsbereitschaft der Kunden.)

1.6.4. Vertriebs politik

Bei der Vertriebs politik geht es um die Auswahl geeigneter Vertriebskanäle, und die Planung der dafür erforderlichen Logistik

1.6.5. Kommunikations politik

Ziel der Kommunikations politik ist es, Informationen über das Produkt und seinen Nutzen an die Kunden heranzutragen. Instrumente der Kommunikations politik sind Werbung, Sales Promotion, Public Relations sowie Messen und Ausstellungen.

1.6.6. Kundenzufriedenheit und Kundenbindung

Hohe Kundenzufriedenheit sorgt für Kundenbindung an das Unternehmen und trägt damit zum langfristigen Erfolg bei.

1.7. Management, Personal und Organisation

1.7.1. Management und Personal

Dieser Teil beinhaltet die Vorstellung von Management und Teilen Personal, die eine Schlüsselposition innehaben.

1.7.2. Organisation

Die Organisation besteht aus der Prozessorganisation, der Aufbauorganisation (Organigramm), sowie dem Controlling und Berichtswesen (Planung, Steuerung und Kontrolle wesentlicher Unternehmensaktivitäten).

1.8. Chancen und Risiken

Dieser Teil des Geschäftsplans bildet die Chancen und Risiken ab. Es bietet sich an für jeweils Szenarien (Trend, best case, worst case) zu definieren. Aus diesen werden Daten über Investitionsbedarf, Verzinsung und Cash-Flow abgeleitet.

1.9. Finanzplanung

Die Finanzplanung fasst die zuvor durchgeführten Analysen in Kennzahlen zusammen. Die Finanzplanung enthält Einzelpläne über Erwartete Produktabsätze und damit Verbundene Verkaufspreise und Beschaffungspläne, sowie eine Investitions- Personalplanung. Aus diesen Einzelplänen lässt sich die Finanzplanung erstellen, in der die einzelnen

Größen finanziell in Form einer Ergebnisplanung, Planbilanz sowie Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) bewertet werden.

2. Für City Crowd Logistics relevante Bestandteile

Für CCL können mehrere Elemente eines Geschäftsplans identifiziert werden, denen eine hohe Bedeutung zukommt. Das Produkt, welches in CCL angeboten wird, ist die Durchführung von Transportaufträgen in einer Großstadt. Hierbei handelt es sich primär um Päckchen und kleinere Pakete¹; Briefe und besonders schwere oder große Pakete seien vom Transportangebot explizit ausgeschlossen. Ebenso sind Transportaufträge mit wertvollem Inhalt ausgeschlossen. In der Leistung enthalten ist die fristgerechte Zustellung des Auftrages (Serviceversprechen).

Als nächstes sei der USP zu erwähnen. Hinter CCL steht die Idee, Transportaufträge, die durch Teilnehmer aus der Crowd (z.B. Pendler, Studenten, Schüler, etc.) durchgeführt werden, in Teilaufträge zu zerlegen, um so entsprechend höhere Mitnahmewahrscheinlichkeiten, für die den Teilaufträgen zugehörigen Teiltransporten, zu erreichen². Da die Aufträge durch die Crowd durchgeführt werden, also bestehende Bewegungsströme genutzt werden, können die Transporte CO₂-neutral erfolgen. Daraus ergeben sich strategische, taktische und operative Implikationen bezüglich der Kostenstruktur. Werden indirekte Übergaben für die Teiltransporte eines Transportauftrages gefordert, so sind Übergabestationen (z.B. Paketstationen) notwendig. Daraus resultiert auf strategischer Seite die Frage nach Anzahl und Standort der Übergabestationen. Die damit verbundenen Transport- sowie Kostenstrukturen sind in Kapitel 3 ausgeführt. Auf operativer Ebene ergibt sich die Frage nach dem Auftragsmatching, also der Zuordnung einzelner (Teil-)Aufträge zu einem Crowdkurier und dessen damit verbundene Entlohnung. Die mit dem Auftragsmatching verbundenen Kostenstrukturen werden in Kapitel 4 erläutert.

Auf der Erlösseite stellt die Preispolitik einen weiteren wichtigen Bestandteil des Geschäftsplans dar. Hierzu gehört zum einen Kenntnis der Nachfragestrukturen sowie Kunden (Logistikdienstleister, Privatkunden). Zum anderen ist Preissetzung für Transportaufträge wichtiger Teil der Preispolitik, da dies die primäre Erlösquelle ist. Weitere potenzielle Erlöse können durch das Vermieten von Werbeflächen auf den Übergabestationen entstehen. In Kapitel **Error! Reference source not found.** werden die Erlöse diskutiert.

Mit der Finanzplanung soll ein Überblick über das Geschäftspotenzial gegeben werden. Zu diesem Zweck sind in Anhang D. Auszüge aus dem beigefügten Kalkulator zu finden. Dies beinhaltet Ergebnisplanung, Investitionsplanung, GuV (Gewinn- und Verlustrechnung) und Planbilanz. Die zugehörigen Parameter sind in Anhang C. dokumentiert.

Um im Rahmen der Finanzplanung Kennzahlen zu berechnen, werden verschiedene Szenarien angenommen, denen jeweils andere Ziele und Strategien zugrunde liegen. Bei hauptsächlicher Rekrutierung der Crowdkuriere, die als am günstigsten angenommen werden (z.B. Schüler, Studenten, Renter, Hausfrauen / -männer, etc.), ist durch die Unternehmensgröße durch die vergleichsweise geringe Menge potenzieller Crowdkuriere und deren Bewegungen beschränkt. In diesem Fall wird eine Fokussierungsstrategie verfolgt, mit dem Ziel geringere aber stabile Umsätze bei geringen Kosten zu erreichen. Da auch günstige Crowdkuriere vergleichsweise teuer sind, können bei Verfolgung der Strategie die Kostenführerschaft zu erreichen, anstelle von Crowdkurieren Lieferdrohnen eingesetzt werden. Dadurch wird die Abhängigkeit von Mitnahmewahrscheinlichkeiten durchbrochen, jedoch gibt es eine Reihe technischer Herausforderungen, wie z.B. sicheres Manövrieren, Paketübergabe an den Kunden, Akkulaufzeiten (Reichweite) und im Falle von Flugdrohnen Lärmschutz. Ist das Ziel im Stadtgebiet die Marktführerschaft zu erreichen ist die verfolgte Strategie wiederum Kostenführung. Neben Aspekten wie Kapazitäten der Übergabestationen, besteht hier ein Problem im Transportvolumen. Wird ein deutschlandweites Sendungsaufkommen von 3.35 MRD Paketen innerhalb eines Jahres angenommen³, ergibt sich für München etwa 165 Tausend Sendungen pro Tag. Ein Crowdbasierter Logistikdienstleister, der Marktführerschaft erreichen möchte, steht vor einer großen Herausforderung ausreichend Menschen zur Partizipation zu bewegen. Die Schwächen der Szenarien können durch Kombination untereinander

¹ Vgl. hierzu Paketdimensionen von DHL: Päckchen XS 30 cm x 30 cm x 15 cm und Paket S 60 cm x 30 cm x 15 cm
<https://www.dhl.de/content/dam/images/pdf/dhl-paket-pk-preisuebersicht-082017.pdf>; abgerufen 19.11.2018

² Je kürzer die Strecke, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Übereinstimmung mit einem Individuum aus der Crowd besteht.

³ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154829/umfrage/sendungsmenge-von-paket-und-kurierdiensten-in-deutschland/>; abgerufen 20.11.2018

kompensiert werden, zudem ist eine Vielzahl weiterer Szenarien denkbar. Jedoch wird hier von der Erarbeitung weiterer Szenarien abgesehen. Parametrisierung der vorgestellten Szenarien, sowie Rechenbeispiele sind in in Anhang C. und Anhang D. zu finden.

Obwohl eine Branchenstrukturanalyse eine wesentliche Komponente eines Geschäftsplans ist, wird hier auf eine

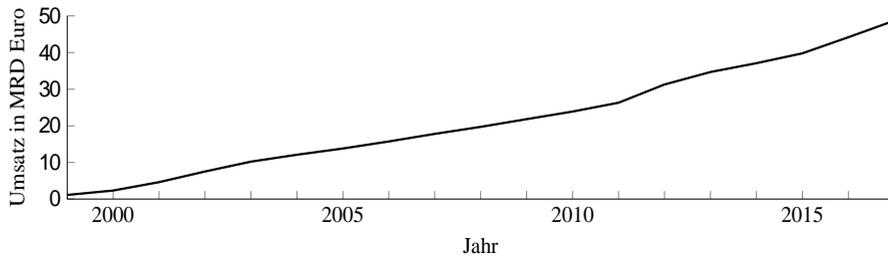


Abbildung 2: B2C eCommerce in Deutschland

Quelle: <https://www.statista.com/statistics/454371/e-commerce-revenue-germany/>

ausführliche Darstellung verzichtet. Stattdessen wird eine grobe Übersicht über die Konkurrenz gegeben. Der Logistikmarkt ist durch starkes Wachstum gekennzeichnet (siehe Abbildung 1), jedoch haben Kunden in Form von Privathaushalten geringe Zahlungsbereitschaften⁴. Dies impliziert, zum einen, dass die Distributionskosten von CCL in der Ausprägung eines „letzte-Meile Dienstes“ die Kosten der letzten Meile anderer Dienstleister nicht überschreiten darf. Zum anderen sind konkurrierende Dienstleister bemüht, neue Kostensenkungspotenziale zu finden und auszuschöpfen. So gab es in Stockholm mit MyWays ein Versuch mit Zustellungen durch die Crowd⁵, sowie Drohnenlieferungen zu einer Insel im Viktoriasee in Afrika⁶. Weitere innovative Ideen sind u.a. Praxisversuche zu

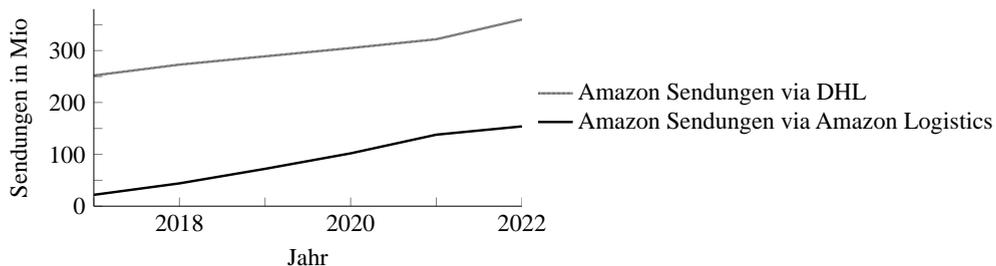


Abbildung 1: Amazon Sendungsaufkommen

Quelle: <https://de.statista.com/infografik/14413/ertragsverluste-der-deutschen-post-durch-amazon/>

Platooning von DB Schenker⁷, der Paketbutler der Telekom, welcher Annahmen und Retouren von Paketen bei Abwesenheit ermöglicht⁸, Fahrradzustellung durch UPS⁹ und die Entwicklung des Streetscooters, ein E-Lieferwagen, der DHL¹⁰. Ein weiterer Konkurrent ist Amazon, der sich durch den Aufbau einer eigenen Logistikinfrastruktur Einsparungen für die Zustellung verspricht (vgl. Abbildung 2). Die Vorwärtsintegration von Amazon zieht eine Verkleinerung des Marktvolumens nach sich, und bedeutet damit Umsatzeinbußen für etablierte Logistikdienstleister.

⁴ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/160728/umfrage/zahlungsbereitschaft-fuer-gruene-logistik-in-deutschland-im-jahr-2010/>; abgerufen 20.11.2018

⁵ http://www.dhl.com/en/press/releases/releases_2013/logistics/dhl_crowd_sources_deliveries_in_stockholm_with_myways.html/; abgerufen 20.11.2018

⁶ <https://www.dpdl.com/de/presse/specials/dhl-paketkopter.html/>; abgerufen 20.11.2018

⁷ <https://www.dbschenker.com/de-de/ueber-uns/presse-center/db-schenker-news/platooning-in-der-logistikbranche--weltweit-erster-praxiseinsatz-vernetzter-lkw-kolonnen-auf-der-a9--534346/>; abgerufen 20.11.2018

⁸ <https://www.paketbutler.com/pakete-empfangen-und-versenden-mit-dem-paketbutler/>; abgerufen 20.11.2018

⁹ <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/ups-startet-fahradzustellung-in-muenchen-1969776.html/>; abgerufen 20.11.2018

¹⁰ <https://www.streetscooter.eu/>; abgerufen 20.11.2018

3. Transportstrukturen und Fixkosten

3.1. Transportstrukturen

Transportstrukturen in CCL können sich verschieden manifestieren. So können Transporte durch Rundtrips (VRP) erfolgen. Rundtrips sind die gängige Transportstruktur klassischer Logistikdienstleister auf der letzten Meile. Dabei werden von einem zentralen Depot umliegende Kunden durch ein oder mehrere Fahrzeuge (z.B. Fahrrad,

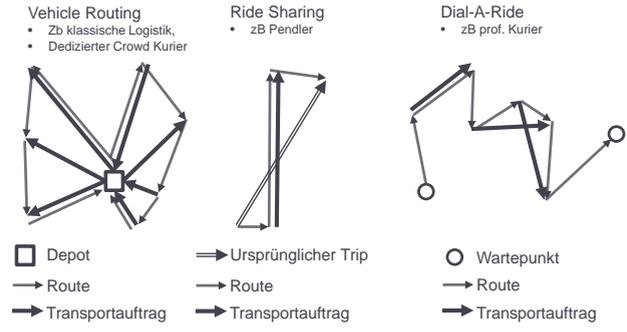


Abbildung 3: Schemata der Transportstrukturen

Lieferwagen) bedient. So zum Beispiel kann ein Crowdkurier eine beliebige Anzahl Pakete aus einer Übergabestation entnehmen und an die entsprechenden Kunden transportieren. Entsprechende Funktionalität der App beinhaltet die Ausgabe eines Streckenminimalen (oder Zeitminimalen) Transportplanes.

Neben Rundtrips ist Ride-Sharing für Pendler vorstellbar. In diesem Fall nimmt ein Pendler für seinen bestehenden Trip ein Paket mit, dessen Ursprung und Ziel in relativer Nähe zu Ursprung und Ziel des bestehenden Pendeltrips liegen. Das Ziel (Ursprung) des Paketes muss nicht notwendigerweise mit dem Ziel (Ursprung) des Transportauftrages übereinstimmen; es kann eine Übergabestation im Falle eines Teiltransportes sein.

In einer Dial-A-Ride (Anrufsammeltaxi) Transportstruktur werden für ein oder mehrere Pakete, ein Kurier beauftragt. Dies ist notwendig für den Fall, dass ein Paket nicht innerhalb des gegebenen Zeitraumes durch einen Crowdkurier befördert wird. Um die rechtzeitige Zustellung des Paketes sicherzustellen (Einhaltung der Servicegarantie), muss entweder ein externer prof. Kurier beauftragt werden, oder ein für den Lieferdienst dezidiertes Fahrzeug fertigt den Auftrag ab. In Abbildung 3 sind die Schemata der einzelnen Transportstrukturen graphisch zusammengefasst.

Neben den Transportstrukturen sind verschiedene Modi der Fortbewegung und Zustellung denkbar. Zum einen erfolgt Mobilität via Öffentlichen Verkehr (ÖV –S-Bahn, U-Bahn, Tram, Bus, etc.) und zum anderen via Individualverkehr (IV – zu Fuß, Fahrrad, Auto, etc.). Pakete können an verschiedene Ziel geliefert werden. Diese sind zum Beispiel der Wohnsitz, ein Kofferraum oder im Falle eines Teiltransportes eine Übergabestation (wird ein Abholservice angeboten gilt das Gleiche für den Ursprung). Schließlich können Transporte direkt erfolgen oder

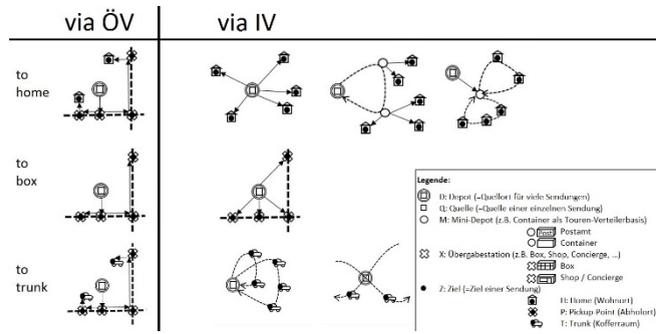


Abbildung 4: Morphologische Box

indirekt erfolgen. Bei einem direkten Transport führt ein einzelner Crowdkurier führt Transportauftrag vollständig durch, bei einem indirekten Transport wirken mehrere Crowdkuriere bei der Transportausführung zusammen.

Damit ergibt sich für jede denkbare Kombination aus Transportstruktur, Modus und Ziel ein anderes Muster. Diese, als morphologische Box designierte, Methodik ist in Abbildung 4 für beispielhaft dargestellt.

Besondere Relevanz haben insbesondere indirekte Transporte, da diese die strategische Planung der Standorte von Übergabestationen erfordern.

3.2. Fixkosten

Neben Personalaufwendungen und Kosten der Geschäftsstelle, sind die Übergabestationen ein wesentlicher Kostenbestandteil der Fixkosten. Die Kosten der Übergabestationen setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen. Dazu gehören die mit der Anschaffung verbundenen Investitionskosten bzw. die daraus resultierenden Abschreibungen (oder alternativ den Leasingkosten).

Für die Installation der Übergabestationen fallen Mietkosten für die beanspruchte Fläche an und hängen von Makrolokation und Mikrolokation ab. Bei der Makrolokation werden Anzahl und Ort der Übergabestation bestimmt. Befindet sich eine Übergabestation in der Nähe des Stadtzentrums ist die Platzmiete (im Allgemeinen) höher, als die Platzmiete in der Peripherie. Bei der Mikrolokation handelt es um die Positionsbestimmung innerhalb eines gegebenen Ortes. Eine Attraktive Position in der Nähe großer Personenströme zieht (im Allgemeinen) eine höhere Platzmiete nach sich, als eine abseitige Position. Von der Makrolokation hängt die Anzahl möglicher Routingoptionen ab. Mit

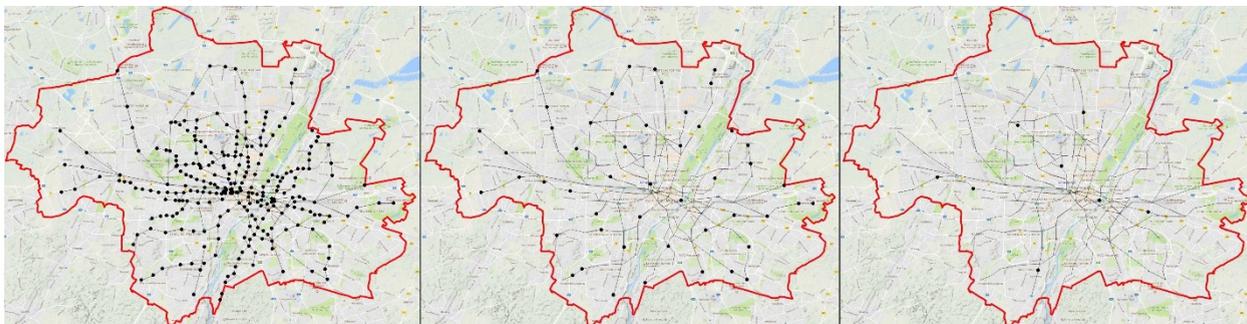


Abbildung 5: Standorte Übergabestationen (l: potenzielle Standorte; m: Lösung setcover Modell; r: LRP (Lösung Location-Routing Problem))

Quelle: Herrmann und Kunze, 2018

steigender Anzahl an Übergabestationen steigen die Routingoptionen und damit insgesamt die Wahrscheinlichkeit ein Paket durch das Netzwerk zu schicken, ohne auf den Service eines professionellen Kuriers zurückgreifen zu müssen. Dementgegen stehen jedoch höhere Fixkosten. Des Weiteren kann bei einem sehr dichten Netzwerk (viele Übergabestationen pro Flächeneinheit) die durchschnittliche Transportdistanz für partielle Transporte abnehmen. Dies führt zu einer höheren Anzahl an Teiltransporten und erhöht tendenziell die gesamte Transportdauer, zum anderen ist davon auszugehen, dass Crowdkuriere für beliebig kurze Distanzen entsprechend geringe Preise nicht akzeptieren. Die Mikrolokation bestimmt den durchschnittlichen Umweg, den ein Crowdkurier in Kauf nimmt, um die Übergabestation zu erreichen. Steht eine Übergabestation in einer geringfügig attraktiven Position, fallen die Fixkosten niedriger aus, aber Crowdkuriere müssen tendenziell stärker entlohnt werden, da der Umweg größer ist.

Darüber hinaus resultieren aus dem laufenden Betrieb Kosten für Strom und Wartung (Reparatur, Reinigung, Software). Schließlich steigt mit zunehmender Anzahl an Aufträgen aus Kapazitätsgründen die Anzahl oder Größe der Übergabestationen.

Bei Abstraktion von nichtkonstanten Fixkosten der Übergabestationen (i.e. Parametrisierung der Fixkosten als konstant) können einfache Standortmodelle der Logistik angewendet werden, um erste Ergebnisse für Anzahl und Ort der benötigten Übergabestationen zu erhalten. Für diese Herangehensweise zeigt Abbildung 5 potenzielle Standorte und Lösungen für ein setcover Modell und ein LRP (Location-Routing Problem). Wichtig ist, dass die gerechneten Modelle in Herrmann und Kunze (2018) reine Kostenmodelle sind, d.h. weder werden die Bewegungsströme der Menschen im betrachteten geographischen Gebiet, noch mehrstufiges Routing berücksichtigt. Um diesen Aspekten in

der strategischen Planung Rechnung zu tragen, ist ein integriertes Standortmodell notwendig, welches neben den Fixkosten die Personenströme berücksichtigt.

4. Variable Kosten

In CCL ist ein Crowdkurier der Anbieter einer Servicedienstleistung, und die Betreiberplattform der Nachfrager einer Servicedienstleistung für einen Transportauftrag. Die variablen Kosten eines Transportauftrages in CCL entspricht der Entlohnung, die ein Crowdkurier für seine erbrachte Dienstleistung erhält. Für eine beliebige Entlohnung führt ein (rationaler) Crowdkurier den Service nur dann aus, wenn sie mindestens so groß wie sein Reservationslohn¹¹ ist (im Folgenden werden die Begriffe Reservationslohn und Valuation synonym verwendet). Mit steigender Entlohnung wird der Anteil an Menschen größer, deren Reservationslohn hinreichend gering ist. Dies impliziert, dass mit steigender Entlohnung die Mitnahmewahrscheinlichkeit steigt. Die Entlohnung für einen gegebenen Transport ist jedoch nach oben beschränkt durch den Preis eines professionellen Kurierservice.

In diesem Kapitel werden einige Preisbildungsmechanismen¹² vorgestellt, die für die Entlohnung der Crowdkuriere angewendet werden können. Für den restlichen Teil dieses Kapitels wird das Wort Preis, wenn nicht anders dargestellt, synonym mit dem Einkaufspreis der Servicedienstleistung verwendet. Im Folgenden wird mit dem Angebot das Arbeitsangebot der Servicedienstleistungen der Crowdkuriere, sowie mit der Nachfrage durch die Plattform nachgefragte Transportdienstleistungen bezeichnet.

Für CCL sind mehrere Möglichkeiten denkbar variable Kosten zu gestalten. Entscheidend ist hier, welcher Transportauftrag zu welchem Zeitpunkt an welchen Kurier zu welchem Lohn vergeben wird. Ein Plattformbetreiber in CCL sieht sich einem dynamischen Arbeitsangebot gegenüber, das heißt Reservationslöhne sind abhängig von unterschiedlichen Kunden, dem Ort, der Zeit, etc. Um diesen dynamischen Angebot Effektiv zu begegnen können Methoden des Revenue Management (RM) angewendet werden. Im RM gibt es drei wesentliche Kategorien von Management Entscheidungen (vgl. Talluri und van Ryzin, 2004). Strukturelle Entscheidungen betreffen die Auswahl des Kaufformates, Geschäftsbedingungen, Produktbündelung u.Ä. Preis Entscheidungen befassen sich mit konkreten Fragen über die Höhe des Preises, Höhe eines Rabattes, u.Ä. Schließlich geht es bei Mengenentscheidungen vorrangig wie Kapazitäten an verschiedene Produkte alloziert werden können, ob Kaufangebote angenommen oder abgelehnt werden sollen, wann Produkte zurückgehalten werden u.Ä. Der verbleibende Teil des Kapitels befasst sich mit dem strukturellen Aspekt des RM indem verschiedene Formate der Preisbestimmung vorgestellt werden.

4.1. Tarife

Die einfachste Form eines Preisbildungsmechanismus sind Tarife. Bei einem Tarif handelt es sich um einen von der Plattform gesetzten zeitinvarianten Preis für eine Servicedienstleistung. Der Preis kann in Abhängig von Dimensionen wie Gewicht, Volumen, Transportdistanz, oder Ähnlichem unterschiedlich hoch sein. Ein auf Tarifen basierender Preis kann durch eine lineare Abbildung der Form $p(x) = ax + b$ definiert werden. x stellt den Vektor der Dimensionen dar und a den damit verbundenen Skalar; b ist ein Fixum. So zum Beispiel könnte der Preis 0,2 Euro pro (Luftlinien-)Kilometer sein. Übersteigt der Preis den Reservationslohn eines Crowdkuriers, führt dieser den Transport durch. Vorteile eines Preistarifes liegt darin, dass er einfach zu verstehen und Transparent für den Boten ist. Ein Nachteil besteht in der Unübersichtlichkeit komplexerer Tarife, sowie Nichtberücksichtigung der momentanen Marktsituation. So zum Beispiel werden in Zeiten hoher Nachfrage und geringen Angebote keine zusätzlichen Anreize für Boten geschaffen, und Zeiten niedriger Nachfrage und hohem Angebot nicht ausgenutzt. Abbildung 18 in AbbildungenAnhang A. stellt einen Tarif graphisch dar.

¹¹ der kleinste Lohn, für den ein Arbeiter gerade noch bereit ist seine Arbeitskraft anzubieten

¹² Preis bezeichnet in diesem Kontext den Einkaufspreis, also die Entlohnung für den Boten

4.2. Interaktive variable Kosten

Mit interaktiven variablen Kosten werden Preisbildungsmechanismen bezeichnet, die einen dynamischen Aspekt haben, das heißt Preise sind nicht zeitinvariant. Zudem gibt es Mechanismen, die aktive Partizipation der Crowdkiere erfordern.

4.2.1. Dynamische Kostenmodelle

Ein bekannte Form eines dynamischen Preismechanismus' ist das Surge Pricing, welches unter anderen von Uber angewendet wird. In einer einfachen Form des Surge Pricing wird ein Basis Preis festgelegt, der mithilfe eines Faktors adjustiert wird. Dieser Faktor ist eine Funktion von aktuellem Angebot (S) und Nachfrage (D). Herrscht ein Zustand mit relativ hohem Angebot, und relativ geringer Nachfrage, setzt die Plattform einen niedrigen Preis für den Transportservice; bei relativ hoher Nachfrage und relativ niedrigem Angebot setzt die Plattform einen höheren Preis. Dadurch werden mehr Crowdkiere aktiviert, da der Anteil der der Reservationslöhne, die unter dem Preis liegen, mit steigendem Preis ebenfalls steigt. Der Surge Price Mechanismus kann mit der Abbildung $p(S, D) = p^{basis} m(S, D)$, mit $m(S, D)$ als Adjustierungsfaktor. Vorteile des Surge Pricing liegen darin, dass es leicht zu verstehen ist, sowie im Ausnutzen der aktuellen Marktsituation, sowie der Schaffung von Anreizen in Zeiten geringen Angebotes. In Anhang A. zeigt Abbildung 19 exemplarisch den Surge Price Mechanismus.

Eine weitere Form der dynamischen Preisbildung basiert auf Lernalgorithmen. Hier bietet sich die Möglichkeit, den optimalen Preis auf einer gegebenen Strecke zu einer gegebenen Zeit zu lernen. Dies kann auch mit einem Empfehlungssystem verknüpft werden, das lernt, welche Benutzer zu welchen Preisen bereit sind Transportaufträge durchzuführen. Ein solches System kann „besonders günstige“ Crowdkiere lernen, die regelmäßig auf bestimmten Strecken zu bestimmten Zeiten unterwegs sind. Kommt ein entsprechender Auftrag in das System, kann es eine push-Notification schicken, das den Auftrag, die Strecke und ein Preisangebot enthält. Wenn ein Crowdkiere einen Auftrag übernimmt, kann ein Empfehlungssystem eine push-Notification senden, die einen weiteren Auftrag mit identischen Ziel und Ursprung, sowie Preisangebot enthält.

4.2.2. Auktionsmodelle

Die folgende Darstellung der Auktionsmodelle basiert im Wesentlichen auf Bichler (2018), Klemperer (2004) und Krishna (2010). Eine Auktion besteht aus drei Komponenten. Die erste ist die Bietregel (z.B. verdeckte Gebote), die zweite ist die Allokationsregel (z.B. das höchste Gebot gewinnt), das dritte die Preisregel (z.B. der Preis entspricht dem höchstem Gebot). Die Ausgestaltung der Auktionskomponenten kann beliebige Formen annehmen, jedoch sind zwei Eigenschaften wünschenswert. Die Auktion sollte anreizkompatibel sein, das heißt das Gebot jedes Bieters sollte seiner „wahren“ Wertschätzung auf das zu bietende Objekt entsprechen. Außerdem sollte die Auktion Effizient sein, das heißt der Bieter mit der höchsten Wertschätzung¹³ für das zu versteigernde Objekt, sollte die Auktion gewinnen.

Das erste hier vorgestellte Auktionsmodell, die holländische Auktion, unterscheidet sich von den folgenden Auktionsmodellen darin, dass keine Gebote durch den Crowdkiere benötigt werden. Hier wird ein sehr geringer Startpreis festgelegt. Nach jeder vergangenen Zeiteinheit (z.B. 10-minütige Intervalle) um einen gewissen Betrag. Der erste Crowdkiere, dessen Reservationslohn zu dem aktuell gebotenen Preis geringer ist, erhält den Zuschlag und führt den Transportauftrag aus. Das Auktionsmodell kann mit der Abbildung $p(t) = p^{start} + \alpha t^\beta$ beschrieben werden, wobei t die vergangene Zeit seit Ankunft des Transportauftrages im System ist, und α, β beliebige Zahlen sind. Der Vorteil dieses Preissetzungsverfahrens liegt darin, dass es einfach zu verstehen und transparent ist, sowie die aktuelle Marktsituation ausnutzt. Jedoch können geringe Preise nur bei hinreichend großer Crowdkierezahl (Konkurrenzdruck) erzielt werden. Zudem besteht bei geringer Anzahl an Crowdkiere ein Anreizproblem: es lohnt sich bis kurz vor Auktionsschluss zu warten, wenn der Preis am höchsten ist. Bei nichtkooperativen Crowdkiere (wovon im Allgemeinen ausgegangen werden kann) hat allerdings jeder Crowdkiere einen individuellen Anreiz den Auftrag anzunehmen, wenn der Preis seinen Reservationslohn übersteigt. Daher ist bei ausreichend großer Anzahl an

¹³ Die höchste Wertschätzung entspricht nicht notwendigerweise dem höchsten Gebot

nichtkooperierenden Crowdkurieren die Gefahr des Abwartens niedrig. Abbildung 20 in Anhang A. stellt die holländische Auktion graphisch dar. Da für die Berechnung des Preises keine Gebote durch die Crowdkuriere benötigt werden, ist dieses Auktionsmodell de facto ein dynamisches Preissetzungsverfahren. In der Praxis wird die holländische Auktion von der Royal FloraHolland¹⁴ für den Verkauf von Schnittblumen eingesetzt.

Die folgenden Auktionen erfordern die Abgabe von Geboten durch die Crowdkuriere, und sind daher keine einseitigen Preissetzungsverfahren, sondern Preisentdeckungsverfahren.

Bei einer verdeckten Auktion wird ein Transportauftrag ausgeschrieben und über einen vorher festgelegten Zeitraum werden Gebote durch die Crowdkuriere eingeholt. Der Sieger der Auktionen ist derjenige mit dem geringsten Gebot. Verschiedene Preisregeln sind denkbar, die bekanntesten Formate sind Erstpreis (Preis entspricht niedrigstem Gebot) oder Zweitpreis (Preis entspricht zweitniedrigstem Gebot). Die Zweitpreisauktion ist anders als die Erstpreisauktion anreizkompatibel. In der Erstpreisauktion wird ein Bieter im Allgemeinen nicht seinen Reservationslohn bieten, sondern einen höheren Wert. Vorteile dieses Formates liegen darin, dass es einfach zu verstehen ist und es die Marktsituation ausnutzt. Jedoch ist eine verdeckte Auktion intransparent. Dazu kommt das bei längeren Bietzeiträumen die Auktionsteilnehmer lange auf eine Antwort warten. Da es nur einen Gewinner geben kann wird es sehr viele Verlierer geben die nach wenigen Wiederholten Verlusten kein Interesse mehr an der Teilnahme haben. Abschließend ist hier, im Gegensatz zu einem gesetzten Preis, das berechnen des reservationswertes erforderlich, was im Allgemeinen schwieriger ist, als die Entscheidung ob ein gesetzter Preis den eigenen Reservationslohn übersteigt. Abbildung 21 in Anhang A. zeigt eine verdeckte Erstpreisauktion.

Die Englische Auktion ist eine Erstpreisauktion mit offenen Geboten. Im Gegensatz zum vorherigen Mechanismus, kann hier ein Bieter das aktuelle Gebot sehen, und entscheiden ob er es unterbieten möchte oder nicht. Um marginale Gebote zu verhindern, wird zumeist ein minimales Bietinkrement festgelegt. Nach Ablauf wird des Bietzeitraumes wird der Bieter mit dem höchsten Gebot benachrichtigt und erhält sein Gebot als Entlohnung. Ein bekanntes Beispiel für ein englisches Auktionsformat ist die online Auktionsplattform Ebay (Allerdings im Verkaufsformat, nicht im Beschaffungsformat). Vor- und Nachteile sind die gleichen wie im vorgegangenen Auktionsformat, jedoch entfällt hier die Schwierigkeit der Berechnung des eigenen Reservationslohns, da nur entschieden werden muss, ob das aktuell beste Gebot unterboten werden sollte oder nicht. Abbildung 22 in Anhang A. zeigt die graphische Darstellung einer englischen Auktion.

Das letzte Auktionsmodell das hier vorgestellt wird ist eine kombinatorische Auktion. In diesem Auktionsformat werden mehrere Aufträge zur gleichen Zeit ausgeschrieben. Innerhalb eines festgelegten Bietzeitraumes kann jeder Crowdkurier auf jede Kombination von Aufträgen bieten. Für die Bestimmung der Auktionsgewinner gilt zum einen das maximal viele Aufträge erfolgreich vergeben werden (bestenfalls alle) und dass die Summe der Gebote minimal ist. Die Bestimmung der Sieger ist ein rechnerisch schweres Problem¹⁵. Neben der Schwierigkeit der Siegerermittlung ist das Bieten in diesem Format komplex. Unter der Annahme das keine Restriktionen auf zu Bietende Objekte sind (das heißt auf jede beliebige Kombination darf geboten werden), gibt es bei n Aufträgen 2^n mögliche Kombination auf die geboten werden kann. In der Praxis findet dieses Format Anwendung bei der Versteigerung von Frequenzen, jedoch mit Restriktionen auf erlaubte Gebote, um die Komplexität zu reduzieren. Der große Vorteil dieses Mechanismus liegt in der Möglichkeit Bündel zu versteigern. Abbildung 23 in Anhang A. stellt die kombinatorische Auktion graphisch dar.

4.2.3. Partizipative Kostenmodelle

Eine weitere Möglichkeit der Preisbildung sind partizipative Modelle. Dazu gehören Preisbildungsmechanismen, bei der Käufer aktiv bei der Preisgestaltung mitwirken. In einem Name-Your-Own-Price (NYOP) Regime geben Interessenten Ihren Reservationslohn an und die Plattform wählt die für sie besten Preise. Unter Anderem gehören auch Auktionen zu den NYOP Mechanismen.

In einem Pay what you want (PWYW) Format wird der Auftrag ohne vorher festgelegten Preis angeboten. Interessenten können einen beliebigen Preis festlegen, ohne das der Anbieter die Möglichkeit des Ablehnens hat.

¹⁴ Tatsächlich hat die holländische Auktion ihren Namen aufgrund der Royal FloraHolland Blumenauktion erhalten.

¹⁵ Tatsächlich ist die Lösung des Siegerermittlungsproblems ein NP-schweres Problem (vgl. Bichler, 2018)

Erfolgt die Preisbestimmung durch Bargaining, verhandeln Plattform und Interessent über den Preis, bis beide Seiten einverstanden sind. Die Plattform kann mit jedem Interessenten einen anderen Preis vereinbaren, und hat dadurch die Möglichkeit Kurieren mit geringen Reservationslöhnen weniger zu zahlen, als solchen mit hohen Reservationslöhnen.

4.3. Professioneller Kurierdienst

Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg ist die Erfüllung des Serviceversprechens, also die rechtzeitige Zustellung jedes akzeptierten Auftrages. Da im Allgemeinen davon ausgegangen werden muss, dass nicht immer ein Crowdkurier gefunden werden kann, setzt die Einhaltung des Serviceversprechens die Beauftragung eines professionellen Kurierdienstes voraus. Hat die Plattform Kenntnis über Ihren täglichen Bedarf an professionellen Kurierfahrten, kann sie mit einem oder mehreren Servicedienstleistern feste Rahmenverträge aushandeln, andernfalls muss für jeden Auftrag, für den sich kein Crowdkurier findet, einen professionellen Kurier „on-the-fly“ engagieren. In beiden Fällen muss die Plattform beachten, dass ein professioneller Kurierdienst eine Vorlaufzeit für die Auftragsübernahme hat.

Alternativ besteht die Möglichkeit eine eigene Flotte mit festangestellten Zustellern aufzubauen, um so die fehlenden Kapazitäten der Crowd auszugleichen.

4.4. Prozessorientierte Kostenrechnung

Die folgende Beschreibung basiert auf Coenenberg, Fischer und Günther (2016). Bei der Prozessorientierten Kostenrechnung handelt es sich um eine Vollkostenrechnung, also ein System, bei dem im Gegensatz zur Teilkostenrechnung alle anfallenden Kosten auf den Kostenträger verrechnet werden. Im Kontext von CCL ist unter einem einzelnen Kostenträger ein Auftrag zu verstehen. Im ersten Schritt werden die betrieblichen Prozesse identifiziert und entsprechenden Prozessgrößen (Kostentreiber) zugeordnet. So zum Beispiel kann der Prozess Auftragsannahme durch die Größe Auftragspositionen gemessen werden. Im nächsten Schritt werden die Kosten kalkuliert. Hierzu müssen zunächst die Kosten für jeden Hauptprozess ermittelt werden, die alle mit dem Prozess verbundenen Kosten einschließt. Das Verhältnis von Prozesskosten zur Prozessgröße liefert den Kostensatz, der mit Inanspruchnahme des Prozesses verbunden ist. Falls Kosten anfallen, die nicht abhängig von Prozessgrößen sind, wird ein Zuschlagssatz als Quotient von Prozessunabhängigen zu Prozessabhängigen Kosten ermittelt. Schlussendlich werden die Prozesskostensätze sowie der Zuschlagssatz auf den Kostenträger verrechnet. Tabelle 1 stellt die Haupt- und Teilprozesse dar, die für City Crowd Logistics wurden folgende ermittelt wurden. In Tabelle 1 sind Ausnahmeprozesse vernachlässigt (z.B. falsche Box erreicht, oder Paket nicht in Box), da es hier vielfältige Möglichkeiten gibt. Es ist davon auszugehen, dass die Zahl der Ausnahmefehler von der Anzahl der Aufträge abhängt, vereinfachend kann aber die Annahme getroffen werden, dass es sich dabei um Fixkosten handelt und diese entsprechend als Zuschlagssatz berechnen. Des Weiteren wird für die Sendungszuordnung lediglich die sequentielle Zuordnung berücksichtigt, da aus Perspektive der Kostenrechnung kein Unterschied besteht.

Hauptprozesse	Auftragsingang	Ausführungsoptionen finden	Auftragsplitting	Sendungen zuordnen	Überwachung und Ausführung	Rechnung und Vergütung
	Auftragsdaten eingeben	generische Routing-Optionen generieren	Auftrag in mehrere aufeinanderfolgende Sendungen aufteilen	Sendungen sequentiell zuordnen	Nachricht empfangen	
	Richtigkeit bestätigen	mögliche Routing-Optionen prüfen		erste Lieferung anbieten	zur Abholbox gehen	
	Datenänderung anfordern (falls erforderlich)			„Gebote“ von Kurieren sammeln (Crowd und prof. Kuriere)	ID angeben	
	Bestätigung der Auftragsannahme			Kosten berechnen	Box öffnen und Gegenstand entnehmen	
	Bestellung ablehnen / bestätigen			Sendung „bestbietendem“ Kurier zuordnen	Box schließen	
				verbleibende Sendungen in neue Transportaufträge umwandeln	Zur Zustellbox fahren	
					ID angeben	
					Box öffnen und Gegenstand deponieren	
					Box schließen	

Teilprozesse

Tabelle 1: Haupt- und Teilprozesse in CCL

Die einzelnen Hauptprozesse müssen nun mit Kostentreibern gemessen werden. Es sei angenommen, dass die

Prozesse Ausführungsoptionen finden und Auftragsplitting, sowie Rechnung und Vergütung durch Algorithmen bzw. Software ausgeführt werden. Die Software wird entweder Unternehmensintern entwickelt, oder extern bezogen. Da Software ohne Kosten beliebig vervielfältigt und genutzt werden kann (keine Rivalität), gibt es keinen Verbrauch, das heißt Kosten die für Software und Softwareentwicklung entstehen, können als Unternehmensfixe Kosten betrachtet werden. Die Bearbeitung eingehender Aufträge kann ebenfalls durch eine Software abgewickelt werden, es sei jedoch angenommen das hier zusätzliches Verwaltungspersonal notwendig ist. Kosten entstehen durch den Verbrauch bzw. die Inanspruchnahme von Ressourcen. Offensichtlich werden Transportdienstleistungen, sowie Inanspruchnahme von Mini-depots im Prozess Ausführung erbracht. Um beide Kostenblöcke prozessual zu trennen, sei jedoch angenommen, dass Kosten durch Transportdienstleistungen bereits im Prozess der Zuordnung entstehen.

Prozess	Kostentreiber
Auftragseingang	Anzahl Aufträge
Sendungen zuordnen	Anzahl Aufträge
Überwachung und Ausführung	Anzahl Aufträge

Tabelle 2: Kostentreiber für Prozesse in CCL

Diese Annahme kann durch den Teilprozess „Kosten berechnen“ gerechtfertigt werden. Für diese Prozesse ist der entscheidende Kostentreibende Faktor die Anzahl der Aufträge. Für den Prozess „Sendungen zuordnen“ ist auch die Entfernung von Auftragsursprung zum Auftragsziel ein denkbarer Kostentreiber, falls Auftragsentfernungen entsprechend groß sind. Da CCL sich jedoch auf das Stadtgebiet (München) beschränkt, entfallen lange Transportwege, wodurch der reine Fokus auf Auftragsanzahl gerechtfertigt werden kann. Ebenfalls sind die Kosten die durch die Bezahlung anfallen kostentreibend. Da die Anzahl der Mini-Depots hauptsächlich durch den

Prozesse	Prozesskosten	Prozessmen- gen	Prozesskosten- satz	Umlagesatz	Gesamt- prozesskosten- satz
Auftragseingang	100000 €	350000 Aufträge	$0.286 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$	$0.037 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$	$0.323 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$
Sendungen zuordnen	750000 €	350000 Aufträge	$2.143 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$	$0.279 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$	$2.422 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$
Überwachung und Ausführung	300000 €	350000 Aufträge	$0.857 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$	$0.112 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$	$0.968 \frac{\text{€}}{\text{Umschlag}}$
Fixkosten Zuschlagssatz	150000 € 13.043%				
					$3.553 \frac{\text{€}}{\text{Auftrag}}$

Tabelle 3: Prozessorientierte Kostenrechnung - Beispiel für CCL

Umschlagsbedarf bestimmt werden, ist auch hier die Auftragsanzahl sinnvoll. Jedoch spielen auch Beschaffungskosten sowie Standortkosten eine treibende Rolle. Tabelle 2 fasst die Kostentreiber zusammen, und Tabelle 3 zeigt eine exemplarische prozessorientierte Kostenrechnung für City Crowd Logistics.

5. Preissensitivität und Mitnahmebereitschaft

Um abzuschätzen, ob CCL erfolgreich sein kann, ist es relevant die Reservationslöhne, also die kleinste Bezahlung, zu der ein potenzieller Crowdkurier bereit ist einen Transport durchzuführen, zu kennen. Als erste explorative Maßnahme wurde hierzu eine Umfrage durchgeführt.

5.1. Einleitende Worte

Für die Umfrage wurden die Verhaltenshomogenen Gruppen, die für CCL interessant sind, bevorzugt angesprochen. Dazu zählen vorrangig Schüler und Studenten. Die Umfrage wurde am 26., 29. Und 30. April 2019 durch Studenten der Hochschule Neu-Ulm an neun verschiedenen zentralen Standorten in München ausgeführt. Diese umfassten Bildungseinrichtungen (staatliches Luitpold-Gymnasium München, Rupprecht-Gymnasium, Theresia-Gerhardinger-Gymnasium am Anger, städtische Berufsschulen Luisenstraße 29, Technische Universität München, Ludwig-Maximilians-Universität München) und Verkehrsknotenpunkte (Marienplatz Münchner Freiheit, Sendlinger Tor) sowie das Einkaufszentrum Pasinger Arcaden (vgl. Abbildung 6). Für die Erstellung des Umfragebogens (einsehbar in Anhang A. einzusehen (Abbildung 27, Abbildung 28, Abbildung 29) war zum einen wichtig, dass dieser

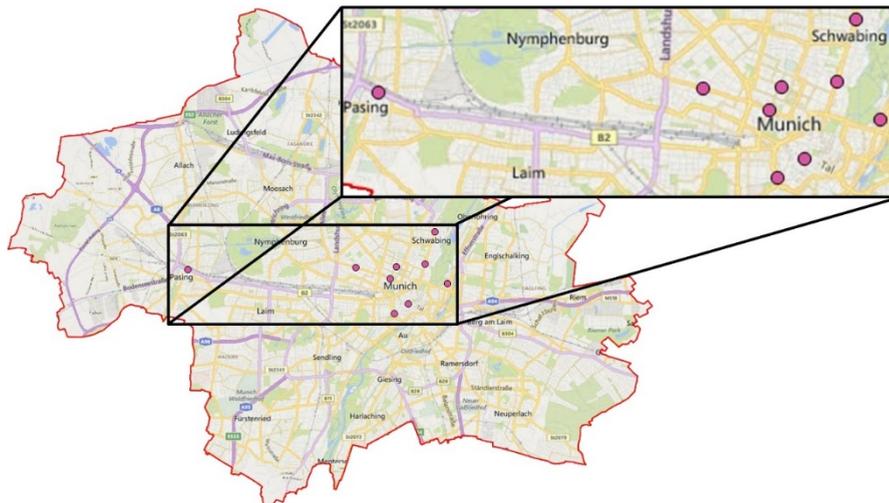


Abbildung 6: Standorte der Umfrage

möglichst knapp gehalten ist, da sonst die Gefahr besteht, das befragte Personen die Umfrage abbrechen. Zum anderen ist es wichtig, dass die befragten Personen sich ein konkretes Szenario vorstellen, damit Ihnen die Schätzung ihres Reservationslohnes einfacher fällt. Des Weiteren möchten die Autoren der Studie darauf hinweisen, dass der Reservationslohn konkret in Abhängigkeit des, durch den Transport verursachten, *zusätzlichen* zeitlichen Aufwandes abgefragt wurde.

Insgesamt wurden 348 Personen befragt, wovon 264 Personen generelle Bereitschaft für die Durchführung eines Transportes gezeigt haben (entspricht etwa 76%). Eine Frage, die nach der generellen Bereitschaft fragt wurde bewusst nicht gestellt, jedoch haben die entsprechenden befragten die Umfrage bei Frage 3 abgebrochen. Die Anteile der Befragten, die keine Mitnahmebereitschaft gezeigt haben, wurde in der graphischen Darstellung der Fragen 1 und 2 inkludiert.

In Frage 2 wurde die Tätigkeit der Personen abgefragt; da viele Gruppen nicht aussagekräftige Stichprobengröße erreicht haben, wurden diese für die Darstellung der Ergebnisse in Frage 7 als „Sonstige“ aufgeführt. Damit wird die Stichprobengröße erhöht, jedoch weisen die Autoren darauf hin, dass dadurch *verhaltensheterogene* Personengruppen aggregiert wurden.

5.2. Frage 1: Welches Geschlecht haben Sie?

Diese Frage wurde gestellt in der Absicht, etwaige Geschlechtsspezifische Unterschiede im Reservationslohn auszumachen. Es ist schwierig zu sagen, wie der unterschied in der Mitnahmebereitschaft bei den Geschlechtern

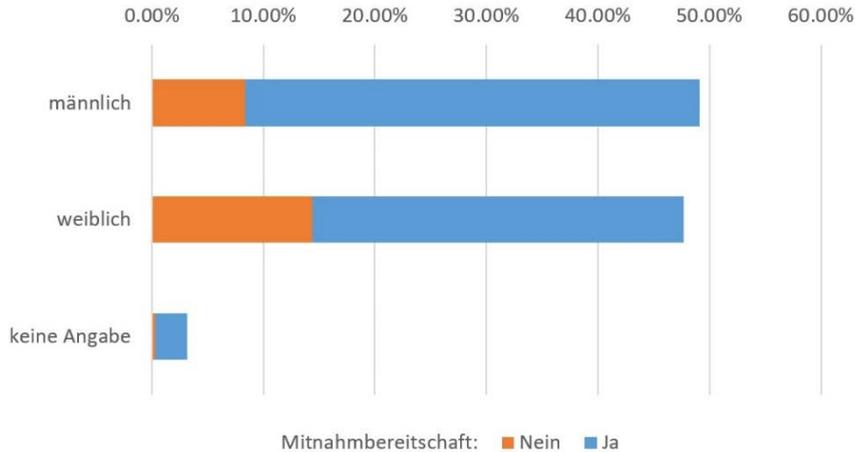


Abbildung 7: Mitnahmebereitschaft bedingt unter Geschlechtsverteilung

zustande kommt. Da die Stichprobengröße nicht hinreichend groß ist, um Normalität anzunehmen, sollen hier keine Hypothesen gemacht werden. Jedoch sei angemerkt, dass der Anteil der weiblichen Befragten unter den Schülern geringer ist, und unter den Sonstigen größer. Eine mögliche Erklärung für den Unterschied ist damit erklären, das männliche und weibliche Befragte nicht repräsentativ unter den einzelnen Gruppen verteilt sind.

5.3. Frage 2: Welche Tätigkeit üben Sie aus?

In der Annahme, dass verschiedene verhaltenshomogene Gruppen verschiedene Reservationslohnverteilungen wurde die Tätigkeit abgefragt (Schüler, Student, Auszubildende, Hausfrau/-mann, Arbeitssuchende, Selbstständige, Arbeitnehmer in geringfügiger Beschäftigung, Arbeitnehmer, Rentner, Sonstige). Abbildung 8 zeigt die absolute

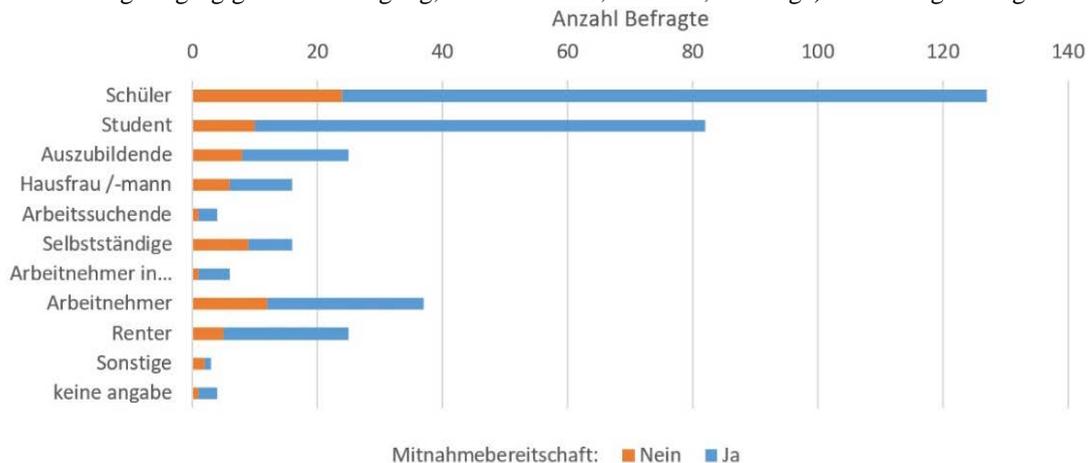


Abbildung 8: Verteilung der Tätigkeiten

Häufigkeitsverteilung der abgefragten Tätigkeiten, sowie die Anzahl derjenigen, die keine Bereitschaft haben einen Transport durchzuführen. Da lediglich Schüler und Studenten einen großen Stichprobenumfang haben, sowie Arbeitnehmer eine annehmbare Stichprobengröße, wurden für die Darstellungen für Frage 7 die anderen Gruppen

unter „Sonstige“ aggregiert. **Error! Reference source not found.**Abbildung 9 zeigt die Anteile der Personen, die keine Mitnahmebereitschaft haben. Hier sind besonders hervorzuheben die Gruppen der Schüler, Studenten und Rentner, die in signifikanter Masse den ÖPNV nutzen, sowie eine hohe Partizipationsbereitschaft haben.

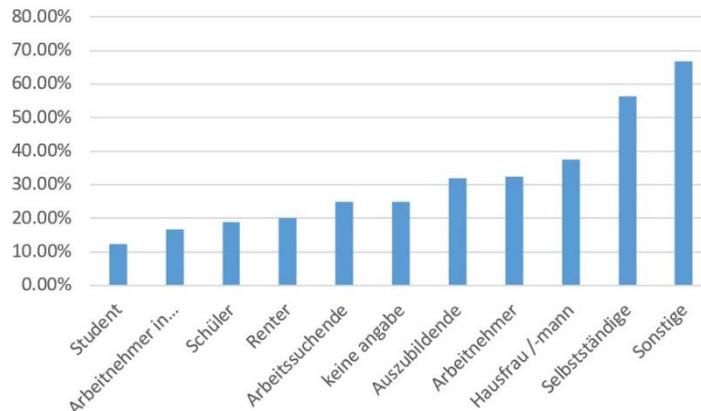


Abbildung 9: Anteil der Personen ohne Mitnahmebereitschaft

5.4. Frage 3: Wann würden Sie ein Paket mitnehmen? (Mehrfachnennung möglich)

Die folgenden vier Fragen sollen der befragten Person bei der Vorstellung eines konkreten Szenarios helfen, um

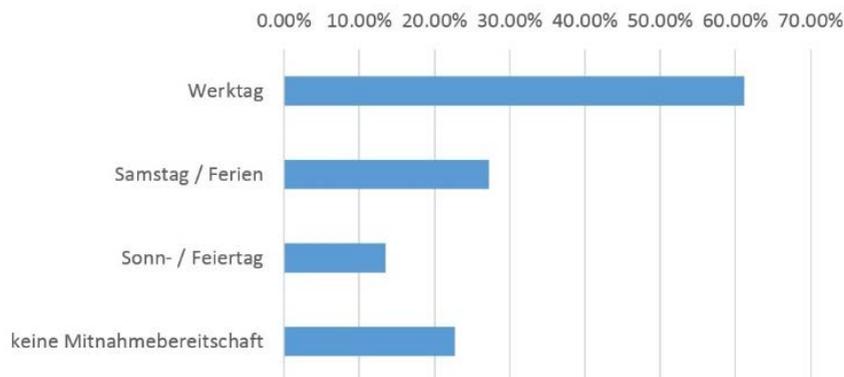


Abbildung 10: Bevorzugter Tag für einen Transport

so eine zuverlässigere Schätzung in Frage 7 zu erhalten. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Wochentage, an denen die Befragten Mitnahmebereit sind. Der vierte Balken in dem Diagramm ergibt sich aus dem Anteil der Personen, die die Umfrage an dieser Stelle abgebrochen haben.

5.5. Frage 4: Welches Verkehrsmittel nutzen Sie für welche Reisegründe an den ausgewählten Tagen? (max. 3 Antworten)

In dieser Frage sollten die Befragten mithilfe einer Tabelle (vgl. Abbildung 29) angeben, welche Verkehrsmittel für welche Reisegründe an den in der vorigen Frage ausgewählten Tagen benutzt wird. Abbildung 11 zeigt den resultierenden Modal Split unter Einbeziehung der ausgewählten Wochentage. Das Limit wurde auf drei Antworten festgelegt, damit die Umfrage nicht zu lange dauert.

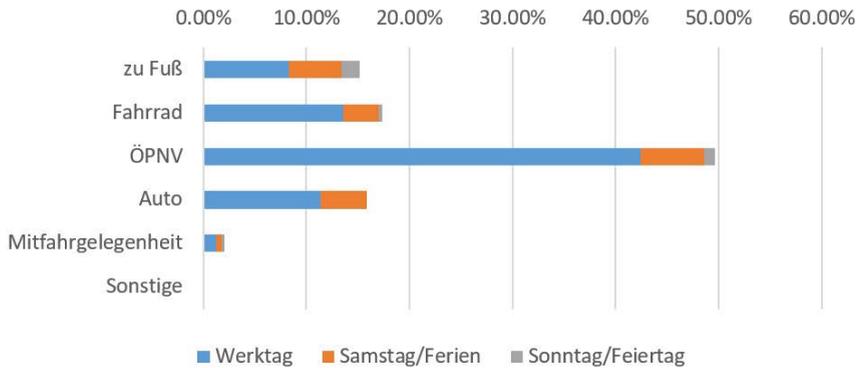


Abbildung 11: Modal Split unter den Befragten

5.6. Frage 5: Bei welchem der genannten Reisegründe wären Sie am ehesten bereit ein Paket mitzunehmen?

Hier waren die Befragten Personen dazu angehalten eine der drei Antworten der vorigen Fragen auszuwählen.

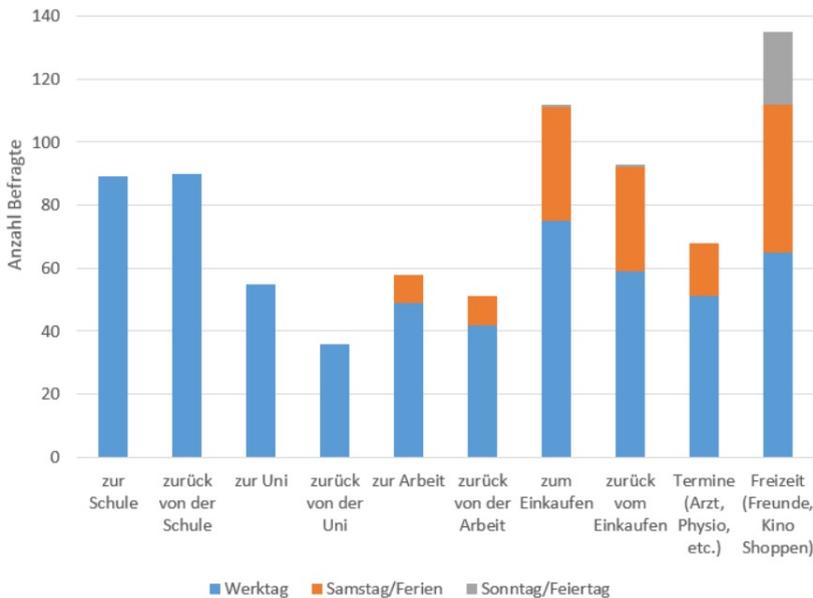


Abbildung 12: Reisegrund für den bevorzugten Tag

Abbildung 12 zeigt den Reisegrund sowie den ausgewählten bevorzugten Tag.

5.7. Frage 6: Von wo, nach wo fahren Sie in dem bevorzugten Beispiel? (ÖPNV Haltestellen oder Straßennamen)

In dieser Frage sollte Reiseursprung sowie Reiseziel ermittelt werden. Da viele Befragte nicht dazu bereit waren die Frage zu beantworten, sowie manche Antworten nicht sinnvoll waren (z.B. Supermarkt), ergab sich lediglich eine

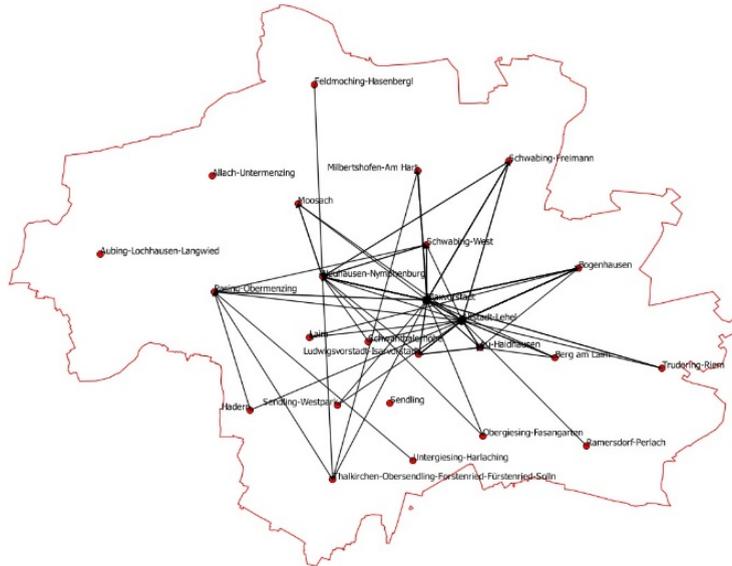


Abbildung 13: Karte auf Stadtbezirksebene mit den Reisebewegungen der Befragten

Menge von 119 verwertbaren Antworten. Die einzelnen Reiseursprünge und Reiseziele wurden jeweils dem entsprechenden Stadtbezirk zugeordnet (siehe Abbildung 13). 20 der verwertbaren Antworten haben Reiseursprung und Reiseziel im jeweils selben Bezirk. Aus der Tatsache, dass die Umfrage an zentralen Orten in München durchgeführt wurde, ergibt sich, dass ein starker Reisefokus auf den Stadtkern liegt. Die Darstellung auf Stadtbezirksebene wurde gewählt, da der Analysedemonstrator Reiseursprünge und Reiseziele ebenfalls auf Stadtbezirksebene auswählt. Da nur 119 Antworten gegeben wurden und nicht alle Stadtbezirke erreicht werden, kann die sich aus der Umfrage ergebende Häufigkeitsmatrix nicht verwendet werden. Um eine repräsentative Häufigkeitsmatrix für die 25 Stadtbezirke zu ermitteln, wäre entweder die Verwendung von Sekundärdaten oder eine Erhebung in deutlich größerem Maßstab erforderlich (potenziell 625 verschiedene Reisen).

5.8. Frage 7: Welche Bezahlung würden Sie mindestens für Ihren Zusatzaufwand erwarten? (Paketbox öffnen/schließen + Umweg)

In der letzten Frage wurde die erwartete Bezahlung in Abhängigkeit des zusätzlichen Aufwandes abgefragt. Der Zusatzaufwand wurde in vier Intervalle gegliedert: 2-5 Minuten, 5-10 Minuten, 10-20 Minuten und 20-40 Minuten.

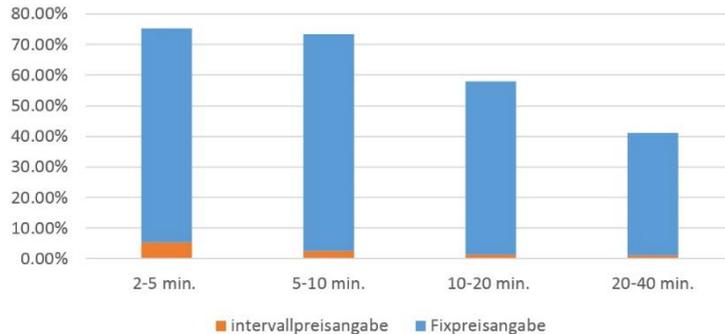


Abbildung 14: Anteil der Personen, die ihren Reservationslohn angegeben haben

Schneller als 2 Minuten ist für das Öffnen und Schließen von zwei Paketboxen unwahrscheinlich. Da die Intervalllänge zunehmend ist, ist auch die Einschätzung des Reservationslohnes schwieriger. Dies wird als Grund für die rückläufigen Antworten in Abbildung 14 vermutet. Der Anteil in diesem Diagramm ergibt sich als Verhältnis zur Gesamtmenge der Befragten, also inklusive derjenigen, die bei Frage drei keine Bereitschaft gezeigt haben. Zusätzlich haben einige Befragte, aufgrund der Schwierigkeit der Abschätzung des Reservationslohnes eine Intervallangabe gegeben. Um daraus eine verwertbare Statistik zu erstellen, wurde daraus ein Fixpreis ermittelt. Dieser wurde als

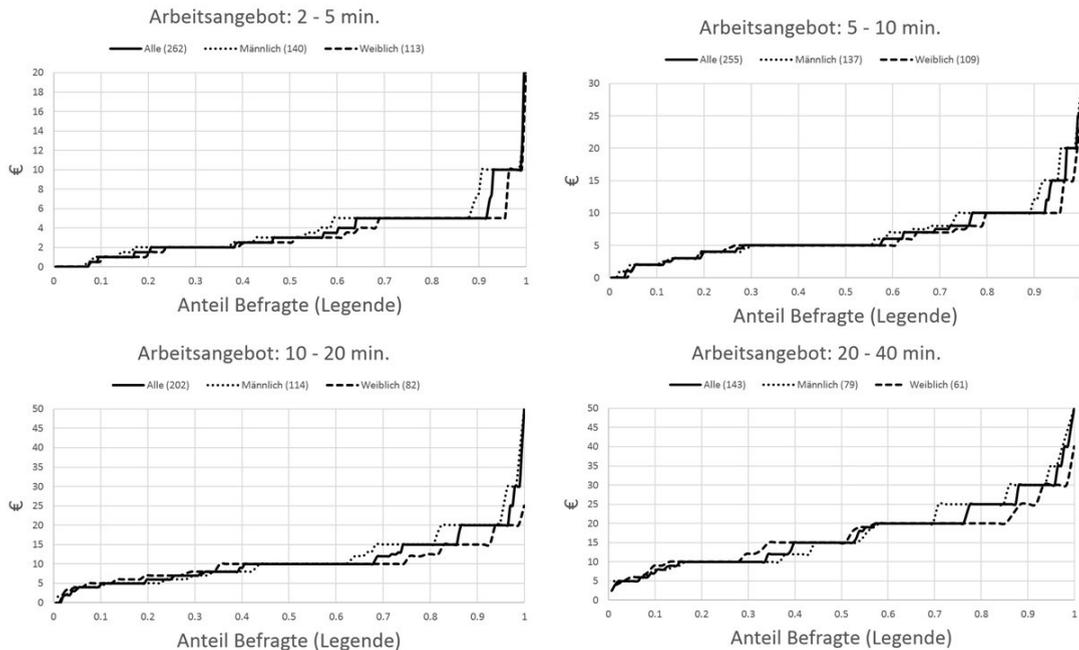


Abbildung 15: Arbeitsangebotsfunktionen als Rangstatistiken

arithmetisches Mittel berechnet. Die Annahme ist, dass der Reservationslohn der entsprechenden Person mit gleicher Wahrscheinlichkeit jeden Wert des angegebenen Intervalls annehmen kann. Daraus ergibt sich dann als Erwartungswert der Intervallmittelpunkt. Aus den Fixpreisen wurde die Arbeitsangebotsfunktion für jede der vier

Antwortmöglichkeiten als Rangstatistik ermittelt (vgl. Abbildung 15). Hierbei ist zum einen ersichtlich, dass es keine

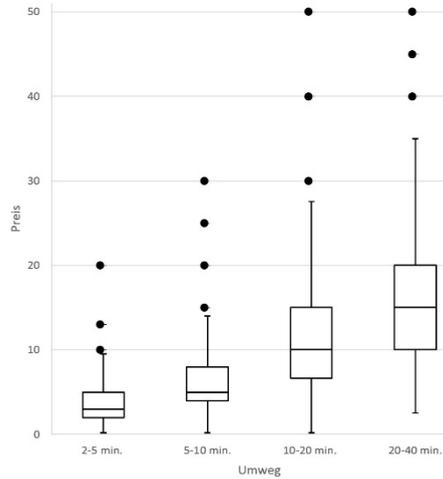


Abbildung 16: Boxplot der Reservationslohnangaben

erkennbaren Geschlechtsspezifischen Unterschiede gibt. Zum anderen gibt es Umfrageteilnehmer, die sogar bei 5-10 Minuten Extraaufwand bereit sind, einen Transport für einen Euro oder weniger durchzuführen (entspricht einem Stundenlohn von 6 - 12 Euro). Unter der Annahme, dass dies das Tatsächliche Verhalten widerspiegelt, ist damit

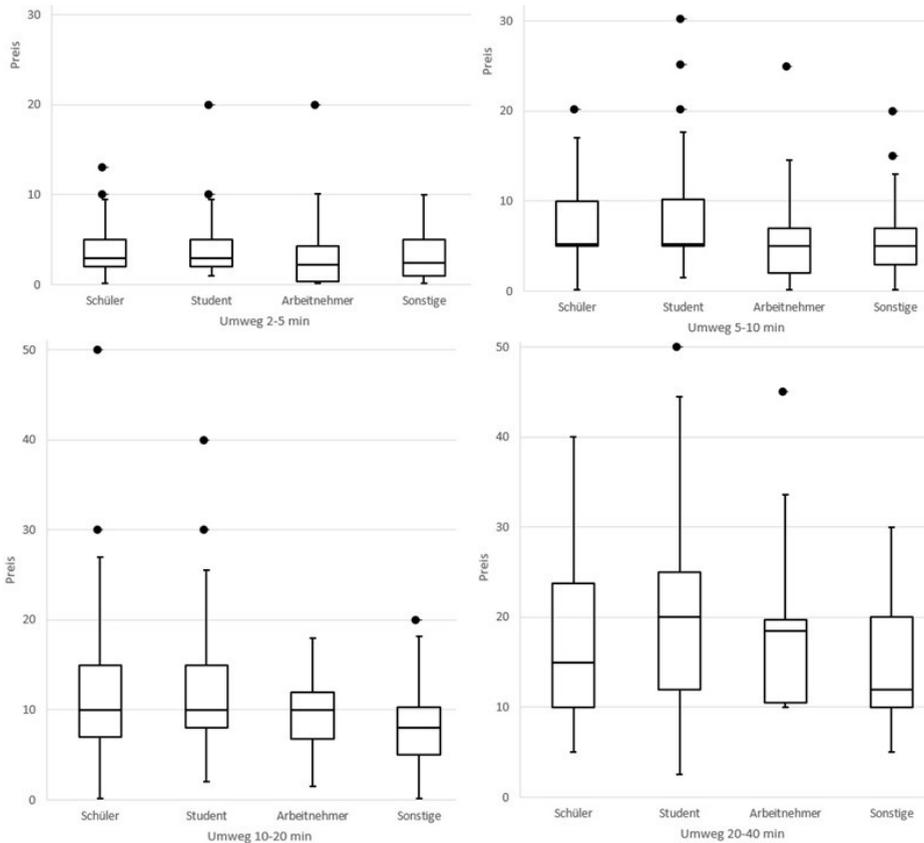


Abbildung 17: Boxplots der Reservationslohnangaben nach Personengruppen

davon auszugehen, dass Potenzial für ein Unternehmen besteht. Im Folgenden sind die Boxplots für alle Gruppen dargestellt (Abbildung 16), sowie die Boxplots gegliedert nach den Personengruppen (Abbildung 17).

6. Fallbeispiele

6.1. *Klassische Logistik*

In der klassischen Logistik werden Kostensenkungspotenziale hauptsächlich durch Bündelungseffekte realisiert. Hier werden zunächst im Vorlauf Sendungen der Absender eingesammelt und in einem Distributionszentrum gebündelt. Bündel mit dem gleichen Ziel werden im Hauptlauf in das Zieldistributionszentrum transportiert, und von dort im Nachlauf an die Empfänger ausgeliefert. Diese Art der Transportstruktur wird als Hub and Spoke Liefersystem bezeichnet. Die einzelnen Hubs, also Distributionszentren, können auch untereinander verbunden sein, oder mehrstufig sein, zum Beispiel regionale und Überregionale Distributionszentren. Regionale Hubs verhalten sich zu überregionalen Hubs, wie die Absender/Empfänger zu den regionalen Hubs. Logistikdienstleister die dem Konzept der klassischen Logistik folgen sind zum Beispiel DPDHL und UPS. Die Umsätze werden erzielt durch feste Preistarife, die sich stufenweise an den vier Paketdimensionen Länge, Breite, Höhe und Gewicht orientieren. In der klassischen Logistik ist das Unternehmen Eigentümer der Fahrzeugflotte und bezahlt die dafür benötigten Unterhaltskosten. Des Weiteren stellt das Unternehmen alle zur Auslieferung benötigten Ausrüstungsgegenstände dem Fahrer zur Verfügung. Ein wesentlicher Bestandteil für die im Folgenden vorgestellten Geschäftsmodelle ist, dass Fahrzeug, Unterhaltskosten sowie Ausrüstungsgegenstände nicht durch das Unternehmen bereitgestellt werden.

6.2. *Deliveroo*

Bei Deliveroo (Roofoods Ltd.) handelt es sich um einen 2013 gegründeten Logistikdienstleister, der seine Kunden mit Gerichten aus Partnerrestaurants, die über keine hauseigene Lieferlogistik verfügen, beliefert. Der Kunde kann über die App beziehungsweise Website von Deliveroo von den Partnerrestaurants in der Umgebung angebotenen Gerichten eine Bestellung abgeben; das Restaurant erhält eine Mitteilung (durch von Deliveroo bereitgestellte Hardware¹⁶) und bereitet das bestellte Gericht zu. Ein Algorithmus wählt einen verfügbaren Kurier, und zeigt diesem die Route zum Restaurant und nach Abholung die Route zum Kunden. Der Kurier ist nicht festangestellt, sondern erhält pro durchgeführte Lieferung einen festen Betrag. Die Bezahlung des Kunden für das Gericht zuzüglich einer Liefergebühr erfolgt online über das Interface von Deliveroo nachdem er seine Bestellung erhalten hat. Das Partnerrestaurant erhält den Preis für das Gericht abzüglich einer Provision. Der Deckungsbeitrag den Deliveroo erzielt entspricht der Summe aus Provision und Liefergebühr abzüglich des Betrages für den Kurier. Abbildung 24 in Anhang A. zeigt die Entwicklung des Umsatzes und der Umsatzkosten zwischen 2015 und 2017 von Deliveroo. Obwohl diese Differenz positiv ist, hat Deliveroo zusätzliche hohe Verwaltungskosten¹⁷ aufgrund derer Verluste eingefahren werden. Bei Abstraktion von Verwaltungskosten sind die größten Einzelposten Umsatz sowie Umsatzkosten (vgl. Anhang A. Abbildung 25). Für ein profitables Geschäft muss der aus der Differenz von Umsatz und Umsatzkosten erzielte (aggregierte) Deckungsbeitrag hinreichend groß sein, damit die übrigen Kosten abgedeckt sind. Dies betrifft hauptsächlich die Verwaltungskosten, die den (aggregierten) Deckungsbeitrag um das etwa 3,8fache übertreffen. Deliveroo kann profitabel werden, falls die Verwaltungskosten langsamer steigen als der Deckungsbeitrag, oder falls die Verwaltungskosten Einmalkosten sind, die aufgrund des starken Wachstums entstanden sind. Anhand von Abbildung 26 in Anhang A. ist erkennbar, dass der Anteil der Verwaltungskosten, sowie Umsatzkosten über die letzten 3 Jahre gesunken ist. Der Grund lässt sich dem Geschäftsbericht nicht entnehmen.

¹⁶ Für die Hardware muss das Restaurant eine Gebühr an Deliveroo entrichten

¹⁷ Verwaltungskosten von Deliveroo: 2015 - 28,8 Mio GBP; 2016 - 142,2 Mio GBP; 2017 - 244,4 Mio GBP

6.3. Parcify

Bei Parcify handelt es sich um ein Ende 2015 in Belgien gegründetes Startup-Unternehmen, das seit 2017 zur BPost gehört und Transporte innerhalb von Flandern und Wallonisch-Brabant durch Crowdkuriere ausführt. Auf Basis des Sharing-Economy Gesetzes in Belgien ist es jedem möglich zu einem Steuersatz von 10% bis zu 5210 € pro Jahr zu verdienen (Stand 2018)¹⁸. Der Steuersatz wird von Parcify direkt abgeführt; der Bote kann in der App sehen, welchen Betrag er für den Auftrag verdient. Der Kunde kann einen Transportauftrag in der App eintragen und bezahlt dafür eine, von einem Algorithmus berechnete Gebühr. Diese basiert zum einen auf Gewicht und Größe, zum anderen auf der Entfernung; der Mindestbetrag beträgt 6 €. Die Preisberechnung ist nicht öffentlich, jedoch lassen sich die Auftragskosten für den Kunden von einem Kalkulator berechnen¹⁹. Der Kunde hat die Möglichkeit sein Paket per Geo-Tracking zu verfolgen und kann mit dem austragenden Kurier Kontakt aufnehmen, um Zeit und Ort für die Übergabe zu vereinbaren.

6.4. Uber

Das Unternehmen Uber bietet u.a. einen Taxiservice an. Ein Kunde, der eine Taxifahrt nachfragt nutzt dafür eine App, auf der er sein Ziel angibt. Akzeptiert ein Fahrer in der Nähe, erhält der Kunde Informationen über den Fahrer (Zeit bis zur Ankunft, Nummernschild, Name) und kann diesen bei der Ankunft identifizieren. Zudem kann der Kunde über eine Karte aktuellen Ort des Fahrers verfolgen. Der Preis den der Kunde zahlt setzt sich aus dem Basispreis, der Buchungsgebühr sowie Kosten pro Entfernungs- und Zeiteinheit (Meile, Minute). Der Fahrtpreis, exklusive Gebühren, wird mit einem Faktor multipliziert, der abhängig von der gegenwärtigen Anzahl an Fahrern und Kunden berechnet wird (Surge Pricing). Jeder kann Fahrer für Uber werden, Voraussetzung sind ein Auto sowie die App von Uber. Für die Vermittlung einer Fahrt behält Uber eine Kommission in Höhe von 25% des Fahrtpreises ein. Neben dem Taxiservice bietet Uber weitere Dienstleistungen an, wie z.B. Uber Eats (vgl. Deliveroo) oder Uber Freight. Bei Uber Freight handelt es sich um einen Transportservice. Hier spezifiziert ein Kunde Abholort und -Zeit sowie Lieferort und -Zeit. Der Preis hängt ihr von Entfernung, Frachttyp, Ort etc. ab. Analog zu Ubers Taxi Dienst wird auch bei Uber Freight Surge Pricing zur Berechnung des Preises angewendet.

7. Kostenrechnung

Es folgen vereinfachte Kostenrechnungen nach dem in Kapitel 4.4 vorgestellten Schema. Die Beispiele beziehen sich auf echte Daten, allerdings global aggregiert. Das heißt, die errechneten Selbstkosten stellen ein globales Mittel dar und beinhalten somit Verzerrungen. Des Weiteren geben die betrachteten Firmen ihren Umsatz als Einnahmen nach der Fahrervergütung an. Im Falle von Uber heißt das, für eine Fahrt in Höhe von 10 Euro, werden nur die 25% Kommission, also 2.5 Euro, in den Umsatz eingerechnet. Dadurch werden die Vergütungen der Fahrer nicht als Kosten im Finanzreport aufgeführt und mussten über den Gesamtumsatz rückgerechnet werden wodurch Ungenauigkeiten beinhaltet sind. Des Weiteren ist zu beachten, dass Delivery Hero und Uber keine KEP Dienstleister sind.

¹⁸ Bei höheren Einkünften greift ein höherer Steuersatz für professionelle Einkommen. Für Studenten und Empfänger von Sozialbeiträgen gelten zudem weitere Beschränkungen.

¹⁹ Eine Testkalkulation ergibt für eine Strecke quer durch Brüssel etwa 11,5 € von Antwerpen bis Brüssel etwa 21 € von Oostende nach Genk etwa 58 €. Die Berechnung kann über die Website (<https://send.parcify.com/#/main/authentication/login>) durchgeführt werden.

7.1. *Klassische Logistik (UPS)*

2017	Prozesskosten (Mio)	Prozessmenge (Mio)	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozess- kostensatz
Ausführung	45,577 €	5,100 Aufträge	8.937 €/Auftrag	1.936 €/Auftrag	10.873 €/Auftrag
Treibstoff	2,690 €	5,100 Aufträge	0.527 €/Auftrag	0.114 €/Auftrag	0.642 €/Auftrag
Fixkosten	10,457 €				
Zuschlagssatz	0.217 %				
Selbstkosten	11.515 €/Auftrag				

Tabelle 4: Prozesskosten UPS

Quelle: UPS, 2017

7.2. *Delivery Hero*

Aufgrund besserer Daten von Lieferheld (Delivery Hero) ist hier letzteres Unternehmen anstelle von Deliveroo mit einem Prozesskostenbeispiel aufgeführt. Beide Unternehmen haben das gleiche Geschäftsmodell. Aufgrund der rückgerechneten Kuriervergütung sind die berechneten Selbstkosten zu hoch.

2017	Prozesskosten (Mio)	Prozessmenge (Mio)	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozess- kostensatz
Ausführung	3280.3 €	291.5 Aufträge	11.253 €/Auftrag	0.930 €/Auftrag	12.184 €/Auftrag
Kosten des Umsatzes	197.9 €	291.5 Aufträge	0.679 €/Auftrag	0.056 €/Auftrag	0.735 €/Auftrag
Marketing	327.1 €	291.5 Aufträge	1.122 €/Auftrag	0.093 €/Auftrag	1.215 €/Auftrag
Fixkosten	314.6 €				
Zuschlagssatz	0.083 %				
Selbstkosten	14.133 €/Auftrag				

Tabelle 5: Prozesskosten Lieferheld

Quelle: Delivery Hero, 2017

7.3. *Parcify*

Keine ausreichenden Informationen verfügbar.

7.4. Uber

Q1 2018	Prozesskosten (Mio)	Prozessmenge (Mio)	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozess- kostensatz
Ausführung	8309 \$	1136 Aufträge	7.314 \$/Auftrag	0.620 \$/Auftrag	7.935 \$/Auftrag
Kosten des Umsatzes	1156 \$	1136 Aufträge	1.018 \$/Auftrag	0.086 \$/Auftrag	1.104 \$/Auftrag
Marketing	677 \$	1136 Aufträge	0.596 \$/Auftrag	0.051 \$/Auftrag	0.646 \$/Auftrag
R&D	340 \$	1136 Aufträge	0.299 \$/Auftrag	0.025 \$/Auftrag	0.325 \$/Auftrag
Fixkosten	889 \$				
Zuschlagssatz	0.085 %				
Selbstkosten	10.010 \$/Auftrag				

Tabelle 6: Prozesskosten Uber

Quelle: Uber, 2019

7.5. CCL

München Social Net	Prozesskosten (Mio)	Prozessmenge (Mio)	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozess- kostensatz
Ausführung	0.62 €	0.3 Aufträge	2.0667 €/Auftrag	0.51 €/Auftrag	2.577 €/Auftrag
Kosten des Umsatzes	0.27 €	0.3 Aufträge	0.9 €/Auftrag	0.222 €/Auftrag	1.122 €/Auftrag
Fixkosten	0.22 €				
Zuschlagssatz	0.2469 %				
Selbstkosten	3.6991 €/Auftrag				

Tabelle 7: Prozesskosten CCL – Szenario “München Social Net”

Min Cost Bots	Prozesskosten (Mio)	Prozessmenge (Mio)	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozess- kostensatz
Ausführung	3.7 €	3.5 Aufträge	1.0571 €/Auftrag	0.206 €/Auftrag	1.263 €/Auftrag
Kosten des Umsatzes	1.9 €	3.5 Aufträge	0.5429 €/Auftrag	0.106 €/Auftrag	0.649 €/Auftrag
Fixkosten	1.1 €				
Zuschlagssatz	0.195 %				
Selbstkosten	1.912 €/Auftrag				

Tabelle 8: Prozesskosten CCL – Szenario “Min Cost Bots”

Think Big - KEP & eCommerce	Prozesskosten (Mio)	Prozessmenge (Mio)	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozess- kostensatz
Ausführung	143 €	35 Aufträge	4.0857 €/Auftrag	0.182 €/Auftrag	4.268 €/Auftrag
Kosten des Umsatzes	4.5 €	35 Aufträge	0.1286 €/Auftrag	0.006 €/Auftrag	0.134 €/Auftrag
Fixkosten	6.6 €				
Zuschlagssatz	0.0445 %				
Selbstkosten	4.4018 €/Auftrag				

Tabelle 9: Prozesskosten CCL – Szenario “Think Big – KEP & eCommerce”

8. Referenzen

- Bichler, M. Market Design: A Linear Programming Approach to Auctions and Matching. Cambridge University Press, 2018.
- Coenenberg, A. G., Fischer, T. M., und Günther, T. Kostenrechnung und Kostenanalyse. 9th ed. Schäffer Poeschel, 2016.
- Delivery Hero (2017), Annual Report 2017
- Herrmann, E. und Kunze, O. "Facility Location Problems in City Crowd Logistics". In: Transportation Research Procedia 41 (2019), pp. 117–134.
- Klemperer, P. Auctions: Theory and Practice. Princeton University Press, 2004.
- Krishna, V. Auction Theory. 2nd ed. Academic Press, 2010.
- Manner - Romberg, H., Symanczyk, W. und Miller, J. Der KEP-Markt in Deutschland - Eine Kurzstudie im Auftrag des BdKEP (2013)
- Manner - Romberg, H., Müller-Steinfahrt, U. Miller, J., und Symanczyk, W. Marktuntersuchung und Entwicklungstrends von Kurier-, Express- und Paketdienstleistungen 2017, (2017).
- Nagl, A. Der Businessplan: Geschäftspläne professionell erstellen Mit Checklisten und Fallbeispielen. 9th ed. Springer Gabler, 2018.
- Porter, M. E. Wettbewerbsstrategie: Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten. 12th ed. Campus Verlag, 2013.
- Roofods (2016), Roofods Ltd, Annual Report and Financial Statement for the year ended 31 December 2016
- Roofods (2017), Roofods Ltd, Annual Report and Financial Statement for the year ended 31 December 2017
- Talluri, K. T. und van Ryzin, G. J. The Theory and Practice of Revenue Management. Springer, 2004.
- Uber (2019), Uber Technologies Inc, Uber Reports First Quarter 2019 Results, <https://investor.uber.com/news-events/news/press-release-details/2019/Uber-Q1-2019-Earnings/>, letzter Abruf: 8.1.2020
- UPS (2017), 2017 UPS Annual Report

Anhang A. Abbildungen

Späteste Zustellung: 18⁰⁰
 Früheste Abholung: 8⁰⁰
 Vorlaufzeit prof. Kurier: 1 h
 Zustellzeit: 20 min
 Puffer: 10 min

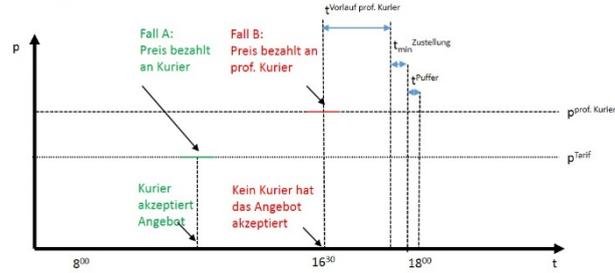


Abbildung 18: Preismechanismus - Tarif

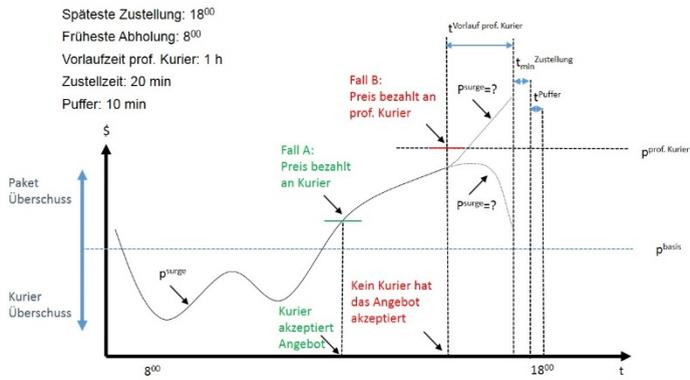


Abbildung 19: Preismechanismen - Surge Price

Späteste Zustellung: 18⁰⁰
 Früheste Abholung: 8⁰⁰
 Vorlaufzeit prof. Kurier: 1 h
 Zustellzeit: 20 min
 Puffer: 10 min

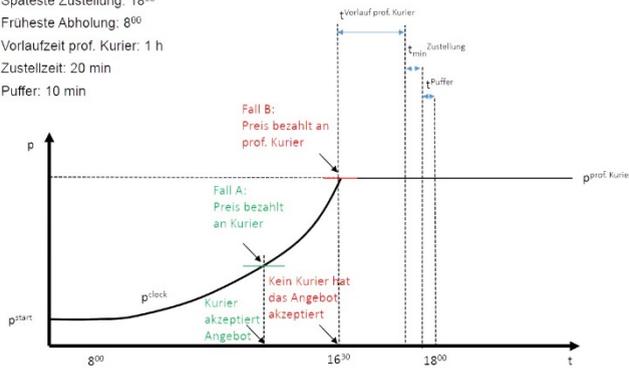


Abbildung 20: Preismechanismen - Holländische Auktion

Späteste Zustellung: 18⁰⁰
 Früheste Abholung: 8⁰⁰
 Vorlaufzeit prof. Kurier: 1 h
 Zustellzeit: 20 min
 Puffer: 10 min

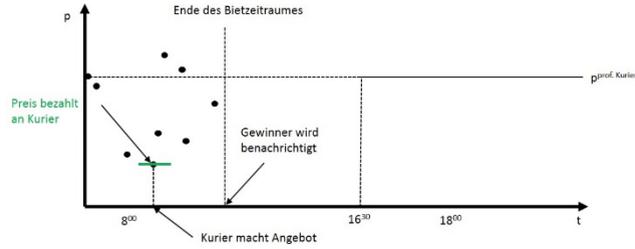


Abbildung 21: Preismechanismen - Erstpreisauktion mit verdeckten Geboten

Späteste Zustellung: 18⁰⁰
 Früheste Abholung: 8⁰⁰
 Vorlaufzeit prof. Kurier: 1 h
 Zustellzeit: 20 min
 Puffer: 10 min

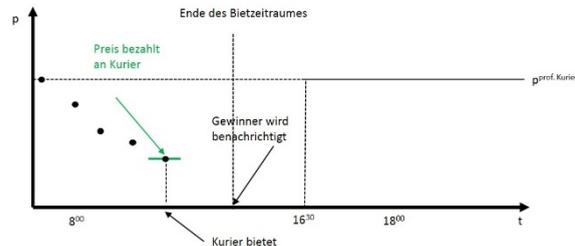


Abbildung 22: Preismechanismen - Englische Auktion

Späteste Zustellung: 18⁰⁰
 Früheste Abholung: 8⁰⁰
 Vorlaufzeit prof. Kurier: 1 h
 Zustellzeit: 20 min
 Puffer: 10 min

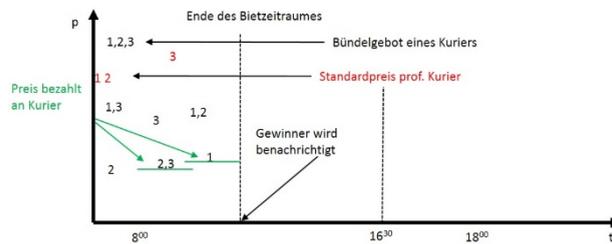


Abbildung 23: Preismechanismen - Kombinatorische Auktion

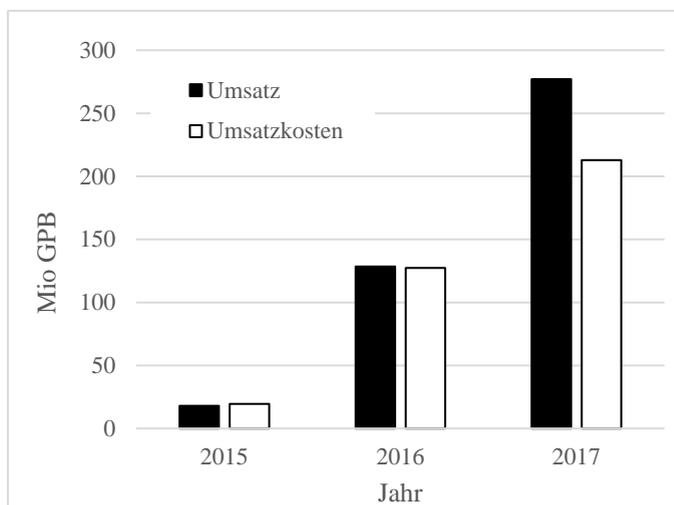


Abbildung 24: Deliveroo Umsatz & Umsatzkosten

Quelle: Roofods (2017), Roofods (2016)

Roofods Ltd Financial Statements
For the year ended 31 December 2017

Consolidated income statement and statement of comprehensive income

	Note	2017 £	2016 £
Revenue	4	277,142,073	128,564,142
Cost of sales		(212,833,806)	(127,476,267)
Gross profit		64,308,267	1,087,875
Other operating income	5	3,446,176	61,912
Administrative expenses		(244,459,802)	(142,195,507)
Other operating expenses	5	(1,287,672)	-
Operating loss	6	(177,993,031)	(141,045,720)
Finance costs	7	(8,084,161)	-
Finance income	7	1,421,842	11,968,734
Loss before income tax		(184,655,350)	(129,076,986)
Income tax expense	8	1,128,261	-
Loss for the year		(183,527,089)	(129,076,986)

		2017 £	2016 £
			Restated ¹
Other comprehensive loss			
Loss for the year		(183,527,089)	(129,076,986)
<i>Items that may be reclassified subsequently to the statement of comprehensive income:</i>			
Currency translation differences		(1,142,254)	(5,765,953)
Deferred tax recognised in statement of comprehensive income	8,16	(187,513)	-
Other comprehensive loss for the year		(184,836,856)	(134,842,939)
Total comprehensive loss for the year		(184,836,856)	(134,842,939)

Abbildung 25: Roofods GuV

Quelle: Roofods Ltd (2017)

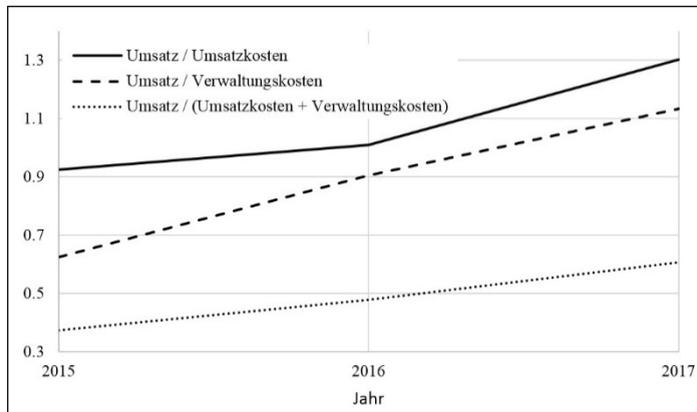


Abbildung 26: Umsatz- und Kostenentwicklung Deliveroo

Quelle: Roofods Ltd (2017), Roofods Ltd (2016)

Anhang B. Umfragebogen



Infoblatt

Umfrage zum Thema City Crowd Logistics

City Crowd Logistics:

- innovatives Konzept der Transportdienstleistung
- soll Straßengüterverkehr verringern
- Personen nehmen Pakete auf ihren Wegen mit, die sie ohnehin zurücklegen
- Pakete werden in Paketboxen (siehe DHL) abgelegt
- Routen dürfen selbst ausgesucht werden
- Paketgröße DHL XS 35 x 25 x 15 cm; max. 2kg
- App gesteuertes System zeigt passende Pakete an

Würden Sie sich ca. 5 Minuten Ihrer Zeit für die Umfrage nehmen?

Bei Rückfragen, die Forschungsfrage der Bachelorarbeit lautet:

„City Crowd Logistics – Welche Personengruppen wären unter welchen Bedingungen und zu welchen Preisen bereit, Transportdienstleistungen in CCL zu erbringen – eine empirische Erhebung“

- Bitte Strichliste führen, wie viele angesprochen wurden -



Abbildung 27: Deckblatt Umfrage



Der Fragebogen ist durch den Interviewer auszufüllen.
Geklammerte fette Texte sind relevante Informationen für den Teilnehmer.
Geklammerte kursive Texte sind Regieanweisung.

1. Welches Geschlecht haben Sie?

(ungefragt durch Interviewer auszufüllen)

- männlich
- weiblich

2. Welche Tätigkeit üben Sie aus?

- Schüler
- Studenten
- Auszubildende
- Hausfrau/ -mann
- Arbeitssuchend
- Selbständige
- Arbeitnehmer in geringfügiger Beschäftigung
- Arbeitnehmer
- Rentner
- Sonstiges: _____

3. Wann würden Sie ein Paket mitnehmen?

(Mehrfachnennung möglich)

- Werktag
- Samstag / Ferien
- Sonn- / Feiertag

4. Welches Verkehrsmittel nutzen Sie für welche Reisegründe an den ausgewählten Tagen? (max. 3 Antworten)

(Tabelle benutzen)

5. Bei welchem der genannten Reisegründe wären Sie am ehesten bereit ein Paket mitzunehmen?

(In Tabelle einkreisen)

6. Von wo, nach wo fahren Sie in dem bevorzugten Beispiel? (ÖPNV Haltestellen oder Straßennamen)

von: _____

nach: _____

7. Welche Bezahlung würden Sie mindestens für Ihren Zusatzaufwand erwarten? (Paketbox öffnen / schließen + Umweg)

- Zusatzaufwand 2 – 5 Minuten – Preis? _____
- Zusatzaufwand 5 – 10 Minuten – Preis? _____
- Zusatzaufwand 10 – 20 Minuten – Preis? _____
- Zusatzaufwand 20 – 40 Minuten – Preis? _____



Tag → Verkehrsmittel ↗ Strecke ↘	Werktag	Samstag / Ferien	Sonn-/ Feiertag
zur Schule			
zurück von der Schule			
zur Uni			
zurück von der Uni			
zur Arbeit			
zurück von der Arbeit			
zum einkaufen			
zurück vom einkaufen			
Termine (Arzt, Physio, etc.)			
Freizeit (Freunde, Kino, shoppen)			

Mögliche Verkehrsmittel: Zu Fuß; Fahrrad; ÖPNV; eigenes Auto; Mitfahrgelegenheit; Sonstige

Abbildung 29: Umfrage Rückseite (gehört zu Frage 4 und Frage 5)

Anhang C. Kostenparameter & Szenarien*C.1. Übersicht*

Parameter Betreiber	Wertebereich	Anmerkung
Vergleichspreise pro Paket	3,7 € 3,79 € 4,5 € 4,99 €– 9,99 € 9,99 €– 14,99 € 10,61 €	S (DPD - innerhalb DE) – 2 Tage XS (DHL - innerhalb DE) – 2 Tage M (DHL - innerhalb DE) – 2 Tage Amazon Premium – 1 Tage Amazon – Same-Day prof. Kurier – innerorts – Same Day
Last mile Kostenanteil	50%	Non courier
Anzahl Mini-Depots	-	Momentan exogen vorgegeben
Anzahl Tage pro Jahr	360	Tag mit Zustellung
Anschaffungspreis Mini-Depot	300 €- 500 €	pro Fach
Laufende Kosten pro Mini-Depot:		min: 10 Fächer, 300€/ Fach max: 50 Fächer, 500€/ Fach
Leasingkosten	50 €- 417 €/ m	
Software	Max. 100 €/ m	
Strom	48 €- 51 €/ m	
Reinigung	128 €- 230 €/ m	
Mietkosten Stellplatz	520 €/ m	
Gesamt	846 €- 1318 €/ m	
Mietkosten Lager	125000 €	20.000m ²
Anteil nichtzugestellter Aufträge	10%	
Kurierkosten pro Auftrag	1,061 / Auftrag	
Kosten Personal:		
Personal (Verwaltung)	36978.99 €/ a pro Kopf	TVöD-V E8 Stufe 2
Personal (Entwicklung)	52524.94 €/ a pro Kopf	TVöD-V E13 Stufe 2
Bei Verzicht auf ext. Kurier:		
Personal (Paketzusteller)	26905,25 €/ a	Post-TV 2017 E3 Stufe 1
Lastenrad	35,82 €/ m	Leasingkosten Christiania bike Typ Post
Lieferwagen	756,90 €- 840,07 €/ m	Leasingkosten Streetscooter Work Box / Work L Box
Körperschaftsteuer	15%	KStG § 23 Steuersatz
Solidaritätszuschlag	5,5%	(SolzG 1995) § 4 Zuschlagsatz
Parameter Bote/Crowd	Wertebereich	Anmerkung
Mindestlohn	8,84 €	
Durchschnittliche Auftragsdistanz	4,11 km	Auf Basis Bereitgestellter Daten
Entlohnung Bote je Auftrag	10,1 €	Fuß
(keine Bündelungseffekte)	2,95 €	Rad
	2,69 €	Auto
	2,53 €	ÖPNV
Durchschnittliche Auftragskosten	3,591 €	ÖPNV zzgl. prof. Kurierkosten pro Auftrag (10%)
Wege pro Tag	4986621	München
Modal Split	24%	IV (Fahrer)
	10%	IV (Mitfahrer)
	25%	ÖV
	18%	Fahrrad
	24%	Fußgänger

Zeitfenster (basiert auf DHL)	10:00	Früheste Anlieferung (in CCL Mini-Depot)
	2h	Fensterbreite
Parameter Kunde/Nachfrage	Wertebereich	Anmerkung
Tgl. KEP Aufkommen München	247222	
Tgl. Aufträge CCL	247222*Marktanteil	
Marktanteil CCL	80%	„Think Big - KEP & eCommerce“
	8%	„Min Cost Bots“
	0,8%	„München Social Net“
B2C Anteil	0.49	Daten von 2016
B2B Anteil	0.47	
B2X Anteil	0.04	
Kurier Anteil	0.092	Daten von 2012
Express Anteil	0.101	
Paket Anteil	0.806	
Same-Day Frist	13:00	Amazon Same-Day Frist
Zahlungsbereitschaft	<= beste Alternative	

Erläuterungen:

Vergleichspreis pro Paket: entnommen aus den Preistarifen für den Standardversand innerhalb Deutschlands von DPD/DHL (Stand 2019). Amazon Premium 1 Day entspricht Preis für „next Day“ und „Morning Express“, Amazon same Day entspricht Preis für Evening Express. Professionelle Kurier Kosten basieren auf dem Tarif von Transpedal (Basispreis zzgl. Entfernung), wobei die Entfernung als Durchschnitt der zurückgelegten Entfernungen durch Transpedal auf Basis bereitgestellter Daten kalkuliert wurde.

Last-Mile Kostenanteil: Schätzwert von Expertengremium

Anzahl Mini-Depots: Verwendet für Finanzplanung, ad-hoc Annahme

Anzahl Tage pro Jahr: Verwendet für Finanzplanung, ad-hoc Annahme

Anschaffungspreis Mini-Depot: Information von Praxisexperte

Leasingkosten: Berechnet als lineare Abschreibung über 5 Jahre

Software: Information von Praxisexperte

Reinigung: Intervalluntergrenze errechnet auf Basis des durchschnittlichen Stundenlohnes einer Reinigungskraft²⁰ bei 8 Stunden Einsatz pro Monat pro Box. Oberer Wert berechnet durch Beauftragung eines externen Dienstleisters²¹ für 8 Stunden Einsatz pro Monat pro Box.

Strom: Verbrauch einer Box geschätzt auf 200 kW/h pro Monat²², zu dem Tarif für Geschäftskunden der Münchener Stadtwerke²³.

Mietkosten Stellplatz: Quadratmeterpreis errechnet als Mittelwert über fünf Vergleichswerte für kleine Büroräume (10 – 20 m²) basierend auf einem Internetvergleichsportal²⁴. Boxenfläche angenommen auf 10 m².

Mietkosten Lager: Wie Mietkostenstellplatz (500 – 120000 m²); Lagerfläche angenommen auf 20000 m².

Anteil nichtzugestellter Aufträge: ad-hoc Annahme

Kurierkosten pro Auftrag: Berechnet als Anteil nichtzugestellter Aufträge multipliziert mit Preis für professionellen Kurier.

²⁰ <https://www.steuerklassen.com/gehalt/reinigungskraft/>

²¹ <https://www.alles-clean24.de/gebaeudereinigung/preise.php>

²² <https://politik-bei-uns.de/file/54a298271ae6a01b9583b3d0>

²³ <https://www.swm.de/geschaeftskunden/m-strom/gewerbekunden/m-strom-business-direkt.html>
<https://www.swm.de/geschaeftskunden/m-strom/gewerbekunden/m-strom-business-direkt.html>

²⁴ [immobilienscout24.de](https://www.immobilienscout24.de)

Kosten Personal: Grundlage ist der Tariflohn für den öffentlichen Dienst (Erfahrungsstufe 2). Für Verwaltungsangestellte wurde eine Berufsausbildung angenommen, für Entwickler ein abgeschlossenes Studium als Master.

Personal (Paketzusteller): Basierend auf dem entsprechenden Tarifvertrag.

Lastenrad: Berechnet als lineare Abschreibung über 5 Jahre basierend auf dem Anschaffungspreis eines Christiania Lastenrades "Christiania bike Typ Post"²⁵

Lieferwagen: Berechnet als lineare Abschreibung über 5 Jahre basierend auf dem Anschaffungspreis eines Streetscooter Work (untere Intervallgrenze) bzw. L (obere Intervallgrenze)²⁶.

Körperschaftsteuer: Nach Gesetz (KStG § 23 Steuersatz)

Solidaritätszuschlag: Nach Gesetz ((SolzG 1995) § 4 Zuschlagsatz)

Mindestlohn: Nach Gesetz (MiLoG § 1 Mindestlohn)

Durchschnittliche Auftragsdistanz: Errechnet als Mittel bereitgestellter Daten eines professionellen Kurierdienstes in München.

Für jeden Modus²⁷ wurde die Bezahlung berechnet als durchschnittliche Auftragsdistanz multipliziert mit dem Mindestlohn dividiert durch die mittlere Geschwindigkeit je Modus.

Durchschnittliche Auftragskosten: Bezahlung basierend auf der ÖPNV Entlohnung zzgl. Prof. Kurierkosten.

Wege pro Tag: Rückgerechnet basierend auf der Anzahl der Fahrgäste im Münchener ÖPNV 2017²⁸ und dem Modal Split.

Modal Split: Verteilung auf die Verkehrsmodi der Verkehrsteilnehmer der Stadt München für das Jahr 2017²⁹.

Zeitfenster: Früheste Anlieferung sowie Fensterbreite entspricht DHL Lieferzeitfenster³⁰

Tgl. KEP Aufkommen München: Ergibt sich aus dem jährlichen Sendungsvolumen für München³¹ dividiert durch die Anzahl der Tage im Jahr.

Marktanteil CCL: ad-hoc Annahmen, die so getroffen wurden, dass diese mit den Szenarios vereinbar sind.

B2C Anteil, B2B Anteil, B2X Anteil: Jeweilige Anteile an der Sender-Empfänger Beziehung für das Jahr 2016³² (B – Business, C – Customer).

Kurier Anteil, Express Anteil, Paket Anteil: Jeweilige Anteile am KEP Aufkommen³³.

Same-Day Frist: Spätester Zeitpunkt, zu dem ein Same-Day Lieferservice durch Amazon garantiert wird.

Zahlungsbereitschaft: Verhalten, das ausschließt, dass Kunden sich für eine teurere Lieferoption entscheiden, wenn eine günstigere Alternative besteht (bei gleichem Servicelevel).

C.2. Szenarienssteckbriefe

Die Steckbriefe wurden in Zusammenarbeit mit einem Expertengremium erarbeitet.

²⁵ <https://www.christianiabikes.de/modelle.html>

²⁶ <https://www.deutschepost.de/de/s/streetscooter/kaufen.html>

²⁷ Fußgänger: <https://d.wikipedia.org/wiki/Schrittgeschwindigkeit>; Radfahrer: <https://www.urbanist-magazin.de/2015/06/das-konzept-der-effektiven-geschwindigkeit/>; Autofahrer: mittlere Geschwindigkeit - <https://www.urbanist-magazin.de/2015/06/das-konzept-der-effektiven-geschwindigkeit/> & Kilometerpauschale: <https://www.steuertipps.de/lexikon/k/kilometerpauschale>; ÖPNV: errechnet als Mittel von 15 Google Maps samples in München.

²⁸ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/419681/umfrage/verkehrsverbund-muenchen-befoerderte-personen-im-offentlichen-personennahverkehr/>

²⁹ <https://www.muenchen.de/aktuell/2018-08/studie-so-bewegen-sich-die-muenchner-fort.html>

³⁰ <https://www.dhl.de/de/geschaeftskunden/paket/leistungen-und-services/zeitfenster/wunschzeit.html>

³¹ Biek Kompendium Teil 5: Zahlen - Daten - Fakten der KEP-Branche - Regionale Verteilung des KEP-Sendungsvolumens (2018)

³² Manner - Romberg, H., Müller-Steinfahrt, U. Miller, J., und Symanczyk, W (2017)

³³ Manner - Romberg, H., Symanczyk, W. und Miller, J. (2013)

C.2.1. Szenario 1: "München Social Net"

Steckbrief	
Crowd:	Rentner, Studenten, Hausfrauen/-Männer, Schüler, Idealisten
Umsatzziele:	Konservativ Subventionen von Staat/Stadt wegen Reduktion Lieferverkehr & Emissionen
Service:	Same-Day Delivery

C.2.2. Szenario 2: "Min Cost Bots"

Steckbrief	
Crowd:	Bodendrohnen, autonome Lieferwagen
Kosten:	Kostenführerschaft durch Automatisierung (Wenig Beschäftigte, automatische Plattform, Drohnen)
Service:	Same-Day Delivery
Preiseangebot:	Differenziert für 1 Tag, 4 Stunden, 1 Stunden

C.2.3. Szenario 3: "Think Big – KEP & eCommerce"

Steckbrief	
Ziel:	80% des KEP Sendungsaufkommens in München
Kosten:	Kosten für Depots/Boxen durch Werbung entsprechen null
Kostenbenchmark:	KEP exkl. Vorlaufkosten (entsprechen 50% des Listenpreises des Standard Versandes)
Service::	Same-Day Delivery

Anhang D. Beispiel Finanzplanung

Im Folgenden sind Auszüge aus dem Excel-Kalkulator. Dieser steht zum Download auf der Projektwebpage bereit (www.hs-neu-ulm.de/CCL).

Szenario auswählen	„München Social Net“			
	calculator argument	manual input	use manual input: 1 yes, 0 no v single all >	
Ergebnisplanung Parameter				0
Erlöse pro Auftrag	3.60 €	3.65 €	0	dbase input
Staatl. Zuschüsse pro Auftrag	0.10 €	0.00 €	0	dbase input
Kosten pro Auftrag (Crowd)	1.00 €	2.53 €	0	dbase input
Kosten prof. Kurier	10.61 €	10.61 €	0	dbase input
Anteil Aufträge zugestellt von prof. Kurier	0.1	0.1	0	dbase input
zgl. Zustellungen Startjahr	969	600	0	dbase input
Marktanteil CCL	0.008	0.00362	0	dbase input
Tage pro Jahr	312	360	0	dbase input
Jahreswachstum	0.01	0.5	0	dbase input
Anschaffungskosten pro Fach	300.00 €	300.00 €	0	dbase input
Fächer pro Mini-Depot	40	35	0	dbase input
Runderneuerung nach x Jahren	10	10	0	dbase input
Monatsmiete pro Mini-Depot	520.00 €	520.00 €	0	dbase input
Sonstige Kosten pro Mini-Depot (1 ja, 0 s	1	1	0	dbase input
Beschäftigte	5	1	0	dbase input
Werbeerlöse entsprechen				
Abschreibungen Mini-Depots	0	0	0	dbase input
Werbeerlöse entsprechen				
Abschreibungen und Nebenkosten Mini-	0	0	0	dbase input
Anzahl Mini-Depots Vorinvest 2018	10	0	0	dbase input
Anzahl Lieferdronen Vorinvest 2018	0	0	0	dbase input
Anleihezinssatz	0.05	0.07	0	dbase input
Anzahl der Umbrüche pro Paket	0.5	0	0	dbase input
Bundlingfaktor (Anzahl Pakete pro Kurier)	1.5	1	0	dbase input

Investitionsplanung	Vorinvest 2018	2019	2020	2021
Bedarf Mini-Depots (aus Umsatzplanung)		25	25	25
Bedarf neuer Mini- Depots	10	15	0	0
Inv. Mini-Depots p.a.	120,000.00 €	180,000.00 €	0.00 €	0.00 €
Bedarf Dronen		0	0	0
Bedarf neuer Dronen	0	0	0	0
Inv. Lieferdronen p.a.	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Investitionen Gesamt	120,000.00 €	180,000.00 €	0.00 €	0.00 €

Ergebnisplanung	2019	2020	2021
Umsatzerlöse	1,088,380.80 €	1,095,174.00 €	1,106,132.40 €
Staatliche Zuschüsse	30,232.80 €	30,421.50 €	30,725.90 €
Bestandsveränderung FE	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Sonstige Erlöse	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Gesamtleistung	1,118,613.60 €	1,125,595.50 €	1,136,858.30 €
Materialeinsatz	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Rohertrag	1,118,613.60 €	1,125,595.50 €	1,136,858.30 €
Personalkosten	219,873.34 €	219,873.34 €	219,873.34 €
Personalkosten (Crowd inkl. Kurier)	623,098.01 €	626,987.12 €	633,260.80 €
F&E Sachkosten	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Abschreibungen	30,000.00 €	30,000.00 €	30,000.00 €
Sonstige Kosten	237,424.18 €	237,424.18 €	237,424.18 €
Kosten gesamt	1,110,395.53 €	1,114,284.63 €	1,120,558.32 €
EBIT	8,218.07 €	11,310.87 €	16,299.98 €

Gewinn- und Verlustrechnung	2019	2020	2021
Umsatzerlöse	1,088,380.80 €	1,095,174.00 €	1,106,132.40 €
Bestandsveränderung	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Andere betriebliche Erträge	30,232.80 €	30,421.50 €	30,725.90 €
Materialaufwand	0.00 €	0.00 €	0.00 €
= Rohergebnis	1,118,613.60 €	1,125,595.50 €	1,136,858.30 €
Personalaufwand	842,971.35 €	846,860.45 €	853,134.14 €
Abschreibungen	30,000.00 €	30,000.00 €	30,000.00 €
sonstige betriebliche Aufwendungen	237,424.18 €	237,424.18 €	237,424.18 €
= Betriebsergebnis	8,218.07 €	11,310.87 €	16,299.98 €
Erträge aus Beteiligungen	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Erträge aus Wertpapieren	0.00 €	0.00 €	0.00 €
sonstige Zinsen u.Ä. Erträge	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Abschreibungen auf Finanzanlagen	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Zinsen u.Ä. Aufwendungen	9,000.00 €	7,539.10 €	6,039.10 €
= Finanzergebnis	-9,000.00 €	-7,539.10 €	-6,039.10 €
= Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftst:	-781.93 €	3,771.77 €	10,260.89 €
Steuern von Einkommen und Ertrag	0.00 €	596.00 €	1,623.00 €
Ergebnis nach Steuern	-781.93 €	3,175.77 €	8,637.89 €
sonstige Steuern	0.00 €	0.00 €	0.00 €
Jahresüberschuss / Jahresfehlbetrag	-781.93 €	3,175.77 €	8,637.89 €

Planbilanz	Vorinvest 2018	2019	2020	2021
Aktiva				
<i>Anlagevermögen</i>				
• Immaterielle Vermögensgegenstände		0.00	0.00	0.00
• Sachanlagen	300,000.00	270,000.00	240,000.00	210,000.00
<i>Umlaufvermögen</i>				
• Vorräte		0.00	0.00	0.00
• Forderungen		0.00	0.00	0.00
• Flüssige Mittel		0.00	0.00	0.00
Gesamtvermögen	300,000.00	270,000.00	240,000.00	210,000.00
Passiva				
<i>Eigenkapital</i>				
• Gezeichnetes Kapital	120,000.00	119,218.07	119,218.07	119,218.07
• Bilanzgewinn		0.00	0.00	0.00
<i>Rückstellungen</i>				
		0.00	0.00	0.00
<i>Verbindlichkeiten</i>				
• Bankkredite	180,000.00	150,781.93	120,781.93	90,781.93
• Verbindlichkeiten		0.00	0.00	0.00
Gesamtkapital	300,000.00	270,000.00	240,000.00	210,000.00

Prozesskosten 2019	Prozesskosten	Prozessmenge	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozesskostensatz
Ausführung	623,098.01 €	302328	2.06 €	0.51 €	2.57 €
Kosten des Umsatzes	267,424.18 €	302328	0.88 €	0.22 €	1.10 €
Fixkosten	219,873.34 €				
Zuschlagssatz	24.69%				
Selbstkosten	3.67				

Prozesskosten 2020	Prozesskosten	Prozessmenge	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozesskostensatz
Ausführung	626,987.12 €	304215	2.06 €	0.51 €	2.57 €
Kosten des Umsatzes	267,424.18 €	304215	0.88 €	0.22 €	1.10 €
Fixkosten	219,873.34 €				
Zuschlagssatz	24.58%				
Selbstkosten	3.67				

Prozesskosten 2020	Prozesskosten	Prozessmenge	Prozesskostensatz	Umlagesatz	Gesamtprozesskostensatz
Ausführung	633,260.80 €	307259	2.06 €	0.51 €	2.57 €
Kosten des Umsatzes	267,424.18 €	307259	0.87 €	0.21 €	1.09 €
Fixkosten	219,873.34 €				
Zuschlagssatz	24.41%				
Selbstkosten	3.66				

Glossar

Auftragsmatching

Zurodnung eines (Teil-)Auftrages an einen Crowdkurier.

CCL

City Crowd Logistics.

Dial-A-Ride

Anrufsammeltaxi.

EBIT

Earnings Before Income and Tax.

GuV

Gewinn- und Verlustrechnung. ,

IV

Individualverkehr.

KEP

Kurier-, Express- und Paketdienste.

LRP

Location-Routing Problem.

Makrolokation

Bestimmung von Anzahl und Ort einer Übergabestation.

Markup

(Preis-) Aufschlag.

Mikrolokation

Bestimmung der genauen Position für einen gegebenen Ort.

NYOP

Name-Your-Own-Price.

ÖV

Öffentlicher Verkehr.

Platooning

Mindestens 2 Lastkraftfahrzeuge fahren hintereinander, wobei nur das vorderste Fahrzeug von einem Fahrer gesteuert wird, der Geschwindigkeit und Richtung vorgibt.

Public Relations

Öffentlichkeitsarbeit.

Reservationslohn

Niedrigster Lohn den ein Agent indifferent zwischen dem Anbieten und Nichtanbieten seiner Arbeitskraft ist.

RM

Revenue Management.

ROI

Return of Investment.

Sales Promotion

Verkaufsförderung.

Surge Pricing

surge = Anstieg, Welle. Preissetzungsverfahren, bei dem das Preissetzende Unternehmen aktuelles Angebot und Nachfrage berücksichtigt..

SWOT

Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats (Stärken, Schwächen, Chancen, Bedrohungen).

USP

Unique Selling Proposition (Alleinstellungsmerkmal).

Valuation

Reservationslohn.

Vorwärtsintegration

Übernahme einer oder mehrerer nachfolgender Fertigungsstufe(n).

VRP

Vehicle Routing Problem (Tourenplanung).

Teil 3 - Nachfrage- & Parameterszenarien

Emanuel Herrmann*

**HNU Neu-Ulm University of Applied Sciences, Wileystraße 1, 89231, Neu-Ulm, Germany*

© The Authors

Inhalt

1. Einleitung	55
2. Räumliche Nachfrage	55
2.1. Ursprungsort	55
2.2. Zielort	57
2.2.1. Wohngebiete	57
2.2.2. Arbeitsort	58
2.2.3. Paketbox	58
2.2.4. Wohnort-, Arbeits-, Paketboxnachfrage	59
3. Postlauf & Zeitfenster	59
3.1. Postlauf	60
4. Sendungsvolumina	63
4.1. Think Big – KEP & e-Commerce	63
4.2. Min Cost Bots	63
4.3. München Social Net	63
5. Szenariogeneration	64
Anhang A.	65
A.1. Szenario Datenblätter	65
A.2. Maximal Cover Problem	65

1. Einleitung

Für das AP5 wurden verschiedene Nachfrageszenarien generiert für innerstädtische Transportaufträge in München generiert. Dimensionen von besonderer Bedeutung sind hierbei der Start- und Zielort (räumliche Dimension), Postlauf und Lieferzeitfenster (zeitliche Dimension), sowie Sendungsvolumina. Es wird angenommen, dass sämtliche Aufträge an Konsumenten zugestellt werden. Des Weiteren kommen als Ursprungsorte ausschließlich Zustellbasen größerer Logistikdienstleister in Frage – dies ist nicht gleichbedeutend mit der Annahme, dass originäre Ursprünge außerhalb des Stadtgebietes liegen, da auch ein Auftrag innerhalb des Stadtgebietes über eine der betrachteten Zustellbasen transportiert werden kann. Daher ist die Annahme als die ausschließliche Betrachtung des Transportes auf der letzten Meile zu werten. Das Betrachtete Gebiet ist das gesamte Stadtgebiet der Stadt München (2017). Alle Sendungen entsprechen gängigen KEP Aufträgen, Briefe und sehr große oder schwere Aufträge sind explizit ausgeschlossen. Für die Erzeugung, Berechnung und Weiterverarbeitung geographischer Daten wurde QGIS 2.18.15 „Las Palmas“ verwendet. Als CRS wurde EPSG:5677 (DHDN / 3-degree Gauss-Kruger zone 3) gewählt. Des Weiteren ist in allen Folgenden Karten Norden „oben“, Süden „unten“, Westen „links“ sowie Osten „rechts“.

2. Räumliche Nachfrage

Die räumliche Nachfrage besteht aus einem Ursprungsort und einem Zielort für jeden Auftrag. Alle Ziele sind auf das Stadtgebiet Münchens begrenzt.

2.1. Ursprungsort

Für die Generierung von Ursprüngen wurden zunächst fünf größten KEP-Dienstleister anhand des Umsatzes ausgewählt (Abbildung 1). Für diese fünf Dienstleister, DHL, DPD, UPS, Hermes und GLS, wurden im nächsten Schritt die Adressen der Zulieferzentren im relevanten Gebiet ermittelt¹ und georeferenziert (Bei der

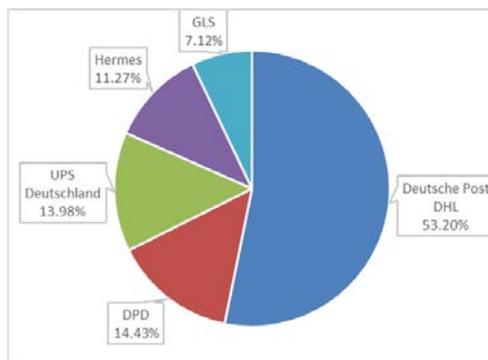


Abbildung 1: Umsatzanteile der größten KEP Unternehmen in Deutschland

(Quelle: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/387351/umfrage/umsatz-der-kep-unternehmen-in-deutschland/>)

Georeferenzierung werden Adressdaten mit Koordinaten versehen, um sie mit Hilfe eines Geo-Informationssystem verarbeiten zu können). Bei dem relevanten Gebiet handelt es sich um die Postleitzahlgebiete 80, 81 (Landeshauptstadt München), 82 (südwestlich von München), 85 (nordöstlich von München). Da der Großteil der Zustellzentren außerhalb der Stadtgrenze Münchens liegt, wurde für jedes Depot außerhalb der Stadtgrenze ein Knoten innerhalb Münchens zugewiesen. Um eine möglichst gute Überdeckung des Stadtgebietes zu erreichen, wurde ein Maximal Cover Problem gerechnet. (Dabei handelt es sich um ein klassisches Operations Research Problem, bei dem optimale Standorte gefunden werden sollen. Unter Berücksichtigung von Nachfrageknoten und einer vorgegebenen Reichweite sowie Anzahl von Angebotsknoten, sollen diejenigen Orte für Angebotsknoten gefunden werden, sodass die maximale Anzahl an Kundenorten „überdeckt“ ist. Dabei kommt als potenzieller Angebotsknoten jeder Kundenknoten in Frage.

¹ <https://www.paketda.de/paketdepot-alle.html>

Siehe Anhang A. für eine mathematische Beschreibung.) Depotstandorte kamen alle S-Bahn, U-Bahn und Straßenbahn Haltestellen in Frage. Als Nachfrageknoten wurden die Knoten mit der Bevölkerungsdichte (vgl. Kapitel 2.2) gewählt. Die resultierenden Knoten wurden den naheliegenden originärem Knoten zugewiesen (Abbildung 2). Jeder Depotknoten hat eine bestimmte Wahrscheinlichkeit der Ursprung eines Transportauftrages zu sein. Dabei

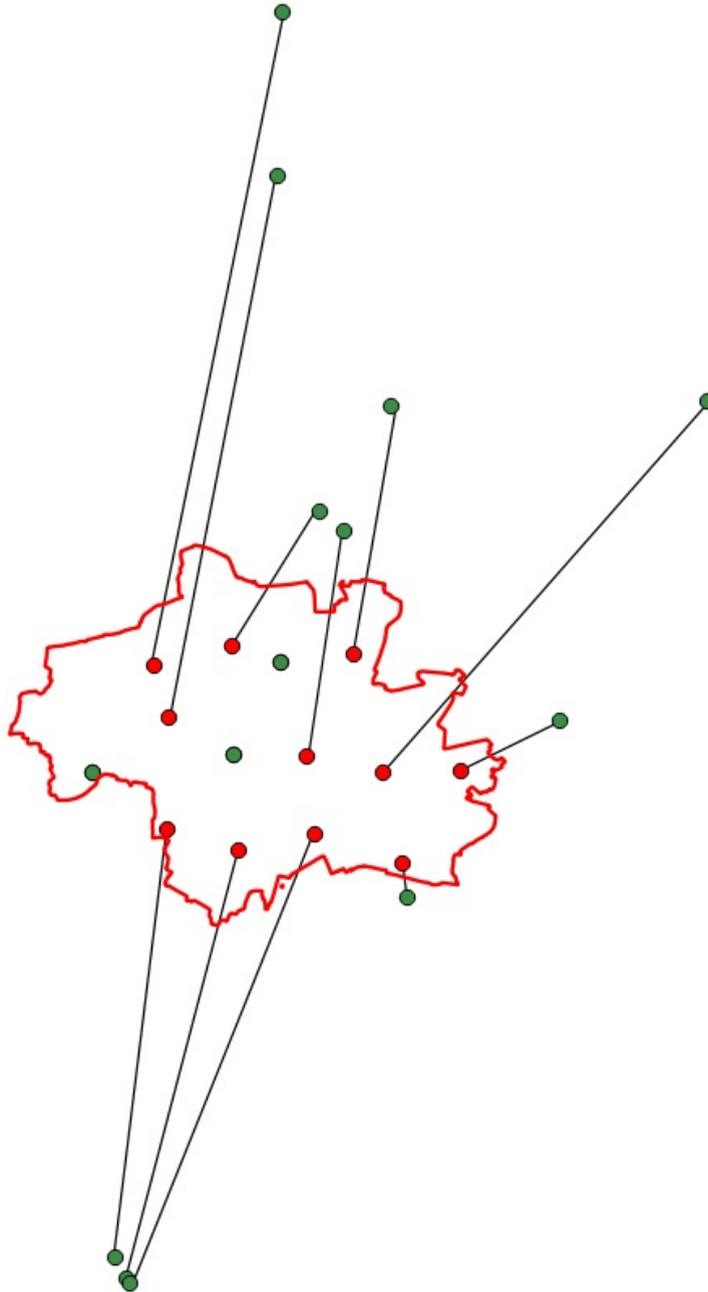


Abbildung 2: Zuweisung der Zustellstandorte von KEP-Dienstleistern zu Hilfsstandorten innerhalb der Stadtgrenze

entspricht die Wahrscheinlichkeit dem Anteil des Dienstleisters am Gesamtumsatz. Hat ein Dienstleister mehr als eine Zustellbasis, so kann jede Basis mit gleicher Wahrscheinlichkeit als Ursprungsknoten bei der Auftragsgenerierung gewählt werden.

2.2. Zielort

Zur Generierung von Nachfrageknoten wurde zunächst ein rechteckiges Punktgitter im Stadtgebiet erzeugt. Die einzelnen Punkte im Gitter haben einen Abstand von jeweils 150 Metern zueinander. Das rechteckige Gitter wurde reduziert auf das Stadtgebiet Münchens, das heißt jeder Punkt außerhalb des Stadtgebietes wurde entfernt. Für die Zuweisung von Wahrscheinlichkeiten wird das Gitter einmal mit einer Karte der Wohngebiete sowie einer Karte für Arbeitsorte geschnitten.

2.2.1. Wohngebiete

Die Karte für Wohngebiete basiert auf einer Flächennutzungskarte von Openstreetmaps mit dem zugehörigen Tag „residential“. Aus dem Punktegitter werden nun alle Punkte entfernt, die nicht in eine durch „residential“ ausgewiesene Fläche fallen. Für die Beschaffung sozioökonomischer Daten wurde das niedrigste verfügbare level der Disaggregation gewählt – die 109 Stadtbezirkszeile Münchens. Der Geodatenservice Münchens stellt eine Karte mit administrativen Grenzen bereit², die sozioökonomischen Daten sind im Indikatorenatlas³ Münchens verfügbar, der von der Landeshauptstadt München (Kommunalreferat – GeodatenService) online bereitgestellt wird. Für jeden Stadtbezirksteil wurde die *Einwohnerzahl*, *Arbeitslosenquote*, *Haushalte mit Kinderanteil*, sowie *Anteil der Personen über 65 Jahre heruntergeladen*. *Anteil der Personen über 65 Jahre* werden als im Folgenden als Rentner angenommen.

Um die Einwohnerzahl in jedem Knoten zu berechnen, wurde die Einwohnerzahl in jedem Stadtbezirksteil durch die Anzahl der (in diesem Stadtbezirksteil liegenden) Knoten dividiert und jedem dieser Knoten die resultierende Zahl zugewiesen. Die Berechnung des Kinderanteils in jedem Knoten gestaltet sich schwierig durch die Tatsache, dass lediglich die Variable *Haushalte mit Kinderanteil* im Indikatorenatlas verfügbar ist. Daher wurde der Kinderanteil pro Einwohner basierend auf gemittelten Haushaltsdaten errechnet. Für das gesamte Stadtgebiet wurde die durchschnittliche Haushaltsgröße sowie die Verteilung der unter 18-jährigen der Münchener Haushaltsprognose 2014 (Hanke, 2015) als Errechnungsfaktoren gewählt. Der daraus resultierende Kinderanteil, sowie die verbleibenden sozioökonomischen Faktoren wurden in das Punktgitter entsprechend der Lage der Punkte bezüglich der Stadtbezirksteile übernommen. Hieraus wurden drei Tagesabschnittsbasierte Verteilungen für vormittags, nachmittags und abends generiert. Dabei sei für die einzelnen Personengruppen folgende Verfügbarkeit am Wohnort der angenommen:

Tabelle 1: Angenommene Verfügbarkeit einzelner Personengruppen

Indikator	Vormittag	Nachmittag	Abend
Arbeitslose	✓	✓	✓
Rentner	✓	✓	✓
Schüler	✗	✓	✓
Beschäftigte			
– Teilzeit	✗	✓	✓
– Vollzeit	✗	✗	✓

Die in Tabelle 1 Verfügbarkeiten sind zu interpretieren als mögliche Nachfrage. Hierbei gilt, dass eine Person nur dann eine Zustellung nachfragt, wenn Sie auch am Entsprechenden Knoten ist. Die Gruppe der Beschäftigten wurde ermittelt als die Anzahl der Einwohner abzüglich Arbeitsloser, Rentner und Kinder. Diese Differenz wurde untergliedert in Teilzeit- und Vollzeitbeschäftigte. Letzte wurde errechnet als Anteil der Teilzeitbeschäftigten an Sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Bayern (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2016). Durch Verwendung von Tabelle 1 und den errechneten Zahlen der einzelnen Gruppen konnte eine Verteilung für jeden Knoten, der in Wohnbezirke oder Arbeitsorte fällt, generiert werden.

² <https://www.opengov-muenchen.de/dataset/verwaltungseinheiten-der-landeshauptstadt-muenchen>

³ <https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtfinfos/Statistik/Indikatoren-und-Monatszahlen/Indikatorenatlas.html>

2.2.2. Arbeitsort

Für die Generierung der Nachfrage am Arbeitsort wird wieder auf das Punktgitter von Kapitel 2.2 zurückgegriffen. Die Arbeitsorte innerhalb Münchens sind jedoch, im Vergleich zu Residenzgebieten, wesentlich schwieriger zu

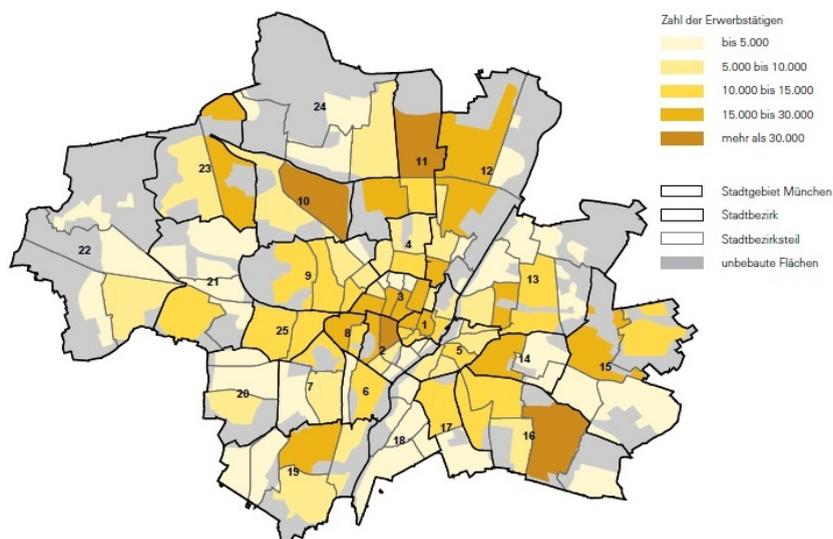


Abbildung 3: Zahl der Erwerbstätigen in den Stadtbezirksteilen der Landeshauptstadt München 2014

Quelle: Mayr, A. and Müller, H., 2017

ermitteln. Um diese Problem zu lösen wurde *Karte 2: Zahl der Erwerbstätigen in den Stadtbezirksteilen der Landeshauptstadt München 2014* der Erwerbstätigenprognose (Mayr, A. and Müller, H., 2017, S. 14) zu Hilfe genommen (vgl. Abbildung 3). Die Karte wurde georeferenziert und für die Gebiete mit Erwerbstätigen wurden folgende Werte gemäß Tabelle 2 festgelegt. Es wurden jeweils die Intervallmittelpunkte gewählt, lediglich für die letzte Zeile (keine Intervallobergrenze) wurde das vorangegangene Inkrement gewählt. Die einzelnen Gebiete wurden im Anschluss mit der Anzahl der Erwerbstätigen im Stadtgebiet (Mayr, A. and Müller, H., 2017) hochgerechnet und in das Punktgitter überführt, wobei Punkte, die in grau gefärbte Flächen fallen entfernt wurden. Die Berechnung der Anzahl der Erwerbstätigen pro Knoten erfolgte Analog der Berechnung der Einwohner in jedem Knoten in Kapitel 2.2.1, um so eine Verteilung der Sendungsnachfrage am Arbeitsort zu liefern.

Tabelle 2: Umrechnung der Erwerbstätigenzahlen bezogen auf Abbildung 3.

Alter Wert	Neuer Wert	Inkrement
< 5000	2500	2500
5000 - 10000	7500	5000
10000 - 15000	12500	5000
15000 - 30000	22500	10000
> 30000	32500	10000

2.2.3. Paketbox

Standorte von Paketboxen wurden auf Basis von entsprechend gekennzeichneten Objekten in Openstreetmaps ermittelt. Die Auswertung ergab insgesamt 145 Punkte.

2.2.4. Wohnort-, Arbeits-, Paketboxnachfrage

Die in den Kapiteln 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 generierten Punktgitter wurden im nächsten Schritt zu einer einheitlichen Karte zusammengefügt. Dabei wurden jedem Knotentyp, also Wohnort, Arbeitsort und Paketbox, Wahrscheinlichkeiten gemäß Abbildung 4 zugewiesen.

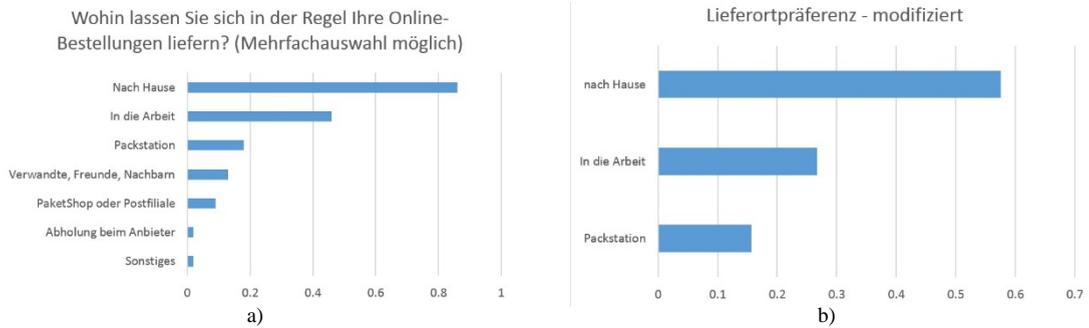


Abbildung 4: Lieferortpräferenz

Quellen:
a) Torunsky, et al., 2014
b) verändert nach Torunsky, et al., 2014

Abbildung 5 zeigt die Karten der resultierenden Verteilung der verschiedenen Knotentypen, sowie die räumliche Wahrscheinlichkeitsverteilung der Nachfrage an jedem Knoten.

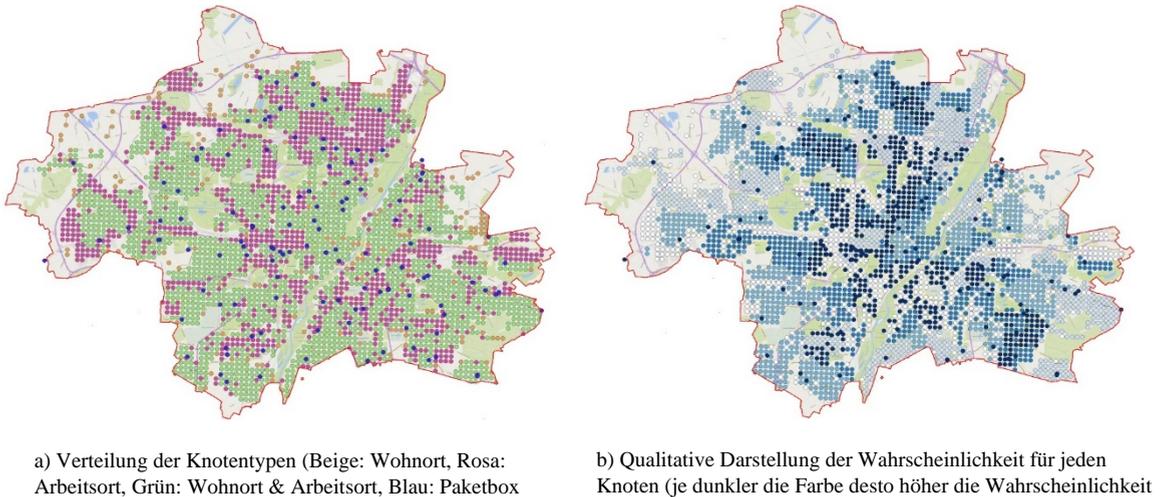


Abbildung 5: Lieferortpräferenz

Quellen:
a) Torunsky, et al., 2014
b) verändert nach Torunsky, et al., 2014

3. Postlauf & Zeitfenster

Ein weiterer Bestandteil der Nachfrage ist, neben der räumlichen Dimension, also „wo“, die zeitliche Dimension, also „wann“. Die zeitliche Dimension kann untergliedert werden in die Anforderung an einem bestimmten Tag zu liefern und der Anforderung zu einem bestimmten Zeitpunkt während eines Tages zu liefern. Der Tag der Zustellung wird durch den Postlauf abgebildet, das heißt Die Anzahl der Tag die nach Aufgabe der Sendung, dem Einwurftag, vergangen sind. Dementsprechend wird mit $E + x$ der Einwurftag zuzüglich x Tage bezeichnet. Das Zeitfenster ist der Lieferzeitraum in dem der Kunde das Paket empfangen kann. Abbildung 6 zeigt schematisch die Zeitfenster und den Liefertag die ein Lieferdienst beachten muss. Dabei sind insbesondere enge Zeitfenster die nahe am Einwurftag liegen kritisch, denn diese sind am schwierigsten einzuhalten.

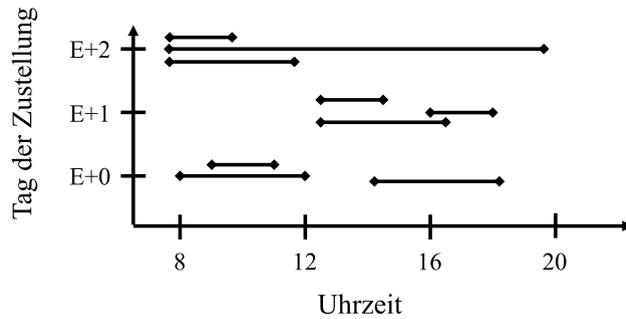


Abbildung 6: Schematische Darstellung Postlauf & Zeitfenster

3.1. Postlauf

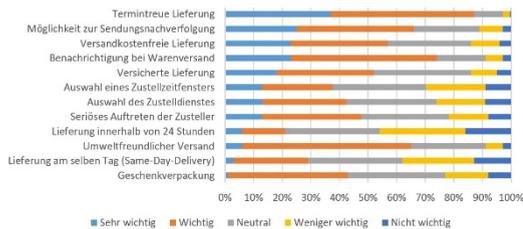
Zur Ermittlung des Postlaufes werden verschiedene Umfragen herangezogen, um sinnvolle Werte zu bestimmen. Im Folgenden werden die Begriffe *Same-Day Lieferung*, *Next-Day Lieferung* und *Standardlieferung* verwendet (vgl. Tabelle 3). In vielen der herangezogenen Umfragen wurde nach *Lieferung innerhalb 24 Stunden* gefragt. Da eine Lieferung innerhalb 24 Stunden am Tag der Bestellung sowie am Tag nach der Bestellung geliefert werden kann, wird Lieferung innerhalb 24 Stunden im Folgenden mit einer Next-Day Lieferung gleichgesetzt. Bei Umfragen mit den Antwortkriterien „sehr wichtig“, „wichtig“, „neutral“, „weniger wichtig“ und „nicht wichtig“ wurden lediglich die Angaben für „sehr wichtig“ und „wichtig“ als Summe berücksichtigt.

Tabelle 3: Postlauf

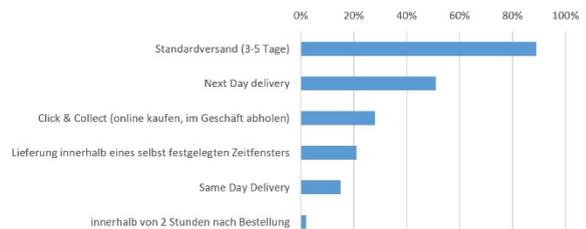
Postlauf	Terminologie
E + 0	Same-Day Lieferung
E + 1	Next-Day Lieferung
E + 2	Standardlieferung

3.1.1. Same-Day

Zur Ermittlung der Same-Day Nachfrage wurden die Umfragen gemäß Abbildung 7 (a) *Lieferung am selben Tag*, b) *Same Day Delivery*) herangezogen. Die entsprechenden Werte wurden gemittelt.



a) Wahl der Lieferoption bei Online-Einkauf 2017



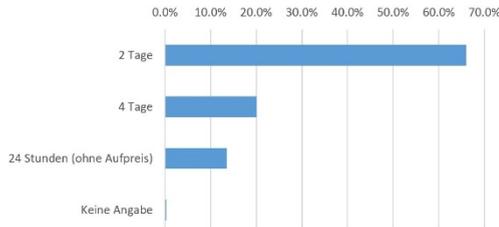
b) Bevorzugte Versandoption (Mehrfachauswahl) 2018

Abbildung 7: Umfrageergebnisse zu verschiedenen Lieferkriterien

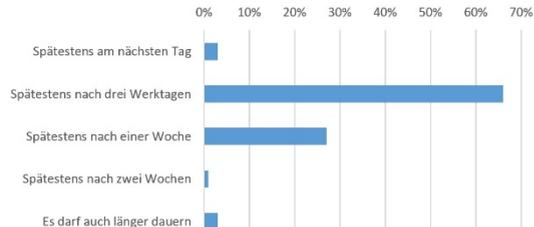
Quellen:
 a) Torunsky, et al., 2014
 b) KPMG, 2018

3.1.2. Next-Day

Für die Ermittlung der Next-Day Nachfrage wurden die Werte von Abbildung 7 (a) *Lieferung innerhalb 24 Stunden*, b) *Next Day Delivery*) sowie Abbildung 8 (a) *24 Stunden (ohne Aufpreis)*, b) *Spätestens am nächsten Tag*, c) *Lieferung am nächsten Tag*, d) *Lieferung innerhalb 24h*) gemittelt.



a) Kundenerwartung an Lieferzeit beim Online-Shopping 2014



b) Angenommen der Versand ist kostenlos: Wann erwarten Sie die Lieferung? 2017



c) Welche Lieferoption würden Sie typischerweise bei einem Online-Einkauf wählen? 2017



d) Gegenüberstellung Handelstrends und Konsumentenerwartung 2013

Abbildung 8: Umfrageergebnisse zu verschiedenen Lieferkriterien

- Quellen:
 a) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/12850/umfrage/kundenerwartungen-beim-online-shopping-an-die-lieferzeit/>
 b) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/708177/umfrage/erwarteter-lieferzeitpunkt-bei-kostenlosem-versand-in-deutschland/>
 c) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/720699/umfrage/bevorzugte-lieferoptionen-beim-online-einkauf-in-deutschland/>
 d) <https://www.handelsdaten.de/e-commerce-und-versandhandel/gegenueberstellung-der-trends-und-erwartungen-im-e-commerce-aus>

3.2. Zeitfenster

Für die Bestimmung der Anteile der Zeitfensternachfrage werden Wunschzeitfenster sowie der Wunsch nach einem konkreten Liefertermin herangezogen. Der Unterschied zwischen beiden Zeitfenstertypen besteht darin, das Wunschzeitfenster durch den Empfänger bestimmt werden, und der konkrete Liefertermin ein Zeitfenster ist, welches durch den Sender (bzw. den Logistikdienstleister) bestimmt wird. Es wurden zwei verschiedene Werte für Die



a) Bitte bewerten Sie die Wichtigkeit der folgenden Punkte in Bezug auf Bestellungen bei einem Online-Händler



b) Was sind Ihre Anforderungen an den Kauf bei Online-Versandhändlern?

Abbildung 9: Umfrageergebnisse zu verschiedenen Lieferkriterien

- Quellen:
 a) Torunsky, et al., 2014
 b) <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/218406/umfrage/anforderungen-von-kunden-an-den-online-versandhaendler/>

Zeitfensternachfrage berechnet, im Folgenden bezeichnet als Zeitfenster I und Zeitfenster II. Für Zeitfenster I wurde Abbildung 7 (a) *Auswahl eines Zustellzeitfensters* – „sehr wichtig“ und Abbildung 9 (a) *Auswahl eines Zustellzeitfensters* – „sehr wichtig“ gemittelt. Für Zeitfenster II wurden Abbildung 7 (a) *Auswahl eines Zustellzeitfensters* – „sehr wichtig“ + „wichtig“, b) *Eine flexible Lieferung* (z.B. zu meinem Wunschtermin), Abbildung 9 (a) *Auswahl eines Zustellzeitfensters* – „sehr wichtig“ + „wichtig“, b) *Lieferung innerhalb eines selbst festgelegten Zeitfensters*) gemittelt.

Zeitfenster fallen entweder auf den Vormittag, die Mittagszeit, oder den Abend. Zeitfenster am Vormittag und Mittag haben eine Länge von zwei Stunden, beginnen um 7:00 (bzw. 11:30) und enden um 9:00 (bzw. 13:30).

Zeitfenster am Abend haben eine Länge von vier Stunden, beginnen um 17 Uhr und enden um 21 Uhr. Kein Zeitfenster ist gleichbedeutend mit Beginn um 7 Uhr und Ende um 21 Uhr. Wenn in der Szenariogeneration für einen Kunden ein Zeitfenster ausgewählt wird, dann wird gemäß der in Kapitel 2.2 berechneten Wahrscheinlichkeitsverteilung ausgewählt, ob das Zeitfenster Vormittags, Mittags oder Abends offen ist.

Die sich ergebenden Werte der Kapitel 3.1.1, 3.1.2 und 3.2 sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 4: Auswertung für Same-Day-, Next-Day- & Zeitfensteranteile

Variable	Wert
Same-Day	22%
Next-Day	19.64%
Zeitfenster I	15%
Zeitfenster II	28%

3.3. Basisszenarien

Es sei angenommen, dass die bisher ermittelten Prozentsätze für Same-Day, Next-Day und Zeitfenster nur für die Nachfrage nach Paketen gelten. Des Weiteren sei angenommen, dass Express Dienste immer Next-Day sind, aber keine

Tabelle 5: Szenariensteckbrief

	Anteil	Same-Day	Next-Day	Zeitfenster
Szenario 1				
Paket	100%	0%	0%	0%
Express	0%	0%	0%	0%
Kurier	0%	0%	0%	0%
Szenario 2				
Paket	100%	0%	19.64%	0%
Express	0%	0%	0%	0%
Kurier	0%	0%	0%	0%
Szenario 3				
Paket	100%	22%	19.64%	0%
Express	0%	0%	0%	0%
Kurier	0%	0%	0%	0%
Szenario 4				
Paket	100%	22%	19.64%	15%
Express	0%	0%	0%	0%
Kurier	0%	0%	0%	0%
Szenario 5				
Paket	80.59%	22%	19.64%	28%
Express	10.14%	0%	100%	0%
Kurier	9.27%	100%	0%	100%

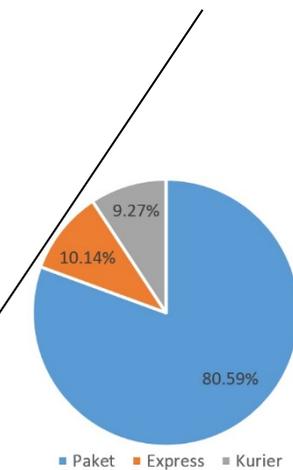


Abbildung 10: KEP-Verteilung 2012

Quelle: Der KEP-Markt in Deutschland (BdKEP, 2013)

Zeitfenster beinhalten, während Kuriere immer Same-Day sind sowie sich an Zeitfenster halten müssen. Mit diesen Annahmen ergibt sich Tabelle 5. Die erste Spalte der Tabelle, *Anteil*, bezieht sich auf die KEP Verteilung. Für die ersten vier Szenarien gibt es keine Nachfrage nach Express- oder Kurierdiensten. Im fünften Szenario werden Express- und Kurierdienste nachgefragt, entsprechend der Verteilung nach Abbildung 10. Die Spalten *Same-Day*, *Next-Day/24h* und *Zeitfenster* sind als bedingte Anteile zu interpretieren. So z.B. ist in Szenario 5 der Anteil der Zeitfensternachfrage für die Paketlieferungen 40.74%, für die Expresslieferung (annahmegemäß) 0%. Auf Basis der Werte von Tabelle 4 kann nun die Szenarioübersicht erstellt werden. Es ist zu beachten dass Same-Day Lieferungen naturgemäß disjunkt mit Next-Day Lieferungen sind, jedoch können beide Lieferarten auch Zeitfenster enthalten.

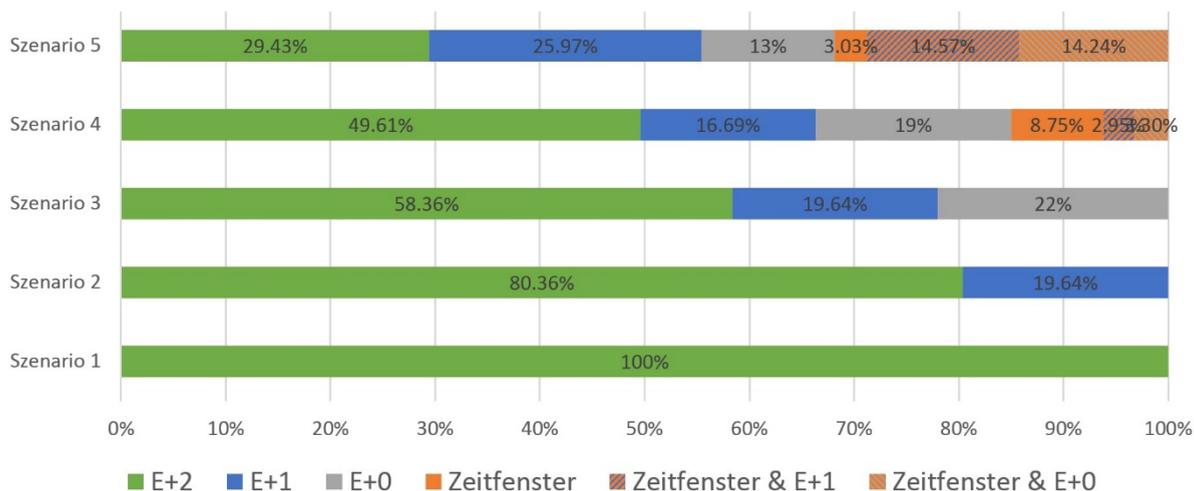


Abbildung 11: Szenarienübersicht - Postlauf & Zeitfenster

4. Sendungsvolumina

Die Anzahl der Sendungen in München beträgt etwa 89 Millionen Sendungen pro Jahr (KE-CONSULT Kurte & Esser GbR, 2018). Unter der Annahme, das ein Geschäftsjahr 360 Tage hat, sowie einem B2C Anteil von 49% (Manner-Romberg et al., 2018) ergibt sich daraus für das Münchener Stadtgebiet ein Volumen von etwa 121.000 KEP-Sendungen pro Tag. Auf Basis dieser Zahlen, sowie den drei, durch den Projektbegleitenden Ausschuss⁴ angeregten, Geschäftszielen ergeben sich die entsprechenden Grund-Szenarios.

4.1. Think Big – KEP & e-Commerce

Hier ist das Ziel den Münchener KEP-Markt durch Erreichung von 80% des Sendevolumens zu dominieren. Aus dem täglichen Sendeaufkommen ergeben sich daraus etwa 100.000 Sendungen pro Tag.

4.2. Min Cost Bots

Kosten sollen durch das substituieren von Crowd Kurieren durch autonome Bodendrohnen und Lieferwagen gesenkt werden. Die angestrebte Anzahl an Zustellungen sollte im mittleren Bereich bei etwa 10% liegen. Daraus ergeben sich etwa 10.000 Zustellungen täglich.

4.3. München Social Net

In diesem Szenario wird angestrebt Kostensenkungspotenziale zu erreichen, indem Transporte durch besonders günstige Crowd Kuriere durchgeführt werden sollen. Es kann sich dabei z.B. um Renter, Studenten, Hausfrauen/-Männer, Schüler aber auch idealistisch eingestellte Menschen handeln. Durch konservative Umsatzziele, sowie eine vermutlich kleine Zahl an Menschen mit Transportbereitschaft für ein geringes Entgelt wird eine Nische mit etwa 1% Anteil am KEP-Markt angestrebt. Daraus resultiert ein Volumen von etwa 1.000 Sendungen pro Tag.

⁴ Bei dem projektbegleitenden Ausschuss handelt es sich um ein halbjährig stattfindendes Treffen, bei dem die Forschungsstellen Zwischenergebnisse präsentieren und Unternehmensvertreter diese Ergebnisse diskutieren und Vorschläge einbringen können.

5. Szenariogeneration

Für jedes der fünf Basisszenarien wird für die drei Sendungsvolumina ein Szenario generiert. Dies ergibt insgesamt 15 Szenarien, die folgende Parameter enthalten:

- Ursprungskordinate in München (realskaliert: Längengrad, Breitengrad)
- Zielkordinate in München (realskaliert: Längengrad, Breitengrad)
- Kundentyp (nominalskaliert: Wohnort, Arbeitsort, Paketbox)
- Postlauf (ganzzahlig skaliert: $E + x$)
- Zeitfenster (realskaliert: Beginn, Ende)

Dabei wird jeder Parameter aus der ihm zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilung unabhängig von allen anderen Parametern gezogen. Abbildung 12 zeigt das generierte Szenario für das Basisszenario 5 mit einem Volumen von 1.000 Sendungen.

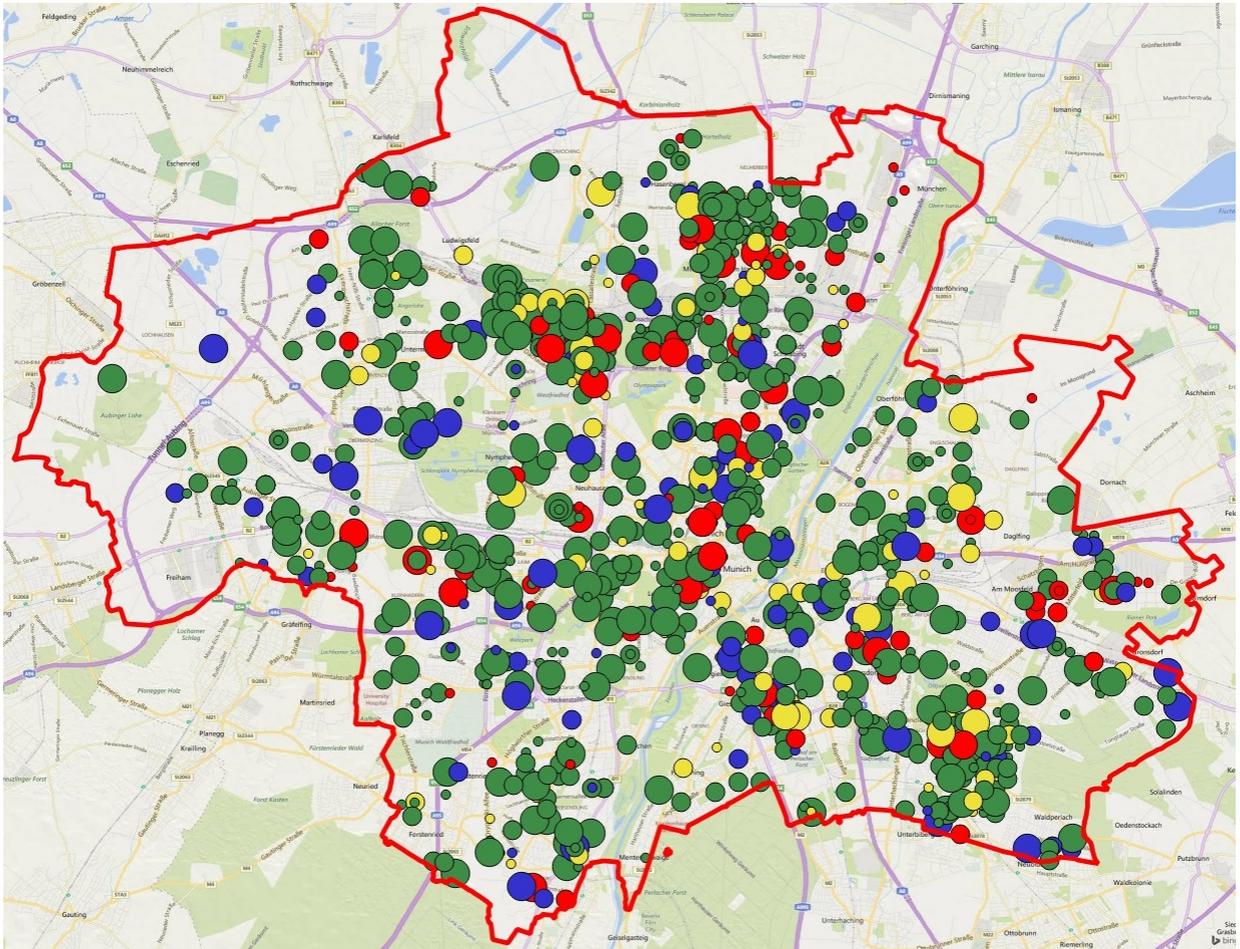


Abbildung 12: Szenario 5 – 1.000 Sendungsvolumen. Größe (Postlauf): Klein – E+2, Mittel – E+1, Groß – E+0. Farbe (Zeitfenster): Grün – keine, Blau – abends, Gelb – Mittags, Rot – Vormittag

Referenzen

- KPMG (2018). Online-Shopping. Analyse zu Trends und Potenzialen in E-Commerce. KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft.
- Bayerisches Landesamt für Statistik (2016). Bayern in Zahlen. Fachzeitschrift für Statistik, Ausgabe 04|2016. HRSG: Bayerisches Landesamt für Statistik.
- KE-CONSULT Kurte & Esser GbR (2018). Zahlen - Daten - Fakten der KEP-Branche. Regionale Verteilung des KEP-Sendungsvolumens. Bundesverband Paket und Expresslogistik.

- Manner-Romberg, H., Miller, J., Müller-Steinfahrt, U., and Symanczyk, W. (2017). Marktuntersuchung und Entwicklungstrends von Kurier-, Express- und Paketdienstleistungen 2017. Bundesnetzagentur.
- Mayr, A. and Müller, H. (2017). Erwerbstätige in München. Erwerbstätigenprognose von 2014 bis 2030 in den Stadtbezirken und Stadtbezirksteilen. Landeshauptstadt München.
- Hanke, J. (2015). Prognose der Münchner Privathaushalte. HRSG: Landeshauptstadt München.
- Torunsky, R., Wittmann, G., Stahl, E., Horn, N., and Bolz, T. (2014). Erfolgsfaktor Versandabwicklung. Die Bedeutung der Versandabwicklung im Online-Handel. ibi research.

Glossar

CRS

Coordiante Reference System.

EPSG

European Petroleum Survey Group.

KEP

Kurier, Paket, Express.

Next-Day Lieferung

Zustellung am Folgetag der Sendungsaufgabe.

Same-Day Lieferung

Zustellung am Tag der Sendungsaufgabe.

Standardlieferung

Zustellung zwei Tage nach Sendungsaufgabe.

Anhang A.

A.1. Szenario Datenblätter

Die Datenblätter für die einzelnen Szenarios stehen zum Download auf der Projektwebpage (www.hs-neu-ulm.de/ccl) bereit.

A.2. Maximal Cover Problem

Variablen:

I Nachfrageknoten

J Depots

K Offene Depots, die offen bleiben (es gilt $K \subseteq J$)

S Kritische Distanz ab welcher ein Nachfrageknoten als „uncovered“ gilt

d_{ij} Kürzeste Distanz zwischen i und j

x_j $\begin{cases} 1 & \text{falls Depot an Knoten } j \text{ zugewiesen wird} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$

N_t $\{j \in J \mid d_{ij} \leq S\}$

a_i Nachfrage an Knoten i

P Anzahl an Depots, die insgesamt geöffnet sein sollen (es gilt $K \leq P$)

Maximierungsproblem:

$$\max_{x,y} \sum_{i \in I} d_i y_i$$

$$\begin{aligned} & \text{u.d.N.} \\ & \sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \quad \forall i \in I \end{aligned}$$

$$\sum_{j \in J} x_j = P$$

$$x_j = 1 \quad \forall j \in K$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I$$

Teil 4 - Algorithmen & Regelwerke

Santiago Nieto-Isaza^{*}, Pirmin Fontaine[†], Stefan Minner^{*}

^{}Technical University of Munich, Arcisstraße 21, 80333 Munich, Germany*

[†]Catholic University of Eichstätt-Ingolstadt, Ingolstadt School of Management, Auf der Schanz 49, 85049 Ingolstadt, Germany

© The Authors

City Crowd Logistics (CCL) ist eine neue Strategie für die Letzte-Meile-Zustellung, wenn es darum geht, Kunden in Städten nachhaltig zu versorgen (Nieto-Isaza et al., 2020). In diesem Dokument werden die Ergebnisse des CCL-Projektes gemäß der Arbeitspakete 4 und 6 (AP4 und AP6) vorgestellt.

Bisherige Crowd-Logistik Ansätze gehen davon aus, dass der letzte Meile-Transport jeweils von einem Individuum (Fahrer oder Kurier) erledigt wird. Wir wollen jedoch untersuchen, ob und wie die Zustellung von einem lokalen Hub zum Kunden kooperativ von mehreren Beteiligten durchgeführt werden kann (**Teiltransporte** in einer ggf. intermodalen Kette). So lassen sich die Kosten für Sondertransporte reduzieren, aber gleichzeitig steigt das Risiko für Störungen im Zustellprozess sowie die organisatorische Komplexität der Entkopplung der Agenten. Das logistische Design einer solchen Lösung mit Partiallieferungen hängt in diesem Fall sowohl von **Prozessen**, als auch von der **Netzwerktopologie** ab. Es ist daher zu untersuchen, wie sich die Dichte und Standorte der Übergabeknoten auf die Häufigkeit und den Umfang der Sondertransporte, die Bündelungseffekte und somit auf das jeweilige Geschäftsmodell auswirkt.

Die Realisierung des CCL-Projektes ist in Arbeitsschritte unterteilt und im folgenden Abschnitt stellen wir diese vor:

- **AP4 Algorithmen & Regelwerke:** Als Baustein einer CCL-Lösung sind Algorithmen und Regelwerke zu untersuchen. Dabei werden zunächst in der Literatur beschriebene Ansätze zur Planung von **Übergabestandorten** und zur Planung von **Transportketten** auf ihre Anwendbarkeit im CCL-Kontext hin systematisch gegenübergestellt. Ausgehend von dieser Basis sollen neue Algorithmen sowohl für die Standortplanung als auch Algorithmen und Regelwerke für die Transportkettenplanung (Auftragsmatching und –routing) entwickelt werden.
- **AP6 Demonstrator:** Die Ergebnisse der APs 1, 2, 3 und 4 sowie externe Daten zum ÖV- und IV- einer repräsentativen Stadt sollen in einem **Analyse-Demonstrator** zusammengefasst werden, um die Effizienz von Geschäftsmodellen in verschiedenen Kontexten (d.h. Nachfrageszenarien, verschiedene Übergabestrukturen, unterschiedliche algorithmische Regeln, unterschiedliche Mitnahmebereitschaften in unterschiedlichen Geschäftsmodellen) vorwettbewerblich bewerten zu können. Die Implementierung des Analyse-Demonstrators soll auf Basis der Simulationssoftware Anylogic erfolgen. Auf Basis der Ergebnisse der APs 1, 4 und 5 soll außerdem ein **Praxis-Demonstrator** in einem Workshop für Firmen-, Verbands-, Behörden- und Pressevertreter den prinzipiellen Umsetzbarkeitsnachweis (Proof-of-Concept-Workshop) erbringen. Hier werden einzelne physische Testsendungen nach dem CCL Konzept zugestellt.

Das erste Kapitel dieses Berichts fasst die Ergebnisse aus (Nieto-Isaza et al., 2020) zusammen. Diese Ergebnisse beziehen sich auf die Untersuchung eines multi-modalen Netzwerks mit mehreren Segmenten für ein City Crowd-Logistik System, das strategische und operative Planungsprobleme, die für AP4 notwendig sind, löst. Das zweite Kapitel beschreibt ein agenten-basiertes Simulationsmodell für ein CCL-System, das zur Visualisierung des Konzepts dient. Dazu kommen die technischen Details für eine Android-App, die für die praktische Anschauung gemäß den Anforderungen von AP6 erstellt (Demonstrator) wurde.

1. Netzwerkentwurf und Tourenzuteilung in einem City Crowd Logistik System

Ein Literaturüberblick zu City Crowd-Logistik-Konzepten findet sich in Savelsbergh und Van Woensel (2016) ebenso wie eine Leitlinie für Hyper Connected City Logistics (HCL). Diese beiden Ansätze haben das Ziel, die Herausforderungen von innerstädtischem (Fracht-) Transport zu meistern. Dies bedeutet, dass damit die Spannung zwischen den negativen Auswirkungen von Fracht-Transport und der gewünschten Verfügbarkeit von Waren in der Stadt aufgelöst werden soll (Nieto-Isaza et al., 2020). Darüber hinaus wird CCL im DHL Logistics Trend Radar (DHL, 2018) als eine der möglichen Anwendungen der “Shared-Economy“, die in den nächsten fünf Jahren eine mittlere

Auswirkung auf die Gesellschaft haben werden, genannt.

Buldeo Rai et al. (2017) definieren CCL als *“ein auf Information gründender Marktplatz, der Angebot und Nachfrage für Logistikangebote einer undefinierten und externen Gruppe, die freie Kapazitäten bezüglich Zeit und/oder Platz hat, freiwillig mitmacht und entsprechend vergütet wird, zuordnet”*. Unser Hauptaugenmerk in diesem Projekt liegt auf der Untersuchung eines CCL Modells, das nicht nur Punkt-zu-Punkt Lieferungen unterstützt. Das bedeutet, dass das System nicht nach genau einer verfügbaren Person in der Crowd suchen muss, die sich von einem Anfangsort nahe des Paket-Absendeortes zu einem Zielort bewegt. Diese Art von (Arbeits) Angebot- und (Paket) Nachfrage-Übereinstimmung ist wegen der Zeit-Ort-Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage schwieriger zu finden. Außerdem kann es häufig vorkommen, dass die (Paket) Nachfrage und das (Arbeits-) Angebot innerhalb der Stadt sehr unterschiedlich verteilt sind. Um dieses Problem zu lösen, betrachten wir eine flexiblere Konstellation, bei der ein Netzwerk von strategisch positionierten Mini-Depots, z.B. Packstationen, eine teilweise Übereinstimmung von Nachfrage und Lieferanten ermöglicht. Damit vermeiden wir die Forderung, übereinstimmende Absender-Adressat-Paare für Angebot und Nachfrage finden zu müssen. Diese Netzwerke strategisch positionierter Knotenpunkte für City-Logistik machen einen bedeutenden Teil der Infrastruktur von HCL aus. Um die Dienstleistung zu garantieren, werden neben der Crowd auch professionelle Kurier-Angebote berücksichtigt, um die Unsicherheit bezüglich der Verfügbarkeit von Transportmöglichkeiten ausgleichen zu können.

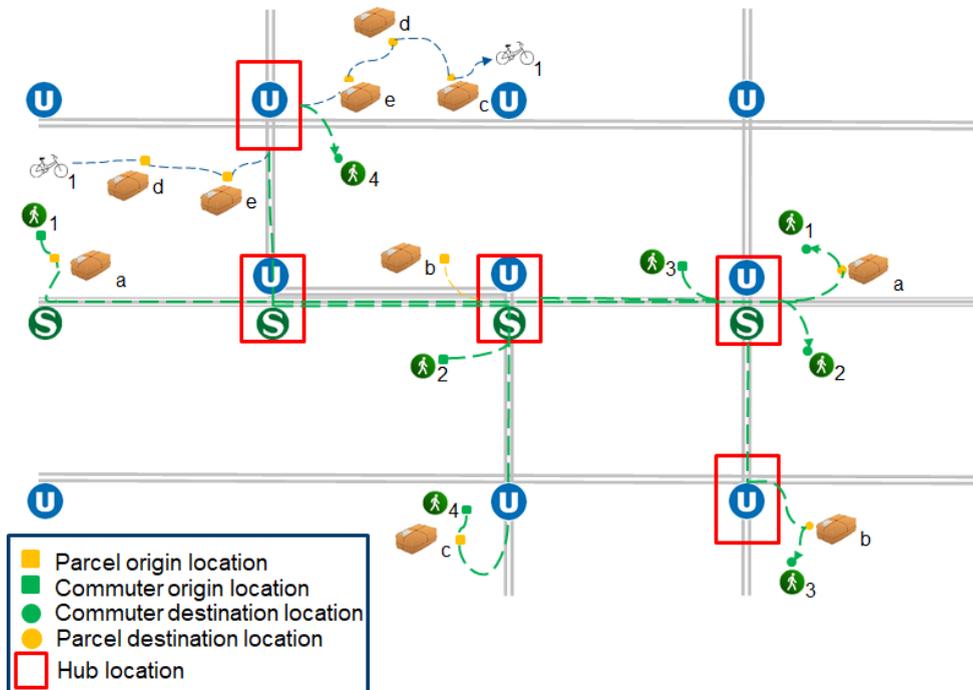


Abbildung 1. CCL

Abbildung 1 veranschaulicht das CCL-System wie oben beschrieben. Der wissenschaftliche Beitrag unserer Arbeit besteht darin, dass ein Netzwerk für Crowd-Sourced Letzte-Meile-Auslieferungen entwickelt wird, das den HCL-Gedanken aufgreift. Dabei untersuchen wir ein Transportnetzwerk, in welchem es Minidepots (Packstationen) für die Aufteilung von Routen gibt. Dadurch erreichen wir mehr Flexibilität für die Zuordnung von Angebot und Nachfrage.

Die Arbeit umfasst die folgenden Fragestellungen:

- Welches Potential hinsichtlich der Kosteneinsparung eröffnet ein solches Transportnetzwerk in einem Letzte-Meile-Auslieferungssystem, das auf Crowd-Sourcing basiert?

- Wie beeinflusst die Kapazität, die durch die Menge an verfügbaren Ressourcen und die Kostenstruktur generiert wird, die Leistung des CCL Transportnetzwerks?
- Welche Verbesserung bringt die in zwei Stufen durchgeführte stochastische Lösung bezüglich der gesamten Kosten, der Transportkosten und der durch die Crowd ausgelieferte Menge?

Im Anschluss geben wir einen Überblick über die Methodik und die experimentellen Ergebnisse, wie sie im Detail auch in Nieto-Isaza et al. (2020) dargestellt sind.

1.1. Methodik

Wir entwerfen das Netzwerk für ein City-Crowd-Logistik System, indem wir es als stochastisches Transportnetzwerk modellieren. Wir gehen von folgenden Annahmen aus:

- Annahme 1: Die Nutzung *der Crowd* ist billiger als die Nutzung professioneller Kurierdienste.
- Annahme 2: Die Verfügbarkeit *der Crowd* ist begrenzt und stochastisch, daher ist auch die Kapazität des Transportnetzwerks, das *die Lieferanten* nutzen, begrenzt und stochastisch.
- Annahme 3: *Professionelle Kurierdienste* sind bei Bedarf stets verfügbar, daher wird deren Kapazität als unbeschränkt angenommen.
- Annahme 4: Die Sendungen können an bestimmten Orten warten, wenn es dort eine *Packstation* gibt. Dies gilt nicht, wenn der genannte Ort der Absendeort der Ware ist.
- Annahme 5: Ein Wechsel zwischen Transportarten ist erlaubt, wenn es an einem Knotenpunkt eine *Packstation* gibt.
- Annahme 6: Die Nachfrage muss vollständig erfüllt werden und am Ziel-Knotenpunkt zur angegebenen Zeit ankommen.

Die folgende formale Problemdefinition übernehmen wir von Nieto-Isaza et al. (2020). Wir definieren eine Menge von Orten innerhalb der Stadt als eine Menge von Knotenpunkten N' . Diese Knotenpunkte können im Zentrum von Gebieten liegen, an denen Nachfrage oder ein Angebot an Lieferungen (Abfahrts- oder Zielort für Pakete oder lieferbereite Ressourcen) und auch mögliche Orte für Packstationen vorhanden sind. Mini-Depots können potenziell an jedem Knotenpunkt des Netzwerks entstehen. Diese Knotenpunkte können auch an Trambahn-, Bus- oder U-Bahn-Haltestellen liegen. A' ist die Menge aller möglichen Verbindungen zwischen den tatsächlichen Knotenpunkten. Wir definieren den Graphen $G' = (N', A')$, der das Netzwerk abbildet, in dem die Mini-Depots an jedem Knotenpunkt, der das CCL-System unterstützt, angelegt werden können. Wir benutzen ein Raum-Zeit-Netzwerk, um die zeitliche Abhängigkeit zu modellieren und definieren einen diskreten Planungshorizont $T = \{1, 2, \dots, T_{max}\}$ und den Raum-Zeit Graphen $G = (N, A)$, mit N als der Menge der physischen Knotenpunkte, wie sie in jedem Zeitintervall abgebildet werden. Die Menge A definiert die Menge möglicher Ort-Zeit-Verbindungen und besteht aus den zwei disjunkten Teilmengen H und A_s . Die Teilmenge A_s ist die Menge aller möglichen Verbindungen zwischen jedem beliebigen Knotenpunktpaar (i', j') die in einem bestimmten Zeitintervall stattfindet. Folglich bestimmt die Kante $(i, j) \in A_s$ eine Ort-Zeit-Verbindung für den (physischen) Knotenpunkt j' während des Zeitintervalls t_j ($t_i < t_j$). Wir nehmen an, dass Wegezeiten als eine (ganzzahlige) Anzahl von Intervallen berechnet werden können. Außerdem stehen die Kanten $(i, j) \in H$ für Verbindungen des selben Knotenpunktes in unterschiedlichen aufeinanderfolgenden Zeitintervallen. Diese Kanten dienen zur Abbildung der Tatsache, dass Pakete möglicherweise am gleichen Ort zu unterschiedlichen Zeitintervallen warten. Wir definieren ferner $N^+(i) = \{j \in N : (i, j) \in A\}$ und $N^-(i) = \{j \in N : (j, i) \in A\}$ als die Mengen der vorigen und folgenden Knotenpunkte.

Wir nehmen an, dass sich die Nachfrage nach Letzte-Meile-Zustellung in *Zonen* verdichtet. Diese Zonen sind innerstädtische Gebiete, die durch die Knotenpunkte N' dargestellt werden. Folglich müssen Pakete zwischen dem Ablieferungs- und dem Zielortknoten zu einem bestimmten Zeitpunkt bewegt werden. Wir definieren die Menge P als die Menge der nachgefragten Sendungen. Jede Sendung $p \in P$ steht für eine Menge an Paketen, die an einem Startknotenpunkt $i' \in N'$ zu einer Zeit $t_i \in T$ abgeholt und an einen Zielknotenpunkt $j' \in N'$ zu einer Zeit $t_j \in T$ abgeliefert werden müssen. Wir nennen $o_p \in N$ und $d_p \in N$ den Ausgangs- und Endpunkt der Sendung $p \in P$ im Ort-Zeit Netzwerk. w_p sei die Größe der Sendung $p \in P$ (Zahl der Pakete) und diese Größe wird in unserem Modell als deterministisch angenommen.

Transportkosten werden als abhängig von Kante (i', j') , von der Lieferzeit t_i und vom Transportmittel, d.h., *professioneller Kurierdienst* oder *Crowd* angenommen. Wir definieren einzelne (je Paket) Transportkosten (bezahlt durch den Marktplatz) für professionelle Kurierdienste c_{ij} für jede Kante $(i, j) \in A$. Wir nehmen an, dass die Vergütung, die an die Crowd bezahlt wird, niedriger ist, als der Preis für den professionellen Kurier. Folglich definieren wir die Kosten für eine einzelne Lieferung als $\zeta < 1$.

Durch ihre Verfügbarkeit stellt die Crowd eine Kapazität für die Auslieferung von Waren dar. Wir modellieren diese als Kapazität der Kanten $(i, j) \in A_s$. Diese Kapazität ist eine Zufallsvariable U_{ij} . Die Installation der Infrastruktur für

das Netzwerk, also die *Mini-Depots*, sind ein weiterer Kostenfaktor. Wir definieren ϕ_i als die Fixkosten für die Installation eines Mini-Depots am Ort $i' \in N'$. Diese Fixkosten können Mietkosten, Kauf- oder Leasingkosten, Wartungskosten z.B. für Software und Internetanschluss enthalten.

Abbildung 2 zeigt das Ort-Zeit Netzwerk. Die Pfeile stehen für die Verbindungen zwischen den physischen Knotenpunkten 1 und 3 mit der Fahrtzeit von einer Einheit. Die Kapazität jeder Servicekante hängt von der tatsächlichen Größe der Zufallsvariablen U_{ij} ab. Abbildung 2 zeigt die tatsächliche Größe (beobachtete Kapazität) von U_{ij} für jede Kante, die die Knotenpunkte 1 und 3 während aller Intervalle verbindet. Das Netzwerkproblem zur Minimierung der Gesamtkosten besteht aus einer Entscheidung bezüglich der Zahl und der Standorte der Mini-Depots einerseits und aus dem Fluss der Waren entlang des Netzwerkes andererseits.

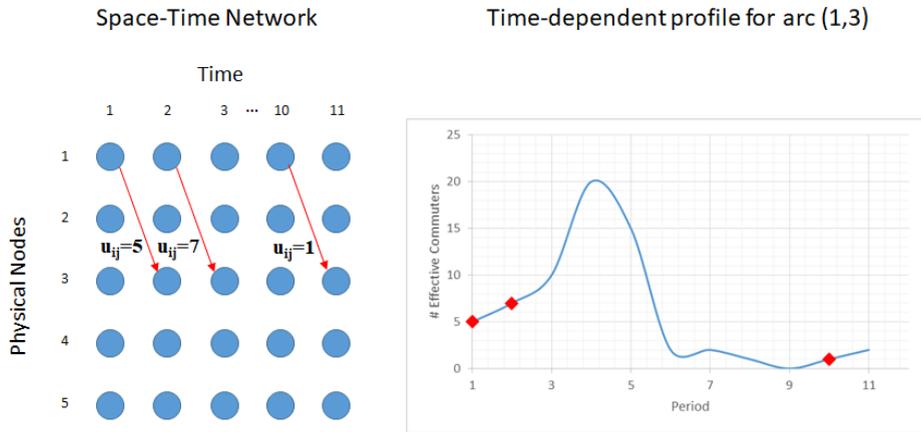


Abbildung 2. Ort-Zeit Diagramm. Quelle: Nieto-Isaza et al. (2020)

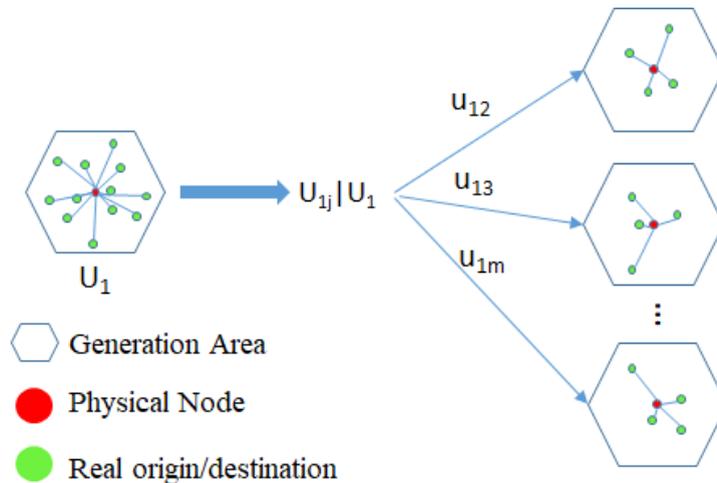


Abbildung 3. Schematische Darstellung der Wege im Netzwerk. Quelle: Nieto-Isaza et al. (2020)

1.1.1. Modellierung der Kapazität der Crowd

Die Kapazität, die dem CCL-System zur Verfügung gestellt wird, hängt von der *Bereitschaft der Crowd mitzuwirken* (Vorhandensein) ab. Diese Annahme steht in Zusammenhang mit der Entscheidung eines Lieferanten, ein Paket zu transportieren. Die Entscheidung mitzuwirken wird durch viele Faktoren beeinflusst, z.B. Verfügbarkeit, Tageszeit, Wetter und erwartete Bezahlung. Diese Faktoren können nicht perfekt kontrolliert oder vorhergesagt werden, folglich ist die Kapazität stochastisch. Die Kapazität im CCL-Netzwerk ist durch die Zahl der Pakete gegeben, die durch die

zur Verfügung stehenden Lieferanten auf den Kanten innerhalb eines Zeitraumes, d.h., einer Ort-Zeit Kante, transportiert werden. Wir modellieren den damit verbundenen stochastischen Prozess, Pakete zu transportieren, durch Verwendung eines Poisson-Gamma Prozesses, siehe Nieto-Isaza et al. (2020) zu Details. Abbildung 3 veranschaulicht den Prozess. Es gibt Gebiete (Zonen), in denen Fahrten der Lieferanten in der Stadt erzeugt werden. Eine Gruppe von fahrenden Lieferanten wird in einer Zone erzeugt und auf verschiedene Zonen gemäß einer Verteilungsmatrix verteilt. Jeder Knotenpunkt steht für ein Gebiet (und/oder ein mögliches Mini-Depot) im Netzwerk. Daher kann man den Ausgangsort und den Zielort der Lieferanten als Orte der entsprechenden Knotenpunkte ansehen.

1.1.2. Mathematische Formulierung

Wir modellieren das Netzwerkproblem für das CCL-System als ein zweistufiges stochastisches Programm, in dem die Kapazität der Kanten Zufallsvariablen sind, die gemäß des oben beschriebenen Prozesses definiert werden. Die erste Stufe umfasst die Entscheidung, in welchen der durch Menge N' definierten möglichen Orte die Mini-Depots/Packstationen angelegt werden. Diese Entscheidungen sind als binäre Variablen $\Omega_{i'}$ definiert. Sei ξ der Bereich, in dem alle Zufallsvariablen im Transportnetzwerk liegen, d.h., ξ enthält alle $U_{ij} : (i, j) \in A_s$. Sei S die Menge der möglichen Realisierungen von ξ . Die zweite Stufe des Problems betrifft die Entscheidung, wo die Warenlieferungen im Transportnetzwerk durch Nutzung der Crowd und professionellen Kurierdiensten zugeordnet werden, damit sie die Nachfrage des CCL-Systems befriedigen können.

Diese Entscheidungen werden als Folgeentscheidungen behandelt, die von einer spezifischen Ausprägung ξ^s von ξ abhängen. Die Wahrscheinlichkeit für deren Auftreten ist π_s . Wir modellieren diese zweite Stufe als ein multi-modales Mehrprodukt-Problem und benutzen die Ort-Zeit Darstellung des Netzwerks.

Die Variablen x_{ij}^{ps} und y_{ij}^{ps} stehen für den Anteil an der Nachfrage w_p für Sendungen $p \in P$, die unter Benutzung der Kante $(i, j) \in A$ im Ort-Zeit-Netzwerk für die Realisierung des Szenarios $s \in S$ unter Benutzung der lieferbereiten Menge und professioneller Kurierdienste transportiert wird. Der Parameter u_{ij}^s steht für die Realisierung der Zufallsvariablen U_{ij} , die Kapazität, die auf Kante $(i, j) \in A_s$ für Szenario $s \in S$ realisiert wird. Wir formulieren das zweistufige stochastische Programm wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \sum_{i' \in A'} \phi_{i'} \Omega_{i'} + E[G(\Omega, \xi)] & (1) \\ & \Omega_{i'} \in \{0,1\} \quad \forall i' \in N' & (2) \end{aligned}$$

Mit

$$E[G(\Omega, \xi)] = \sum_{(i,j) \in A} \sum_{p \in P} \sum_{s \in S} (\zeta c_{ij}) \cdot w^p \pi_s x_{ij}^{ps} + \sum_{(i,j) \in A} \sum_{p \in P} \sum_{s \in S} c_{ij} w^p \pi_s y_{ij}^{ps} \quad (3)$$

Die zweite Stufe ist bestimmt durch:

$$\text{Min } \{E[G(\Omega, \xi)]\}$$

unter den Nebenbedingungen

$$\sum_{j \in N^+(i)} (x_{ij}^{ps} + y_{ij}^{ps}) - \sum_{j \in N^-(i)} (x_{ji}^{ps} + y_{ji}^{ps}) = \begin{cases} 1 & \text{if } i = o_p \\ 0 & \text{if } i \neq o_p, d_p \\ -1 & \text{if } i = d_p \end{cases} \quad \forall s \in S, p \in P, i \in N \quad (4)$$

$$\sum_{p \in P} w^p x_{ij}^{ps} \leq u_{ij}^s \Omega_{j'} \quad \forall s \in S, (i, j) \in A_s \quad (5)$$

$$x_{ij}^{ps} \leq \Omega_{j'} \quad \forall s \in S, p \in P, (i, j) \in A_s \quad (6)$$

$$x_{ij}^{ps} \leq \Omega_{i'} \quad \forall s \in S, p \in P, (i, j) \in H: i \neq o_p \quad (7)$$

$$y_{ij}^{ps} \leq \Omega_{i'} \quad \forall s \in S, p \in P, (i, j) \in H: i \neq o_p \quad (8)$$

$$0 \leq x_{ij}^{ps} \leq 1 \quad \forall s \in S, p \in P, (i, j) \in A \quad (9)$$

$$0 \leq y_{ij}^{ps} \leq 1 \quad \forall s \in S, p \in P, (i, j) \in A \quad (10)$$

Die Zielfunktion (1) minimiert die erwarteten Gesamtkosten des Netzwerks. Diese Gesamtkosten setzen sich aus zwei Termen zusammen: Der erste Term steht für die Gesamtinstallationskosten für Mini-Depots, der zweite Term für die erwarteten Transportkosten des Problems auf der zweiten Stufe.

Gleichung (3) berechnet die gesamten erwarteten Transportkosten. Diese setzen sich zusammen aus der Summe aller Kosten für die Crowd und aller Kosten für die Inanspruchnahme von professionellen Kurierdiensten. (4) definiert die Flussgleichungen. Sie stellen sicher, dass alle Sendungen gemäß ihrer Nachfrage vom Abfahrts- zum Ankunftsort geliefert werden. Die Gleichungen in (5) repräsentieren die Kantenkapazitäten. Sie werden durch die Zufallsvariablen U_{ij} in jedem Szenario $s \in \mathcal{S}$, die wir mit u_{ij}^s bezeichnen, definiert. Nebenbedingungen (6) verbieten das Umladen von Transportlieferungen, wenn es an einem Ort kein Mini-Depot gibt. (7) und (8) verhindern, dass Waren an einem Knotenpunkt warten müssen (durch Benutzung einer Wartekante), wenn es an diesem Knotenpunkt kein Mini-Depot gibt. (2), (9) und (10) definieren die Entscheidungsvariablen.

1.1.3. Lösungsmethode

Der von uns entwickelte Lösungsalgorithmus basiert auf Benders Decomposition (Benders, 1962) und dem L-shaped Ansatz (Van Slyke & Wets, 1969). Wir implementieren den Algorithmus unter Anwendung des Ansatzes für stochastische Programme von Rahmaniani et al. (2017). Der Algorithmus ist eine Branch-and-Benders-Cut Methode. Aus den Realisationen der Zufallsvariablen für jedes definierte Szenario werden optimale Schnittebenen erzeugt. Wir implementieren mehrere Verbesserungen des Algorithmus, z.B. Vorverarbeitungsprozesse, die die Größe des Netzwerkes reduzieren, Partial Benders Decomposition, die das „Erwartungswert-Szenario“ auf die erste Stufe des Problems – auch genannt Relaxed Master Problem (RMP) - hebt, Pareto-optimale Schnittebenen und Warmstarts für die Berechnung dieser Schnittebenen. Abbildung 4 skizziert den Algorithmus.

Algorithm 1 Benders Decomposition

```

 $Low \leftarrow -\infty, Up \leftarrow \infty$ 
while  $Up > Low$  do
  solve  $RMP \rightarrow \bar{\Omega}, Low$ 
  update core point
  for  $s \in \mathcal{S}$  do
    solve  $DSP_s(\bar{\Omega}) \rightarrow z_s$ 
    generate Pareto-optimal cut
  end for
   $z_{up} \leftarrow \sum_{i'} \phi_{i'} \bar{\Omega} + z_{ev} + \sum_s z_s$ 
  if  $z_{up} < UP$  then
     $Up \leftarrow z_{up}$ 
  end if
end while

```

Abbildung 4. Lösungsmethode für das CCL System. Quelle: Nieto-Isaza et al. (2020)

1.2. Numerische Experimente

Wir führen Experimente durch, um Einsichten und Antworten zu den oben angeführten Forschungsfragen zu erhalten. Folgende Ziele sollen erreicht werden:

- (1) Evaluierung der Lösungsmethode.
- (2) Feststellung der möglichen Kostenersparnis eines multi-modalen Transportnetzwerkes für ein CCL-System.
- (3) Sensitivitätsanalyse bezüglich Schlüsselparametern im Transportsystem.
- (4) Berechnung des Wertes der stochastischen Lösung.

In Anlehnung an die Dimensionen des öffentlichen Nahverkehrs in München werden Experimente für verschiedene Netzwerkgrößen durchgeführt. Die Größe des Ort-Zeit-Netzwerkes wird durch die Zahl der möglichen Orte und die Zahl der Zeiteinheiten, die wiederum durch den Planungshorizont bestimmt wird, beeinflusst. Um den Algorithmus zu testen, variieren wir die Größe des Ort-Zeit-Netzwerkes mit 10, 20 und 30 physischen Knotenpunkten als mögliche Orte. Diese Knotenpunkte erstrecken sich vom Stadtzentrum bis zu den Außenbezirken in dem Maße, in dem die Netzwerkgröße wächst. Wir setzen den Planungshorizont bei 12 Stunden für jeden Arbeitstag fest, was 48 Intervallen mit je 15 Minuten entspricht. Die Zahl der Start-Endknotenpaare wird von 10 bis 40 variiert. Zwischen allen Paaren können beliebig viele Pakete versendet werden. Die verschiedenen Testreihen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1. Testreihen nach Größe

Typ	Knoten	Perioden	Start-Endknotenpaare
N10C10	10	48	10
N10C20	10	48	20
N10C30	10	48	30
N10C40	10	48	40
N20C10	20	48	10
N20C20	20	48	20
N20C30	20	48	30
N20C40	20	48	40
N30C10	30	48	10
N30C20	30	48	20
N30C30	30	48	30
N30C40	30	48	40

Die Kostenparameter basieren auf der durch jede Kante des Netzwerkes gefahrenen Zeit. Die Entfernungen wurden basierend auf den physischen Verbindungen berechnet, wie sie durch das Münchener S- und U-Bahnssystem vorgegeben sind. Der Einzeltransportkostenparameter c wird in (€/Km pro Paket) gemessen und auf 1.875 €/Km pro transportiertem Paket festgesetzt. Dieser Kostenparameter wird basierend auf typischen Kosten für den nächsten Tag Auslieferung in Deutschland (bei einem Durchschnittswert von 7,5 € pro gefahrenem Paket-Kilometer) und einer durchschnittlichen Entfernung von 4 km in der Stadt München berechnet. Der Einzeltransportkostenanteil für die Crowd ζ ist mit 0,5 (bei Einzelpreiserstattung von 0,94 € pro Paketkilometer) festgelegt. Die Installationskosten basieren auf durchschnittlichen Betriebskosten für eine örtliche Firma, welche den Dienst und die Verwaltung der Packstationen übernimmt. Diese Kosten bestehen aus monatlichen Leasinggebühren, Software, Strom, Reinigungs- und Mietkosten. Dazu kommt eine variable Summe pro Einheit (wir verwenden Mini-Depots für 50 Einheiten). Der durchschnittliche Gesamtbetrag für Mini-Depots wird durch 30 (Tage je Monat) geteilt. Man erhält eine feste (tägliche) Bereitstellungsgebühr (der Parameter ist ϕ) von 54,1 € pro installiertem Mini-Depot.

Um die Nachfrage zu definieren, benutzen wir die Gesamtzahl der Pakete, die an einem typischen Tag auszuliefern sind (λ_d). Um das Angebot zu erhalten, benutzen wir die erwartete Zahl der verfügbaren Ressourcen an einem Tag (λ_c). Außerdem definieren wir ein Verhältnis zwischen der Kapazität und der Nachfrage (λ_c / λ_d).

1.2.1. Erzeugung von Kapazität der Crowd.

Wir verwenden die Sample Average Approximation, um Realisierungen in der Menge S zu definieren. Basierend auf dem in Abbildung 3 dargestellten Prozess erzeugen wir Szenarien mittels des Latin Hypercube Verfahrens. Außerdem fügen wir einen zeitabhängigen Faktor ein, der die Kapazitätsprofile mit den Kapazitätshöchstwerten am Anfang und Ende jedes Tages modelliert. Der Kapazitätsfaktor, der das Profil bestimmt, ist in Abbildung 5

dargestellt.

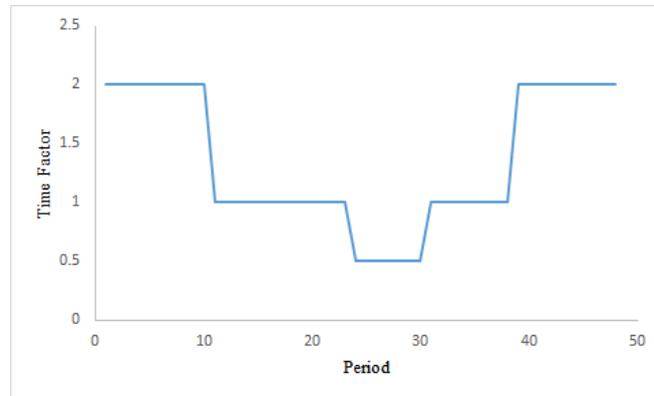


Abbildung 5. Zeitabhängiger Faktor, der das Mengen-Kapazitäts-Profil bestimmt.

Für die Experimente haben wir einen Rechner mit Intel(R) XEON(R) 2.60GHz und 128 GB RAM verwendet. Das Modell wurde in Python und Gurobi 8.1.0 implementiert. Die Experimente liefen auf einem Prozessorkern, um vergleichbare Werte für den Branch-and-cut Algorithmus zu erhalten. Alle Versuchsreihen wurden mit einer Höchstdauer von 8 Stunden durchgeführt.

1.2.2. Performanztest.

Alle Versuchsreihen aus Tabelle 1 wurden für feste Parameter λ_c und λ_d durchgeführt. Um die Mengenkapazität für jeden Fall zu erzeugen, setzen wir λ_c auf 480 (verfügbare) lieferbereite Menschen pro Tag mit dem Variationskoeffizienten (CV) von 0,8 für den Poisson-gamma Prozess. Basierend auf der Bevölkerung in dem betreffenden Gebiet in der Stadt München verwenden wir eine feste Verteilungsmatrix für die Kapazität. Wir erzeugen insgesamt 100 Szenarien unter Verwendung der Latin Hypercube Methode, um den in Abbildung 3 dargestellten Prozess zu testen.

Um die Nachfrage zu generieren, setzen wir λ_d auf 730 Bestellungen (Pakete) pro Tag. Die Nachfrage wird durch zwei Ausgangsorte an zwei peripher gelegenen Knotenpunkten erzeugt und die Zielorte sind gleichförmig über den Rest der Knotenpunkte im Netzwerk verteilt, um die Anzahl der zu transportierenden Pakete an jedem Anfangs-Endpunkt-Paar, das jede Ware $p \in P$ definiert, zu generieren. Jede Sendung (gesamte Nachfrage) ist zu Beginn eines Tages vorhanden und muss bis zum Ende des Tages ausgeliefert sein. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Pro Instanztyp werden die Durchschnittsergebnisse von 10 Instanzen gezeigt.

Tabelle 2. Algorithmusleistung

Typ	Partial Benders		MIP	
	Gap	Rechenzeit (s)	Gap	Rechenzeit (s)
N10C10	0.00%	2500	0.01%	8100
N10C20	0.00%	10000	0%	9800
N20C10	0.00%	6000	Keine Lösung	>30000
N20C20	0.00%	11500	Keine Lösung	>30000

N20C30	9.00%	31000	Keine Lösung	>30000
N20C40	70.00%	55000	Keine Lösung	>30000
N30C10	5.00%	31000	Keine Lösung	>30000

1.2.3. Sensitivitätsanalyse.

Im ersten Teil der Sensitivitätsanalyse analysieren wir den Einfluss der Transportkosten und der Installationskosten für die Mini-Depots auf verschiedene zentrale Leistungs-Indikatoren (KPI's). Im zweiten Teil diskutieren wir diese Ergebnisse und vergleichen sie mit Fällen, in denen keine Installation von Mini-Depots erlaubt ist.

Experimenteller Aufbau. Wir führen die Experimente mit 7 Knotenpunkten (7 U-Bahnstationen im Zentrum von München) mit 24 Zeiteinheiten (von je 30 Minuten) und 42 Start- und Endknotenpaare für Waren durch. In den Experimenten benutzen wir eine Gesamtnachfrage, die durch den Parameter λ_d für 1000 Pakete determiniert wird. Für die Evaluierung des Einflusses auf die experimentellen Parameter definieren wir folgende KPI's:

1. Erwartete Gesamtkosten (**EC**). Die insgesamt erwarteten Kosten werden durch die Sample Average Approximation berechnet.
2. Durchschnittliche Kosten der Crowd (**CS**), berechnet als die durchschnittlichen Transportkosten über alle Szenarien.
3. Durchschnittliche Nutzung der Crowd (**UT**). Dies ist der durchschnittliche Anteil der gesamten Nachfrage, der durch die Crowd transportiert wird.
4. Durchschnittliche Auslastung der Crowd (**US**). Dies ist der durchschnittliche Anteil der Kapazität der Crowd, der im CCL-System über alle Szenarien genutzt wird.
5. Zahl installierter Mini-Depots (**NI**).

Unsere Zahlen beziehen sich auf Liefersysteme mit Auslieferung am selben Tag mit einem Zeitfenster von zwei Stunden (2-Stunden-Lieferung).

Experimente mit sich ändernden Crowd-Kosten. Wir evaluieren den Einfluss der an die Crowd bezahlten Kosten auf die KPI's. Alle Experimente werden mit einem Kapazitäts-Nachfrage-Verhältnis (λ_c / λ_d) zwischen 0,5 (niedrigster Wert) und 1,5 (höchster Wert) durchgeführt. Wir variieren die Kosten für Versendung durch die Crowd durch Erhöhung des Kostenanteils (ζ). Eine Auflistung dieser Experimente gibt Tabelle 3. Dabei wird jeder der in Tabelle 1 definierten Fälle zehn Mal repliziert. Als Installationskosten nehmen wir 54,1 € (Parameter $\phi = 54:1$) an.

Tabelle 3. Experimente mit variierenden Kosten für die Auslieferung durch die Crowd

	Same-day Lieferungen	2-hour Lieferungen
Verhältnis Kapazität/Nachfrage: 0.5	$\zeta=0.30$	$\zeta=0.30$
	$\zeta=0.45$	$\zeta=0.45$
	$\zeta=0.55$	$\zeta=0.55$
Verhältnis Kapazität/Nachfrage: 1.5	$\zeta=0.30$	$\zeta=0.30$
	$\zeta=0.45$	$\zeta=0.45$
	$\zeta=0.55$	$\zeta=0.55$

In Abbildung 6, Abbildung 7 and Abbildung 8, ist der Einfluss der Vergütung, die an die Crowd bezahlt wurde (diese erhöht sich mit steigendem Parameter ζ), auf die verschiedenen KPI's für Lieferung am selben Tag dargestellt.

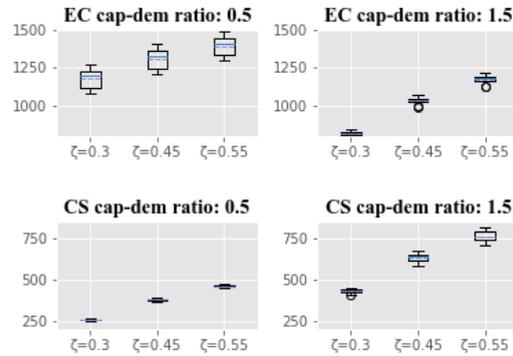


Abbildung 6. Ergebnisse für KPI's (Auslieferung am gleichen Tag).

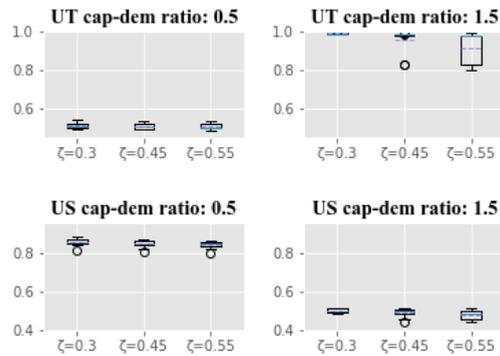


Abbildung 7. Auslastung und Nutzung (Auslieferung am selben Tag).

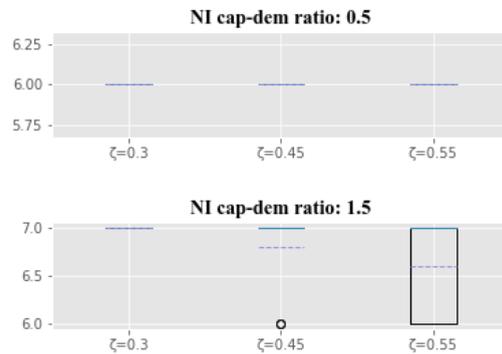


Abbildung 8. Zahl der installierten Mini-Depots (Auslieferung am selben Tag).

Wir stellen anhand der Nutzung der Crowd (UT) und der Auslastung der Crowd (US) fest, dass das Modell dazu neigt, die Crowd maximal zu nutzen. In Abbildung 7 erreicht die durchschnittliche Nutzung der Crowd einen Wert nahe 0,5 und die Auslastung der Crowd einen Wert von ungefähr 0,90 für Fälle mit einem Kapazitäts-Nachfrage-Verhältnis von 0,5. Für die Fälle mit einem Kapazitäts-Nachfrage-Verhältnis von 1,5 erhalten wir Werte für die Nutzung der Crowd nahe 1,0 und für die Auslastung der Crowd Werte zwischen 0,30 und 0,50. Wir stellen darüber hinaus fest, dass das Modell Lösungen findet, die bezüglich der Zahl der installierten Mini-Depots und der Performanz der Crowd

(Nutzung und Auslastung) bei steigenden Kosten für die Crowd (zwischen 30% und 55% des Preises, der an einen professionellen Kurierdienst zu zahlen wäre) robust sind. Dies lässt sich aus Abbildung 7 und Abbildung 8 ablesen.

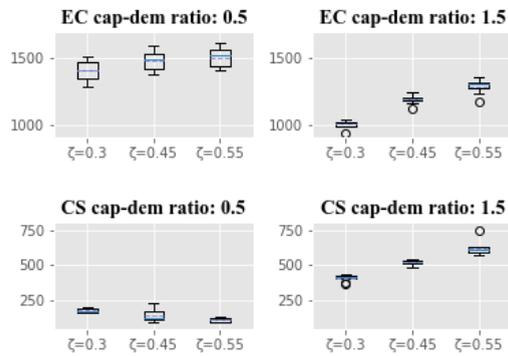


Abbildung 9. Ergebnisse für die KPI's (Lieferung innerhalb von zwei Stunden).

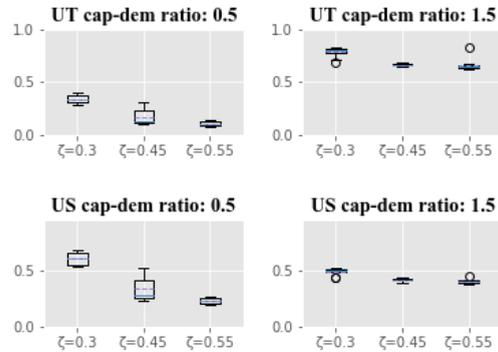


Abbildung 10. Nutzung und Auslastung (Auslieferung innerhalb von zwei Stunden).

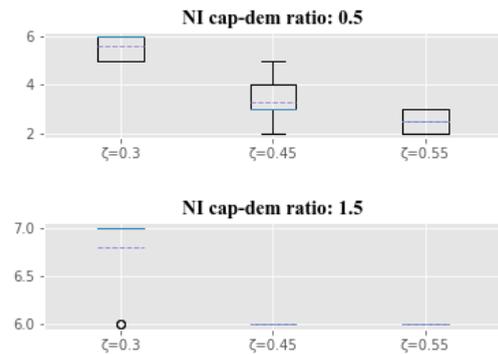


Abbildung 11. Zahl der installierten Mini-Depots (Auslieferung innerhalb von zwei Stunden).

Abbildung 9, Abbildung 10 and Abbildung 11 zeigen die Ergebnisse für Lieferung innerhalb von zwei Stunden. Wir beobachten deutliche Veränderungen in der Netzwerkentwicklung und der Nutzung der Crowd für den Fall von Auslieferung innerhalb von zwei Stunden. Auf Grund der knapp bemessenen Zeitfenster sinkt die Wahrscheinlichkeit,

Pakete mit der Crowd auszuliefern. Somit bewirken Veränderungen in der Kostenstruktur auch stärkere Systemveränderungen.

Experimente mit sich verändernden Installationskosten. In diesen Experimenten evaluieren wir den Einfluss der Installationskosten ϕ auf die KPI's. Auch diese Experimente wurden mit Kapazitäts-Nachfrage-Verhältnissen zwischen 0,5 und 1,5 durchgeführt. Der Kostenanteil für die Crowd wird auf 0,55 festgelegt (Parameter $\zeta=0.55$). Die Experimente sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4. Zusammenfassung der Experimente mit sich ändernden Installationskosten.

	Same-day Lieferung	2-hour Lieferung
Verhältnis Kapazität/Nachfrage: 0.5	$\phi=38.2$	$\phi=38.2$
	$\phi=49.4$	$\phi=49.4$
	$\phi=60.6$	$\phi=60.6$
Verhältnis Kapazität/Nachfrage: 1.5	$\phi=38.2$	$\phi=38.2$
	$\phi=49.4$	$\phi=49.4$
	$\phi=60.6$	$\phi=60.6$

Die in den Abbildungen 12, 13 und 14 aufgelisteten Ergebnisse zeigen den Einfluss der Installationskosten (sie steigen mit dem Parameter ϕ) auf die verschiedenen KPI's für den Fall von Auslieferung am selben Tag.

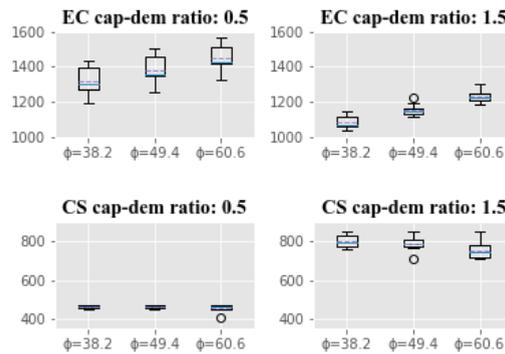


Abbildung 12. Ergebnisse für Kosten KPI's (sich ändernde Installationskosten bei Auslieferung am selben Tag).

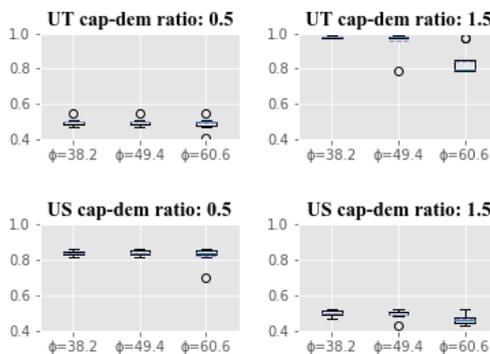


Abbildung 13. Nutzung und Auslastung (bei sich ändernden Installationskosten und Auslieferung am selben Tag).

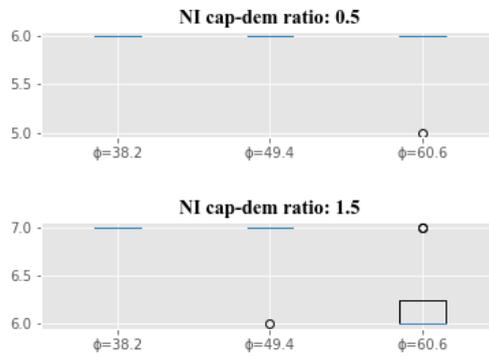


Abbildung 14. Zahl der installierten Mini-Depots (bei sich ändernden Installationskosten und Auslieferung am selben Tag).

Die Ergebnisse in den Abbildung 12, Abbildung 13 und Abbildung 14 sind ähnlich denen aus der Sensitivitätsanalyse mit sich ändernden Auslieferungskosten bei Verwendung der Crowd. Das Modell sättigt die Kapazität und es gibt keine auffälligen Änderungen in der Netzwerkentwicklung, wenn die Installationskosten sich im Rahmen der Änderung des experimentellen Parameters ϕ ändern.

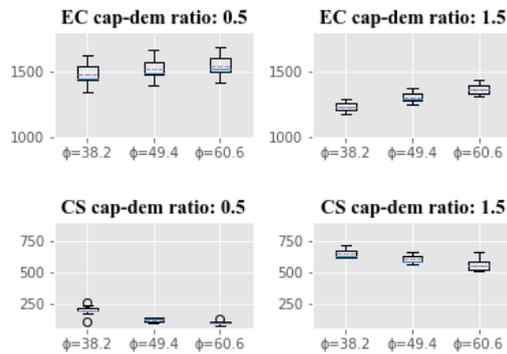


Abbildung 15. Ergebnisse für Kosten-KPI's (bei sich ändernden Installationskosten und Auslieferung innerhalb von zwei Stunden).

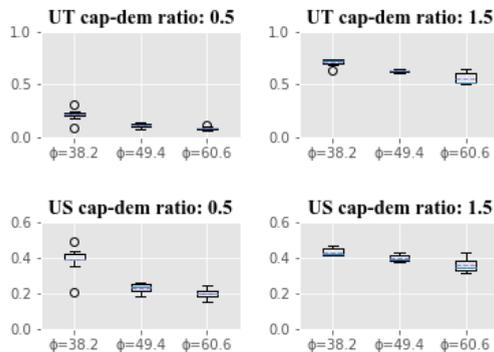


Abbildung 16. Nutzung und Auslastung (bei sich ändernden Installationskosten und Auslieferung innerhalb der nächsten zwei Stunden).

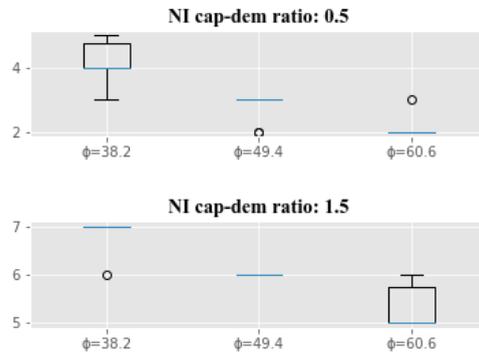


Abbildung 17. Zahl der installierten Mini-Depots (bei sich ändernden Installationskosten und Auslieferung innerhalb der nächsten zwei Stunden).

Abbildung 15, Abbildung 16 und Abbildung 17 zeigen die Ergebnisse der sich ändernden Installationskosten für den Fall der Auslieferung innerhalb der nächsten zwei Stunden. Ähnlich wie bei Auslieferung innerhalb der nächsten zwei Stunden in den Experimenten mit sich ändernden Kosten für die Lieferung durch die Crowd stellen wir auch hier fest, dass das Modell empfindlich gegenüber Änderungen der Installationskosten reagiert (im Sinne von Netzwerkentwicklung und Ausschöpfung der Crowd).

Vergleich der Ergebnisse mit einem Referenzfall. Um den Einfluss des Netzwerks auf Mini-Depots im CCL-System herauszufinden vergleichen wir die Ergebnisse aus den Experimenten zur Sensitivitätsanalyse mit den Ergebnissen der selben Versuchsreihe für den Fall, dass keine Mini-Depots erlaubt sind.

Tabelle 5. CCL vs. Referenzfall (Sensitivitätsanalyse der Kosten für die Verwendung der Crowd).

	Same-day		2-hour	
	CCL	Benchmark	CCL	Benchmark
Mittelwert	1,309.76 €	10,174.57 €	1,404.85 €	3,747.11 €
Max	1,679.79 €	10,880.46 €	1,679.67 €	4,030.38 €
Min	1,041.07 €	9,084.71 €	1,180.07 €	3,354.31 €

Tabelle 6. CCL vs. Referenzfall (Analyse der Installationskosten-Sensitivität)

	Same-day		2-hour	
	CCL	Control	CCL	Control
Mittelwert	1,150.69 €	9,995.99 €	1,310.87 €	3,782.44 €
Max	1,490.57 €	10,509.74 €	1,613.74 €	9,898.18 €
Min	788.94 €	9,319.48 €	930.78 €	3,425.79 €

Aus den Tabelle 5 und Tabelle 6 ergibt sich eine signifikante Steigerung der Gesamtkosten für den Fall, dass keine

Mini-Depots erlaubt sind. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Kapazität der Crowd nicht ausgeschöpft werden kann. Dieser Vergleich zeigt, dass das CCL-System für einen Anteil an Angebotskapazität, wie er in diesen Experimenten verwendet wird (Verhältnis zwischen Kapazität und Nachfrage zwischen 0,5 und 1,5) erheblich an Potenzial verliert, wenn es keine Netzwerk-Depots gibt.

1.2.4. Wert der stochastischen Lösung.

Wir vergleichen nun die Lösungen des zweistufigen Programms mit der durch das "Erwartungswertszenario" festgelegten deterministischen Lösung. Die stochastische Lösung wird nicht nur hinsichtlich der Gesamtkosten, sondern auch bezüglich der Transportkosten, der Netzwerkentwicklung und der Crowd-Nutzung betrachtet. In diesen Experimenten haben wir die Gesamtnachfrage – durch den Parameter λ_d auf 10.000 Pakete festgelegt – erhöht, was die Installationskosten der Mini-Depots erhöht. Um den Wert der stochastischen Lösung zu ermitteln, ändern wir die Installationskosten und stellen so den Einfluss auf die folgenden KPI's fest:

- %VSS: der relative Wert der stochastischen Lösung in Bezug auf die Gesamtkosten
- %VSS Transport: der relative Wert der stochastischen Lösung hinsichtlich der Transportkosten.
- Durchschnittliche Auslastung der Crowd
- Auslastung (EV Szenario): Auslastung wie sie in der deterministischen Lösung des Erwartungswertszenarios auftritt.
- # Mini-Depots: In der stochastischen Lösung installierte Mini-Depots
- # Mini-Depots (EV Szenario)

Die in Tabelle 7 dargestellten Durchschnittswerte beziehen sich auf Versuchsreihen mit 10 Replikationen.

Tabelle 7. Wert der stochastischen Lösung

Installations-kosten	% VSS	% VSS Transport	Auslastung Crowd	Auslastung (EV Szenario)	# Mini-Depots	# Mini-Depots (EV Szenario)
200	0.39%	5.12%	47.30%	38.71%	6	5
210	0.22%	5.12%	47.30%	38.71%	6	5
220	0.13%	1.05%	42.41%	38.71%	5	5
230	0.10%	1.05%	42.41%	38.71%	5	5
240	0.52%	4.03%	41.32%	33.86%	5	5
250	0.84%	9.97%	41.32%	27.86%	5	4
260	0.81%	13.08%	41.32%	24.73%	5	4
270	1.24%	25.57%	41.32%	12.09%	5	2
280	0.71%	18.55%	31.94%	11.63%	4	2
290	0.31%	16.43%	28.50%	11.10%	4	2
300	0.06%	4.13%	14.70%	11.10%	2	2

Die Ergebnisse zeigen, dass der Wert der stochastischen Lösung hinsichtlich der Gesamtkosten mit bis zu 1,24% relativ gering ist. Dem gegenüber erhalten wir aber um bis zu 25,57 % geringere erwartete Transportkosten beim Vergleich der stochastischen Lösung mit dem Erwartungswertszenario. Außerdem erhält man aus dem Modell Lösungen mit erheblich höherer Ausschöpfung der Crowd als der aus dem deterministischen Modell, das mit dem erwarteten Wert für die Kapazität des Netzwerks gelöst wurde. Dieses Ergebnis zeigt den Effekt der Crowd auf nachhaltige Letzte-Meile-Lösungen.

Referenzen

- Benders, J. F. (1962). Partitioning procedures for solving mixed-variables programming problems. *Numerische Mathematik*, 4 (1), 238-252.
- Buldeo Rai, H., Verlinde, S., Merckx, J., & Macharis, C. (2017). Crowd logistics: an opportunity for more sustainable urban freight transport? *European Transport Research Review*, 9 (3), 39.
- Nieto-Isaza S., Fontaine P., Minner S. (2020). Strategic Network Design for Last-Mile Delivery with Crowd Resources. *Working Paper*.
- Rahmaniani, R., Crainic, T. G., Gendreau, M., & Rei, W. (2017b). The benders decomposition algorithm: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 259 (3), 801-817.
- Savelsbergh, M. & Van Woensel, T. (2016). 50th anniversary invited article City logistics: Challenges and opportunities. *Transportation Science*, 50 (2), 579-590.
- Van Slyke, R. M. & Wets, R. (1969). L-shaped linear programs with applications to optimal control and stochastic programming. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 17 (4), 638-663.

Teil 5 - Prozessausgestaltung

Oliver Kunze*, Emanuel Herrmann*

*HNU Neu-Ulm University of Applied Sciences, Wileystraße 1, 89231, Neu-Ulm, Germany

© Die Autoren

Schlagnote: Urbane Logistik, Last Mile Logistik, Crowd Logistik, Prozesse

Kurzzusammenfassung

City Crowd Logistics (CCL) ist ein neues Konzept für die Durchführung von sog. „last mile“-Transporten in Städten. Diese werden in dem CCL-Konzept überwiegend von sog. Crowd-Kurieren, und in Ausnahmefällen – nämlich dann, wenn absehbar wird, dass sich kein Crowd-Kurier findet um die Sendung rechtzeitig zuzustellen – durch professionelle Kuriere (z.B. Fahrradkuriere) durchgeführt. Eine wichtige Besonderheit im CCL-Konzept ist, dass diese „last mile“-Transporte nicht von *einem* Kurier von der Quelle ans Ziel gebracht werden müssen, sondern dass diese Transporte auch „gebrochen“ – d.h. von verschiedenen Kurieren auf einzelnen Teilstrecken - durchgeführt werden können.

Im AP 5 wurde die entsprechenden Prozesstemplates generiert, die diese Prozesse ermöglichen.

Inhalt

1. Einleitung	86
1.1. Problemstellung	87
1.2. Methodology	87
2. Prozessmodell	87
2.1. Akteure	87
2.2. Prozessübersicht	88
3. Nutzen & Realisierbarkeit	89
4. Anhang	90

1. Einleitung

Die Idee von CCL ist, dass eine zentrale Dispositionssoftware (Dispatcher) Transportaufträge in aufeinanderfolgende Teilaufträge aufsplittet, und diese Teilaufträge den Kurieren zur Durchführung anbietet, die ihrerseits Gebote für diese Teilaufträge abgeben. Der Dispatcher ordnet auf Basis der Gebote die Teilaufträge den Kurieren zu, so dass die ursprünglichen Transportaufträge als Folge von Teilaufträgen zugestellt werden. Die zu transportierenden Güter können temporär in sogenannten „Router-Lokationen“ zwischengelagert werden, wo der vorangehende Kurier nach Ende seines Teiltransports das jeweilige Gut ablegt, und von wo der nachfolgende Kurier es abholt. Solche Router-Lokationen können z.B. automatisierte Schließfächeranlagen sein. Dieser Prozess ist in Abbildung 1 dargestellt.

CCL Transportoptionen

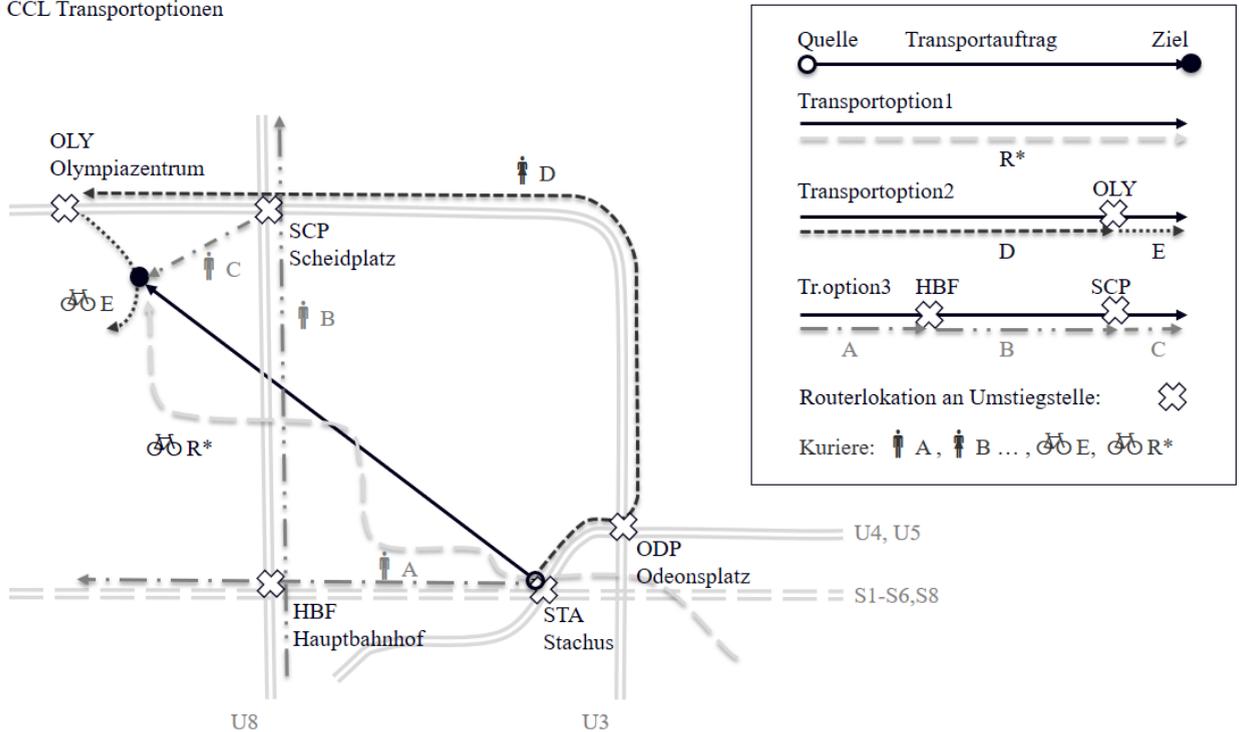


Abbildung 1 - CCL Transportoptionen

Ein Auftrag soll von der Quelle STA zum Ziel nahe OLY transportiert werden. Option (1) für den Transport ist der Einsatz eines professionellen Fahrradkuriers R*, welcher den Auftrag zu einem festen Tarif direkt von der Quelle (○) zum Ziel (●) transportieren kann. Alternativ dazu kann der Auftrag durch die Crowd transportiert werden, d.h. durch Personen die sich ohnehin im Stadtgebiet bewegen, und bereit sind, dabei einen Teiltransport für ein entsprechendes Entgelt zu erledigen. Eine andere Option (2) wäre daher ein U-Bahn-Benutzer D der die Sendung auf seinem Weg von STA nach OLY mitnimmt und dort in einen Router legt, wo der Fahrradfahrer E ihn abholt und zum Ziel bringt. Eine dritte Option (3) wäre der nach Westen fahrende Pendler A, welcher die Sendung in STA abholt und sie in HBF deponiert. Dort würde die Sendung vom nach Norden fahrenden Pendler B abgeholt und am SCP abgelegt, wo die Sendung schließlich vom Fußgänger C abgeholt und zum Ziel gebracht werden würde.

Eine wesentliche Annahme im CCL-Konzept ist, dass die Crowd die Aufträge i.d.R. günstiger transportiert als professionelle Kurier. Eine weitere Annahme ist es, dass in einem Problemfall (d.h. wenn sich ein Crowd-Transport nicht oder nicht rechtzeitig organisieren lässt) ein professioneller Kurier die Sendung transportieren kann und somit sichergestellt werden kann, dass die Sendung rechtzeitig zugestellt wird.

1.1. Problemstellung

Eine Herausforderung für die Umsetzung eines solchen CCL-Service ist die Verfügbarkeit eines Prozessmodells, welches die wesentlichen Aspekte für die Umsetzung eines solchen Services abbildet. Im Arbeitspaket 5 wurde daher untersucht, wie ein solches Prozessmodell aussehen kann.

Hinweis: andere Aspekte, wie z.B. die Bestimmung einer geeigneten Zahl von Routerlokationen, die Optimierung der Teiltransportbildung und -zuweisung und Preisbildungsalgorithmen wurden in anderen Arbeitspaketen untersucht.

1.2. Methodology

Als Basis für das Prozessmodell in diesem Arbeitspaket diente das Meta-Prozessmodell von (Kunze, Baumgärtel et al 2012), welche ursprünglich für Ganzladungsverkehre im Projekt Dynamic Truck Meeting (DTM) entwickelt wurde. Dieses Modell wurde für den Anwendungsfall CCL entsprechend adaptiert. Der so entstandene Prozessentwurf wurde einem Gremium aus Praktikern (Projektbegleitender Ausschuss des Projekts CCL) vorgestellt, und auf Basis des Feedbacks aus dem Panel nochmals nachjustiert. Der so resultierende Prozess wurde vom Gremium dann abgenommen.

Das Prozessmodell wurde mithilfe der Modellierungsmethode UML (Unified Modeling Language) erstellt, und umfasst sogenannte Use-Case-Diagramme (UC-Diagramme) und Aktivitätsdiagramme (AD-Diagramme).

Wir weisen darauf hin, dass das so entstandene Prozessmodell ggf. weiter verfeinert werden muss, je nachdem, wie ein physischer CCL-Service im Detail ausgestaltet wird. Das Modell kann jedoch als erste (beta-)Version für ein finales Prozessmodell gelten, und reduziert somit die konzeptionellen Vorarbeiten für die Anbieter eines solchen kommerziellen Services.

2. Prozessmodell

Das Prozessmodell wurde als übergeordneter Prozess mit mehreren Unterprozessen erstellt. Um ein erfolgreiches Rollout eines CCL-Services auch über die Grenzen des deutschsprachigen Raums hinaus zu ermöglichen, wurde das Prozessmodell auf Englisch entwickelt und dokumentiert.

2.1. Akteure

Im CCL-Prozess sind die folgenden Akteure vorgesehen:

Kurier / Courier: Person, die eine Sendung transportiert.

Kuriere können je nach ihrer kommerziellen Rolle unterteilt werden nach:

- **Crowd-Kurier / crowd courier** – incl.:

- pro bono Kurier (Kurier, der bereit ist einen Teiltransport ohne Vergütung durchzuführen)
- privater Kurier (Nicht-professioneller Kurier, der Güterbeförderungsleistungen sporadisch gegen Bezahlung übernimmt)

- **Professioneller Kurier** (z.B. Angestellter oder selbständiger Subcontractor bei einer (Rad-)Kurierfirma

Kuriere können außerdem nach dem von ihnen genutzten Verkehrsmittel unterschieden werden z.B.:

- Fahrradkuriere
- Autokuriere
- Fußgängerkuriere
- ÖPNV-Kuriere (i.e. Nutzer die den ÖPNV nutzen und Reststrecken zu Fuß gehen)
- andere Kuriere (z.B. Skateboarder, eScooter-Fahrer, ...)

Hinweis1: Da Kuriere ggf. verschiedene Verkehrsmittel nutzen können, ist diese Einteilung nicht eindeutig.

Hinweis2: In der Zukunft könnten auch sog. Bodendronen (auch FTS oder Roboter genannt) genutzt werden, um als Kuriere zu fungieren. In unserem Prozessmodell würden diese in der Rolle von professionellen Kurieren agieren.

Kunden / Customer: Person (oder Firma) die einen Transport einer Sendung von der Quelle zum Ziel veranlasst und dafür bezahlt.

Hinweis: Zu Vereinfachungszwecken gehen wir im Modell davon aus, daß der Sendungsempfänger und der Kunde ein und dieselbe Person (bzw. Firma) ist. Sollte das nicht der Fall sein, so ist der Auftragserteilungs-, der Abrechnungs- und der Auftragsverfolgungsprozess mit dem Akteur „Kunde“ durchzuführen, der seinerseits den Sendungsempfänger informiert, während das Sendungsziel die Adresse des Sendungsempfängers ist.

Dispatcher/ Dispatcher: Ein ein System, welches (Teil-)Transporte Kurieren zuordnet, den Kunden Rechnungen stellt und den Kurieren eine Entlohnung für ihre Dienstleistungen zukommen lässt.

Das CCL-Use-Case-Diagramm ist in Abbildung 2 dargestellt.

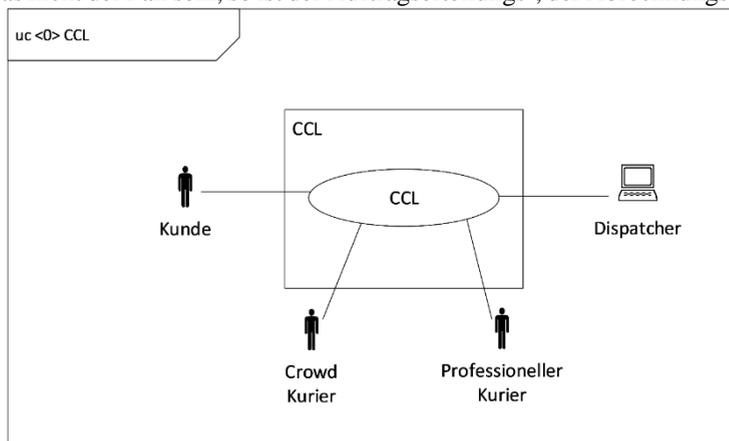


Abbildung 2 - CCL Use Case Diagramm

Hinweis: In den UML-AD-Diagrammen zu den Teilprozessen sind die Akteure als sog. „Swimlanes“ repräsentiert. Wenn nicht nach Akteuren differenziert wird, so ist repräsentiert die „Swimlane“ das gesamte CCL-System

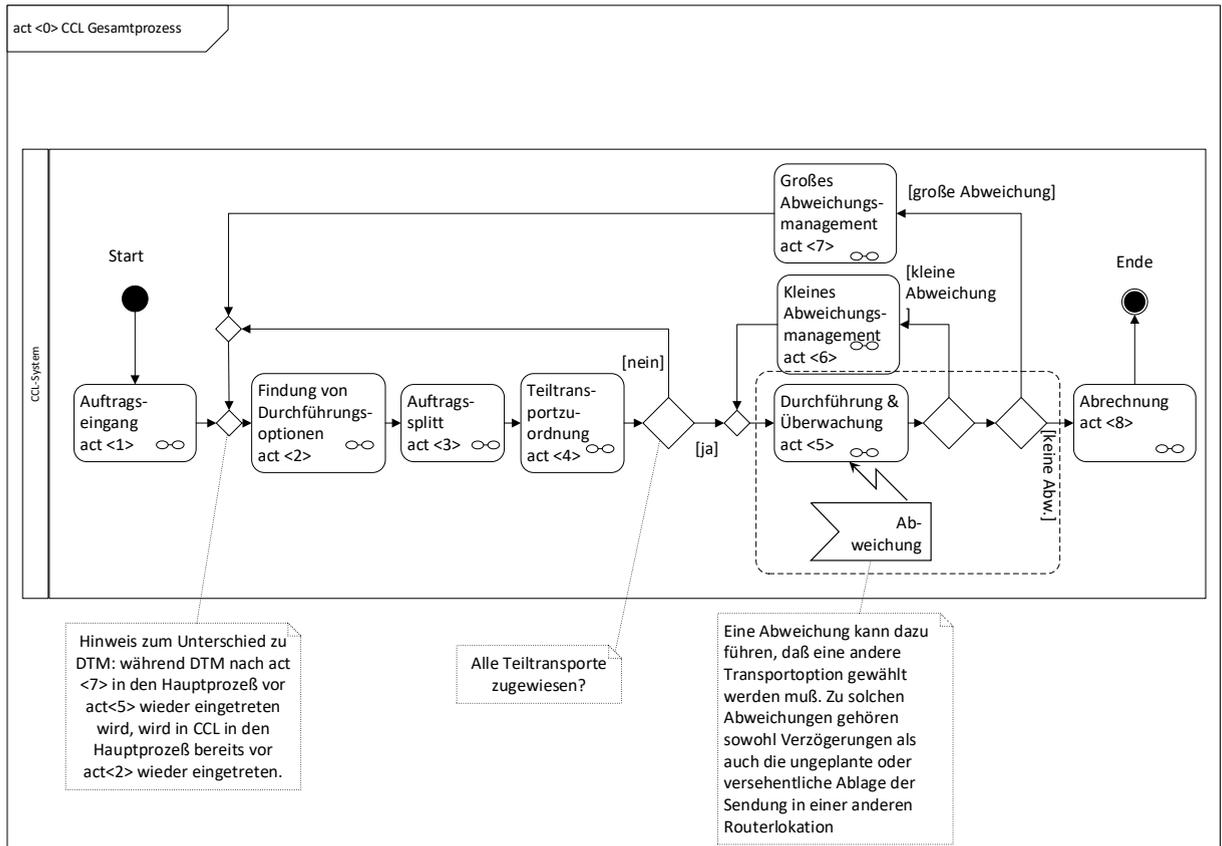
2.2. Prozessübersicht

Der gesamte CCL-Prozess kann wie in Abbildung 3 dargestellt modelliert werden. Er gliedert sich in folgende Teilprozesse:

1. Auftragsingang act <1>: Dieser Teilprozess beschreibt die Auftragsverwaltung incl. der Rechnungsstellung an den Kunden
2. Findung von Durchführungsoptionen act <2>: Dieser Teilprozess sucht nach möglichen Transportoptionen (vgl. Abbildung 1)
3. Auftragsplitt act <3>: Dieser Teilprozess wählt eine* Transportoption aus und splittet den Transportauftrag entsprechend in aufeinanderfolgende Teiltransporte.
4. Teiltransportzuordnung act <4>: Dieser Teilprozess ordnet die Teiltransporte den Kurieren zu
5. Durchführung und Überwachung act <5>: Nachdem die Teiltransporte den Kurieren zugeordnet wurden, werden die Transporte überwacht. Je nach Überwachungsergebnis treten keine Abweichungen (weiter mit act <8>), kleinere Abweichungen, d.h. nur kleiner zeitliche Verzögerungen, die keine Umplanung erfordern (weiter mit act <6>) oder größere Abweichungen, die ein Umplanen erfordern (weiter mit act <7>) auf.
6. Kleines Abweichungsmanagement act <6>: Dieser Teilprozess definiert den Umgang mit kleineren Abweichungen
7. Großes Abweichungsmanagement act <7>: Dieser Teilprozess definiert den Umgang mit größeren Abweichungen und veranlasst eine entsprechende Umplanung
8. Abrechnung act <8>: Dieser Teilprozess umfasst die Vergütung der Kurieren und eine eventuelle Rückvergütung an die Kunden im Fall von signifikanten Verspätungen.

* Ausnahmen s. Teilprozesse

Abbildung 3 – CCL Gesamtprozess



Hinweis zum Unterschied zu DTM: während DTM nach act <7> in den Hauptprozess vor act <5> wieder eingetreten wird, wird in CCL in den Hauptprozess bereits vor act <2> wieder eingetreten.

Die entsprechenden Teilprozesse werden ausführlich in (Kunze, Herrmann 2019) beschrieben.

3. Nutzen & Realisierbarkeit

Das entwickelte Prozessmodell ist ein konzeptionelles Modell, welches vom Projektteam auf Basis von (Kunze, Baumgärtel et al 2012) entwickelt wurde. Die Instanz zur Validierung des Prozessmodells war der Projektbegleitende Ausschuss (PA), der das entwickelte Prozessmodell verabschiedet hat. Aktuell konnte kein Änderungsbedarf festgestellt werden – es ist jedoch davon auszugehen, dass bei einer operativen Einführung eines CCL-Services noch kleinere Detailänderungen bzw. Ergänzungen am Prozessmodell notwendig werden. Daher kann die vorliegende Version des Prozessmodells als „beta“-Version (v0.5) angesehen werden. Für die Fortschreibung des Modells sehen wir aus derzeitiger Sicht folgende weitere Versionen (die sich außerhalb des CCL-Projekts entwickeln können):

- v1.0: erstes in praxi implementiertes Modell
- v2.0: auf Basis der Praxiserfahrungen verbessertes Modell
- v3.0 standardisiertes und durch eine Zertifizierungseinrichtung zertifiziertes Modell

Dennoch leistet das vorgestellte Modell einen wesentlichen Beitrag sowohl für die wissenschaftliche als auch für die wirtschaftliche Welt (insbesondere für Startups).

Für die wissenschaftliche Welt ist es die Fortschreibung des DTM-Prozessstandards aus dem Jahr 2012, und ein weiterer Schritt in Richtung standardisiertes Transportprozessmodell für eine verteilte (und insbesondere für

firmenübergreifende) Transportabwicklung im Rahmen von Crowd Logistics - vgl. (Buldeo et al 2017) und im Rahmen des PI (Physical Internet) – vgl. (Sampaio et al 2019) und (Crainic & Montreuil 2016).

Für die wirtschaftliche Welt (und insbesondere für mögliche Startups) reduziert das vorliegende Modell die konzeptionelle Arbeit wesentlich.

Aus rein prozesstechnischer Sicht ist die Realisierung eines CCL-Services aus heutiger Sicht bereits machbar, und durch verfügbare Software in weiten Teilen bereits weitgehend unterstützbar (vgl. auch Demonstrator im AP6). Eine noch zu lösende Herausforderung besteht in der Wirtschaftlichkeit, die stark von den Stundenlöhnen der professionellen Kurier und von der Mitnahmebereitschaft der Crowd zu günstigen Preisen abhängt (vgl. Geschäftsmodelle im AP 2 und Umfrageergebnisse aus dem AP 3).

4. Anhang

4.1. Veröffentlichungen aus dem AP5

(Kunze, Herrmann 2019): Kunze, Oliver; Herrmann, Emanuel: City Crowd Logistics Processes, HNU Working Papers Vol 41, HNU Hochschule für angewandte Wissenschaften Neu-Ulm, 2019

4.2. Quellen

Buldeo Rai, Verlinde, Merckx & Macharis 2017: Buldeo Rai, H., Verlinde, S., Merckx, J., and Macharis, C. (2017). "Crowd logistics: an opportunity for more sustainable urban freight transport?" In: European Transport Research Review 9.39.

Crainic & Montreuil 2016: Crainic T.G. & Montreuil B. (2016): Physical Internet Enabled Hyperconnected City Logistics, Transportation Research Procedia, Volume 12, 383-398, Elsevier

Crainic, Perboli & Rossano 2018: Crainic, T. G., Perboli, G., and Rosano, M. (2018). "Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy". In: European Journal of Operational Research 270.2, pp. 401–418.

Kunze, Baumgärtel et al 2012: Kunze, Oliver; Baumgärtel, Hartwig, Neitmann, Andreas und Rosemeier, Sebastian: Dynamic Truck Meeting, Vol. 1 Process Standard, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2012

Sampaio, Savelsbergh, Veelenturf & van Woensel 2019: Sampaio, A., Savelsbergh, M., Veelenturf, L., and van Woensel, T. (2019). "Crowd-Based City Logistics". In: Sustainable Transportation and Smart Logistics: Decision-Making Models and Solutions. Ed. by J. Faulin, S. Grasman, A. Juan, and P. Hirsch. Elsevier, pp. 381–400

4.3. Abkürzungsverzeichnis

AP: Arbeitspaket

CCL: City Crowd Logistics

DTM: Dynamic Truck Meeting

PA: Projektbegleitender Ausschuß

PI: Physical Internet

UML: Unified Modeling Language

Teil 6 - Analysedemonstrator

Santiago Nieto-Isaza^{*}, Pirmin Fontaine[†], Stefan Minner^{*}

^{}Technical University of Munich, Arcisstraße 21, 80333 Munich, Germany*

[†]Catholic University of Eichstätt-Ingolstadt, Ingolstadt School of Management, Auf der Schanz 49, 85049 Ingolstadt, Germany

© The Authors

City Crowd Logistics (CCL) ist eine neue Strategie für die Letzte-Meile-Zustellung, wenn es darum geht, Kunden in Städten nachhaltig zu versorgen (Nieto-Isaza et al., 2020). In diesem Dokument werden die Ergebnisse des CCL-Projektes gemäß der Arbeitspakete 4 und 6 (AP4 und AP6) vorgestellt.

Bisherige Crowd-Logistik Ansätze gehen davon aus, dass der letzte Meile-Transport jeweils von einem Individuum (Fahrer oder Kurier) erledigt wird. Wir wollen jedoch untersuchen, ob und wie die Zustellung von einem lokalen Hub zum Kunden kooperativ von mehreren Beteiligten durchgeführt werden kann (**Teiltransporte** in einer ggf. intermodalen Kette). So lassen sich die Kosten für Sondertransporte reduzieren, aber gleichzeitig steigt das Risiko für Störungen im Zustellprozess sowie die organisatorische Komplexität der Entkopplung der Agenten. Das logistische Design einer solchen Lösung mit Partiaallieferungen hängt in diesem Fall sowohl von **Prozessen**, als auch von der **Netzwerktopologie** ab. Es ist daher zu untersuchen, wie sich die Dichte und Standorte der Übergabeknoten auf die Häufigkeit und den Umfang der Sondertransporte, die Bündelungseffekte und somit auf das jeweilige Geschäftsmodell auswirkt.

Die Realisierung des CCL-Projektes ist in Arbeitsschritte unterteilt und im folgenden Abschnitt stellen wir diese vor:

- **AP4 Algorithmen & Regelwerke:** Als Baustein einer CCL-Lösung sind Algorithmen und Regelwerke zu untersuchen. Dabei werden zunächst in der Literatur beschriebene Ansätze zur Planung von **Übergabestandorten** und zur Planung von **Transportketten** auf ihre Anwendbarkeit im CCL-Kontext hin systematisch gegenübergestellt. Ausgehend von dieser Basis sollen neue Algorithmen sowohl für die Standortplanung als auch Algorithmen und Regelwerke für die Transportkettenplanung (Auftragsmatching und –routing) entwickelt werden.
- **AP6 Demonstrator:** Die Ergebnisse der APs 1, 2, 3 und 4 sowie externe Daten zum ÖV- und IV- einer repräsentativen Stadt sollen in einem **Analyse-Demonstrator** zusammengefasst werden, um die Effizienz von Geschäftsmodellen in verschiedenen Kontexten (d.h. Nachfrageszenarien, verschiedene Übergabestrukturen, unterschiedliche algorithmische Regeln, unterschiedliche Mitnahmebereitschaften in unterschiedlichen Geschäftsmodellen) vorwettbewerblich bewerten zu können. Die Implementierung des Analyse-Demonstrators soll auf Basis der Simulationssoftware Anylogic erfolgen. Auf Basis der Ergebnisse der APs 1, 4 und 5 soll außerdem ein **Praxis-Demonstrator** in einem Workshop für Firmen-, Verbands-, Behörden- und Pressevertreter den prinzipiellen Umsetzbarkeitsnachweis (Proof-of-Concept-Workshop) erbringen. Hier werden einzelne physische Testsendungen nach dem CCL Konzept zugestellt.

Das erste Kapitel dieses Berichts fasst die Ergebnisse aus (Nieto-Isaza et al., 2020) zusammen. Diese Ergebnisse beziehen sich auf die Untersuchung eines multi-modalen Netzwerks mit mehreren Segmenten für ein City Crowd-Logistik System, das strategische und operative Planungsprobleme, die für AP4 notwendig sind, löst. Das zweite Kapitel beschreibt ein agenten-basiertes Simulationsmodell für ein CCL-System, das zur Visualisierung des Konzepts dient. Dazu kommen die technischen Details für eine Android-App, die für die praktische Anschauung gemäß den Anforderungen von AP6 erstellt (Demonstrator) wurde.

1. Ergebnisse des Demonstrators (AP6)

In AP 6 wurde ein agentenbasiertes Simulationsmodell des CCL-Konzeptes entwickelt. Das Modell verbindet exogene Parameter wie geographische Informationen, die Lage von Depots, (stochastische) Erreichbarkeit privater (Crowd-) Kuriere, Nachfrageinformation (der Kunden), spezifische Information über Transportmittel und verfügbare Verbindungen für die Transportinfrastruktur der Stadt München. Basierend auf der Zuordnung von Tourenplanungsregeln modelliert die agentenbasierte Simulation die Interaktionen zwischen den verschiedenen Agenten im CCL-System, um Informationen für die Analyse des Systemverhaltens in Bezug auf Leistungsindikatoren (KPIs) zu erhalten.

1.1. Agenten-basierte Simulation als Analysedemonstrator für City Crowd Logistik Systeme.

Wir beschreiben das Modell in den folgenden vier Bestandteilen: Agenten, Prozesse, Schnittstelle und Annahmen.

1.1.1. Agenten

Es wurden vier Agententypen modelliert und für das Simulationsmodell benutzt:

- 1) Die Kunden: Kunden repräsentieren Aufträge, die ausgeführt werden müssen. Der Auftrag eines Kunden kann klein, mittlerer Größe, oder groß sein. Außerdem werden die Aufträge in 3 Zeitklassen eingeteilt: Standard, Eillieferung, Express.
- 2) Der Pendler, der zu Fuß unterwegs ist. Der Pendler geht zu einer Abholstation, um dort ein Paket entgegenzunehmen. Bevor er den Auftrag ausführt, entscheidet er sich für den schnellsten Transportweg, wobei er zu Fuß gehen oder mit der U-Bahn fahren kann.
- 3) Der Radfahrer, der zur Abholstation radelt, dort das Paket abholt und dann den Auftrag ausführt.
- 4) Der Kleintransporter-Fahrer, der mit Hilfe eines Kleintransporters die Pakete aus der Zustellbasis abholt, bevor er sie abliefern. Kleintransporter werden nicht nur für reguläre Aufträge, sondern auch für spezielle Gruppenaufträge genutzt.

1.1.2. Prozeß

Um das Crowd-Logistik-Transportsystem zu modellieren, haben wir ein stochastisches Modell basierend auf dem Stadtplan von München entwickelt. Das genutzte Geoinformationssystem (GIS) ermöglicht die Simulation von Transportwegen für Agenten durch verschiedene Transportarten, einschließlich derer zu Fuß, per Rad, Bahn und Auto basierend auf realen Daten. Es wurde wie folgt modelliert:

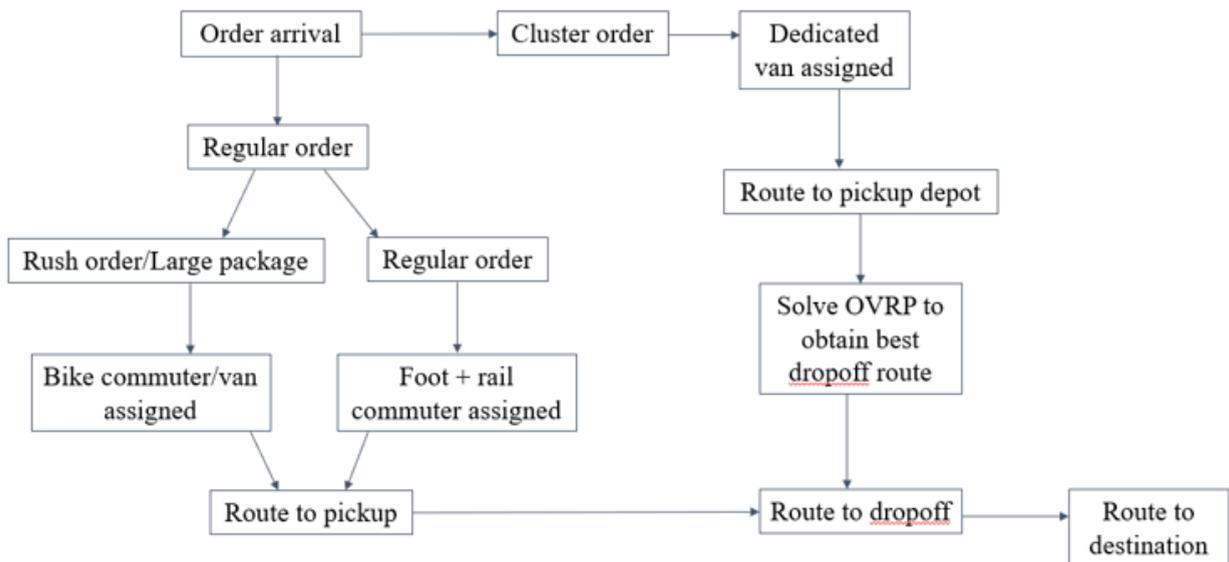


Abbildung 1. Prozess-Flowchart

I) Aus den 25 Stadtbezirken Münchens wurde ein beliebiger ausgewählt. Die Auswahlwahrscheinlichkeiten wurden relativ zur Bevölkerungszahl gewählt.

II) In diesem Gebiet wird ein Auftrag erzeugt. Dabei wird zufällig festgelegt, ob dieser ein regulärer oder ein Gruppenauftrag ist. Der Auftragsengang folgt einem Poisson-Prozess, wobei zwei mögliche Fälle existieren:

Fall 1: Regulärer Auftrag

Zuerst wird ein Kunde an einem zufälligen (basierend auf einer Gleichverteilung) Punkt in dem Gebiet erzeugt. Sobald dieser Kunde generiert wurde, wird ein Abholpunkt für das Paket in einem zufällig gewählten Gebiet erzeugt (möglicherweise in dem Gebiet, in dem der Kunde wohnt). Nach einer exponential-verteilten Verzögerung mit gegebenem Mittelwert wird ein Pendler an einem Ort erzeugt, der nahe dem Einladepunkt ist und mittels Normalverteilung den Abstand festlegt.

Anschließend wird der entsprechende Lieferagent bestimmt. Wenn es sich bei dem Auftrag um ein Standardpaket der Größe 1 handelt, wird der Auftrag dem Fußgänger zugeordnet (der zu Fuß oder mit dem Zug unterwegs ist). Wenn es sich um ein Paket der Größe 2 und/oder ein Eilpaket handelt, wird ein Radler zugeteilt. Im Fall eines Pakets der Größe 3 und/oder eines Eilpakets kommt der Kleintransporter zum Zuge. Der Pendler begibt sich zur Zustellbasis, liefert das Paket beim Kunden ab und fährt/geht dann weiter zu seinem Ziel.

Fall 2: Gruppenauftrag

Zuerst wird eine Gruppe von drei bis zehn Kunden erzeugt, die an beliebig gewählten Orten im Zustellgebiet wohnen. Sobald die Gruppe gebildet ist, wird der Paketabfahrtsort in einer beliebigen Region gewählt. Zusätzlich wird ein Kleintransporter mit einem Abstand basierend auf einer Normalverteilung vom Abfahrtsort nach einer exponential-verteilten Wartezeit erzeugt. Danach wird ein offenes Tourenplanungsproblem (OVRP) gelöst, indem man eine Nächster-Nachbarschaftssuche-Heuristik anwendet, um somit die beste Strecke für den Kleintransporter zu berechnen. Danach nimmt der Kleintransporter die Pakete an und liefert sie entsprechend der durch das OVRP erhaltenen Route ab.

1.1.3. Eingabemaske

Die Eingabemaske wurde in der agenten-basierten Simulationssoftware AnyLogic entwickelt. Der Nutzer kann die Maximalzahl der verschiedenen Agententypen auswählen oder einstellen, dass diese Zahl zufällig bleiben soll. Der Benutzer kann auch die Pendlerate und die Kundenrate festsetzen. Daneben kann der Benutzer die durchschnittliche Ladezeit und die durchschnittliche Transportzeit bestimmen. Beide Parameter werden als deterministisch angenommen. Die Benutzer können auch die Konfidenzintervalle für Abholung und Auslieferung festsetzen – diese setzen obere und untere Grenzen für das Zeitfenster, das der Pendler zur Verfügung hat, um zum Zielpunkt zu gelangen. Die Eingabemaske wird in Abbildung 19 gezeigt:

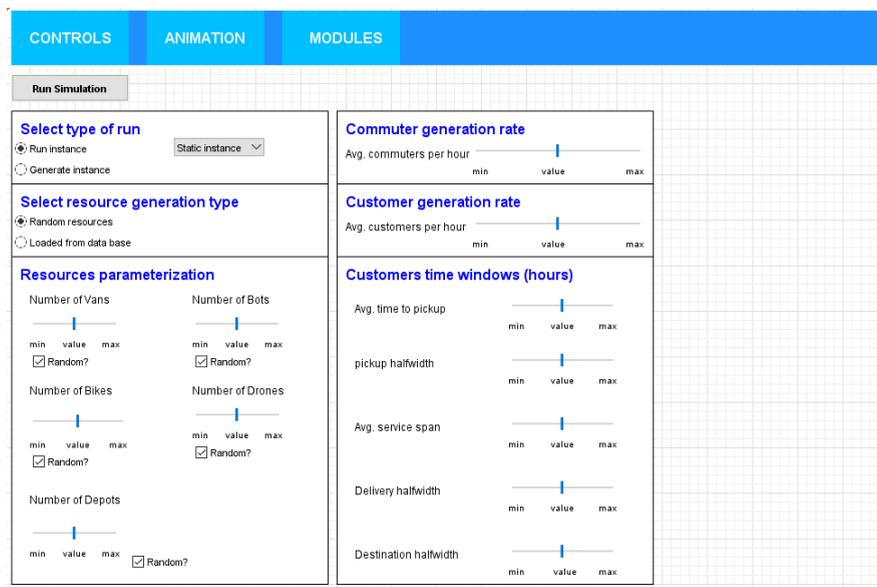


Abbildung 2. Eingabemaske

Während der Simulation ändert sich die Darstellung (siehe Abbildung 2). Ein Benutzer kann dort die Simulation pausieren, unterbrechen, beschleunigen oder verlangsamen.

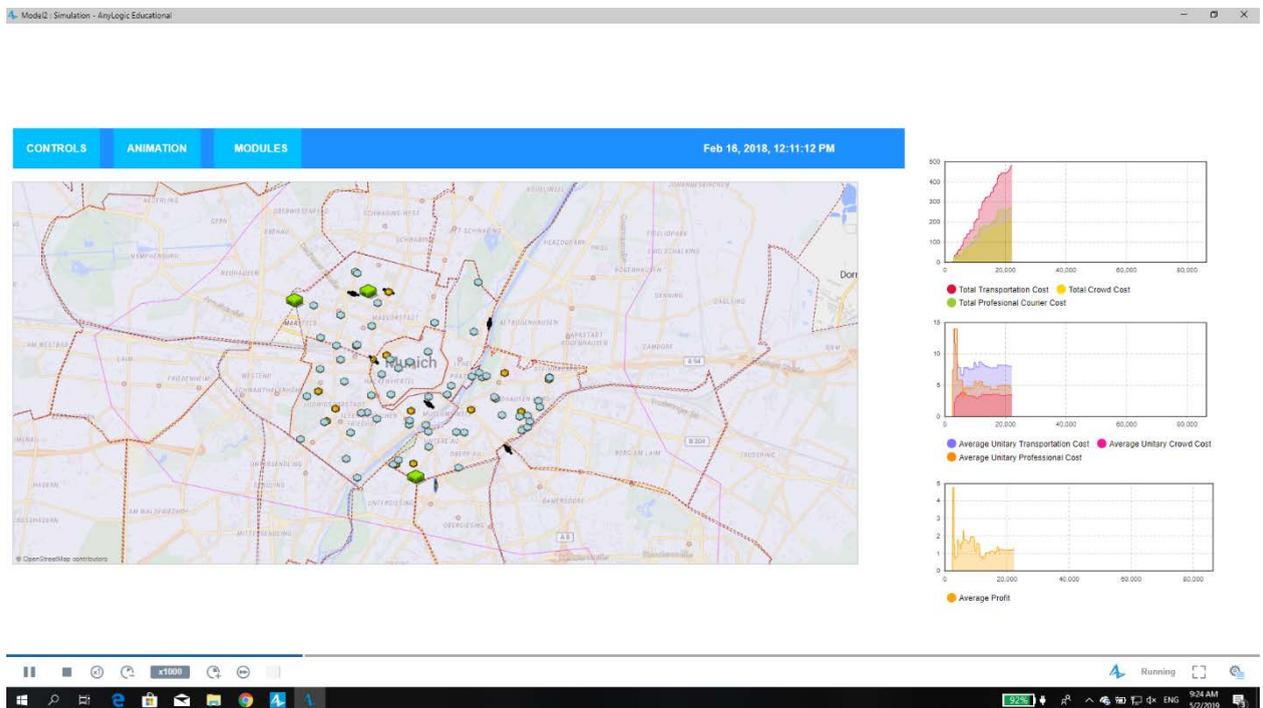


Abbildung 3. Simulation

1.1.4. Modellannahmen

Um das System zu modellieren, wurden folgende Annahmen getroffen:

1. Die Zahl der Pendler ist unbegrenzt. Das bedeutet, dass es für jeden Kunden immer einen Pendler gibt, der potenziell das Paket zustellen kann.
2. Pendler haben vollständige Transparenz; folglich können sie beliebig innerhalb der GIS-Region erzeugt werden.
3. Pendler bewegen sich mit gleichbleibender, deterministischer Geschwindigkeit.
4. Es gibt keine Verzögerungen aufgrund von hohem Verkehrsaufkommen, Baustellen, Bahn-Verspätungen oder menschlichem Versagen.
5. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Auftrag ein Standard-, Express-, oder Sofortzustellungsauftrag ist, ist ein konstanter zeitinvarianter Parameter.
6. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Größe eines Paketes 1, 2, oder 3 beträgt, ist ein fester Parameter und bleibt über die Zeit unverändert.
7. Die Nachfrage zwischen Tagen ist unabhängig.

1.1.5. Grundlagen

- *Bevölkerung*

Die Bevölkerungszahlen für jeden Bezirk stammen vom Statistischen Taschenbuch München 2017, aufgelegt vom Statistischen Bundesamt. Die Wahrscheinlichkeit, ob eine bestimmte Gegend ausgewählt wurde, ergab sich aus der Bevölkerungszahl in dieser Gegend in Relation zur Gesamtbevölkerungszahl in München und wird als Anteil p angegeben. Innerhalb des Gebietes folgen die erzeugten Orte einer Gleichverteilung.

- *Modellparameter*

Für jeden Tagesabschnitt wurde dem Pendlerprofil ein Bereitschaftsfaktor α zugeordnet. Jedem Zeitfenster wurde eine Kundenauftragswahrscheinlichkeit β zugeordnet. Die verwendete Kundenerzeugungsverzögerungsrate beträgt $\lambda \times \beta$ (Einheiten pro Stunde), wobei λ die durchschnittliche Zahl der Kunden pro Stunde angibt. Die Pendlerzuordnungsverzögerungsrate ist $\alpha \times v$ (Einheiten pro Stunde), wobei v die durchschnittliche Zahl der Pendler pro Stunde ist. Die Modellierung der Pendler folgt der Annahme, dass deren Fahrtrouten vorab festgelegt sind und sie kurze Umwege zum Abholen und Ausliefern der Pakete in Kauf nehmen. Als Folge werden die Pendler innerhalb eines Radius vom Abholpunkt P erzeugt. Es wurde eine $N(0; 1/9)$ Normalverteilung (in Meilen) sowohl auf der horizontalen, als auch auf der vertikalen Achse verwendet. Der Breitengrad des Abholortes ist $latitude(P) + \frac{N}{3 \times 69.172}$, da jede Zeile eines Breitengrades ungefähr 69.172 Meilen umfasst. Der neue Breitengrad wurde auf $ngitude(P) + \frac{N \times 180}{latitude(P) \times \pi \times 69.172 \times 3}$ festgelegt. Regulären Fußgängern wurde eine Geschwindigkeit von 1,5 Metern pro Sekunde (mps) zugeordnet. Im Falle der Fahrt mit dem Zug erhöhte sich dieser Wert um 10 mps; Radfahrern wurde eine Geschwindigkeit von 5 mps und Kleintransportern eine von 10 mps zugeordnet. Die untere Grenze für die Auftragsausführung wird definiert als durchschnittlich benötigte Zeit für Einladen + Durchschnittsdienstleistungsdauer + $U(0, \text{Lieferungskonfidenzintervall})$. Schließlich wurde die obere Grenze für die Ankunft des Pendlers am Auslieferungsort definiert als die durchschnittlich benötigte Zeit für das Einladen + Durchschnittsdienstleistungsdauer + $U(0, \text{Lieferungshalbwertszeit})$ + Ziel-Wert.

- *Preisbildung*

Zum Zwecke der Preisbildung wurde der Auftrag umgerechnet ($s \in \{1,2,3\}$). Gleiches galt für die Zeitanforderung des Kundenauftrags ($t \in \{1,2,3\}$, $t = 1 \Rightarrow$ Eilauftrag, $t = 2 \Rightarrow$ Expressauftrag, und $t = 3 \Rightarrow$ Standardauftrag). Diese zwei Parameter wurden dann für die Berechnung der Lieferkosten benutzt. Die Preisfunktion ist definiert als:

$$P(s, t) = (s \times (5 - t)^2)$$

Daraus ergibt sich ein Minimalbetrag von vier Euro für kleine Pakete, die ohne Eilauftrag ausgeliefert werden und 48 Euro für große Pakete, die innerhalb einer Stunde ausgeliefert werden (dies betrifft nur die letzte Meile). Die Auftragsgrößen sind wie folgt verteilt:

$$S(x) = \begin{cases} 0.80 & 0 \leq x < 1 \\ 0.15 & 1 \leq x < 2 \\ 0.05 & 2 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

Die Auftragsdringlichkeit ist wie folgt verteilt:

$$T(x) = \begin{cases} 0.05 & 0 \leq x < 1 \\ 0.15 & 1 \leq x < 2 \\ 0.80 & 2 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

1.1.6. Modellvalidierung

Um die Funktionalität des Modells zu überprüfen, wurden acht Versuchsreihen mit dem Modell durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen wurden mit drei Kontrolldurchgängen verglichen, welche die benutzerdefinierten Parameter als Standardeinstellung hatten. In jeder Testreihe wurde die Gesamtzahl der Kleintransporter, Radfahrer und Fußgänger notiert.

1. Alle benutzerdefinierten Parameter sind auf den Maximalwert der erlaubten Einstellungen gesetzt.
2. Alle benutzerdefinierten Parameter sind auf Null gesetzt.
3. Alle benutzerdefinierten Parameter sind auf den Minimalwert der plausiblen Einstellungen gesetzt.
4. Die Einlade-, Liefer- und Konfidenzintervalle sind auf hohe Werte gesetzt.
5. Die Einlade-, Liefer- und Konfidenzintervalle sind auf niedrige Werte gesetzt.
6. Die Dienstleistungszeit ist auf einen hohen Wert gesetzt.
7. Die Dienstleistungszeit ist auf einen niedrigen Wert gesetzt.
8. Die Kontrollinstanz wurde mit drei verschiedenen beliebig erzeugten Zahlen durchgeführt.

Tabelle 1. Versuchsreihen 1-7

Versuchsreihen	Erwarteter Anteil			Beobachteter Anteil		
	Fußgänger	Fahrrad	Fahrzeug	Fußgänger	Fahrrad	Fahrzeug
1	0.8	0.15	0.05	0.7976	0.1429	0.0595
2	0	0	1	0	0	1
3				0.4578	0.2771	0.2651
4				0.7722	0.1519	0.0759
5				0.76	0.1467	0.0093
6				0.75	0.1429	0.1071
7				0.6937	0.1712	0.0901

Die Versuchsreihen 1-3 wurden durchgeführt, um das Verhalten des Modells für extreme Parameterwerte zu überprüfen. In Versuchsreihe 1 entspricht die Verteilung von Fußgängern, Radfahrern und Kleintransportern der Verteilung der Paketgröße.

In Versuchsreihe 2 werden alle Aufträge durch entsprechende Kleintransporter durchgeführt und kein Auftrag in der vorgesehenen Zeit abgeschlossen.

In Versuchsreihe 3 war erwartet worden, dass mit der Abnahme der festgesetzten Parametergrößen auch die Zahl der zu Fuß gehenden Pendler, die erzeugt werden, abnehmen würde. Umgekehrt war zu erwarten, dass die Zahl der Radfahrer und Kleintransporter zunächst ansteigen würde, dann jenseits eines bestimmten Schwellenwerts sinken, und anschließend, bei Näherung auf den Wert 0, alle Aufträge nur noch durch die Kleintransporter erfüllt werden könnten. Die Tabelle zeigt die Ergebnisse für den Fall, dass alle Parameter zwischen 0,2 und 0,25 festgelegt sind.

Die Versuchsreihen 4-7 wurden durchgeführt um herauszufinden, ob das Modell drastische Änderungen erzeugt, wenn kleine Änderungen in der Eingabe vorgenommen werden. Im Ergebnis wird die Annahme, dass kleine Änderungen in der Eingabe keine massiven Änderungen in der Ausgabe bewirken, bestätigt. In der Versuchsreihe 4 wurden alle Konfidenzintervallparameter auf den Wert 5 gesetzt. Die Ausgabewerte entsprechen erwartungsgemäß denen aus Versuchsreihe 1.

In Versuchsreihe 5 wurden alle Konfidenzintervallparameter auf Werte zwischen 0,2 und 0,25 gesetzt. Die Ausgabewerte zeigen, dass die Zahl der Fußgänger sich verkleinerte, während sich die Zahl der Kleintransporter erhöhte.

In Versuchsreihe 6 wurden die durchschnittlichen Abhol- und Lieferzeiten auf je etwa 10 gesetzt. Die Ausgabewerte sind ähnlich denen in Versuchsreihe 5, weil die übrigen Parameter auf ihre Standardwerte gesetzt wurden.

In Versuchsreihe 7 wurden die durchschnittlichen Abhol- und Lieferzeiten auf je 0,24 gesetzt. Die Ausgabewerte zeigen ein Absinken für Fußgänger und einen Anstieg für Radfahrer und Kleintransporter, allerdings nicht in so starkem Ausmaß wie bei Versuchsreihe 3.

Versuchsreihe 8 wurde durchgeführt um sicherzustellen, dass das Modellverhalten sich nicht ändert, wenn die Zufallszahlen sich ändern. Die drei in Runde 1, 2 und 3 verwendeten Startwerte waren 12781, 12781782, und 339487731. Sie waren beliebig ausgewählt aus dem Intervall $[1; 2^{32}]$.

Tabelle 2. Kontrollinstanzen

Agent Type	Control 1 obs	Control 2 obs	Control 3 obs
Pedestrians	0.7093	0.7632	0.7463

Bikes	0.2093	0.1447	0.1641
Vans	0.0814	0.0921	0.0896

Tabelle 3. Versuchsreihe 8

Agent Type	Seed 1 obs	Seed 2 obs	Seed 3 obs
Pedestrians	0.8590	0.805	0.8421
Bikes	0.1282	0.155	0.1184
Vans	0.0128	0.04	0.0395

Die Abweichungen sind darauf zurückzuführen, dass die Simulationen nur für eine sehr kurze Zeit liefen.

1.1.7. Technische Details der Simulation

- *Parameter und Variablen*

I. Collections

- (a) commuter origin: ArrayList Ausgangsorte der Pendler
- (b) commuter destination: ArrayList Zielorte der Pendler
- (c) commuter profile: LinkedHashMap (Zeit, Zweifach) Paare, die den Wahrscheinlichkeitsfaktor α für einen Pendler zu einer bestimmten Zeit angeben
- (d) commuter probability: [abgeschrieben]
- (e) customer origin: ArrayList Orte, an denen Kunden sich ursprünglich aufhalten
- (f) customer pro_le: LinkedHashMap (Zeit, zweifach) Paare, die den Bereitschaftsfaktor β eines Kunden zu einer bestimmten Zeit angeben
- (g) hexagonal zones: ArrayList Koordinaten einer Hexagon-Zone in der Stadt
- (h) Stations: ArrayList of GISPoints Sammelpunkt für alle U-Bahnstationen
- (i) Regions: ArrayList of GISRegions Verwaltungsbezirke innerhalb der Stadt

II. Parameter

- (a) num_zones: Gesamtzahl der GIS-Zonen in der Stadt
- (b) num_depots: benutzer-definierte Depots in der Simulation
- (c) num_bikes: benutzer-definierte Höchstzahl an Fahrrädern
- (d) num_vans: benutzer-definierte Höchstzahl an Kleintransportern
- (e) num_drones: benutzer-definierte Höchstzahl an Drohnen
- (f) num_bots: benutzer-definierte Höchstzahl an Bots
- (g) matching_type: [abgeschrieben]
- (h) static_instance: benutzer-definierte Bool'sche Größe, die bestimmt, ob der erzeugte Vorgang einer Simulation statisch ist oder nicht
- (i) Random_resource: benutzer-definierte Bool'sche Größe, die bestimmt, ob die Pendler, die nicht Fußgänger sind, beliebig beladen werden
- (j) cus_hour_based_lambda: benutzer-definierte Kundenankunftsrate (in Stunden)
- (k) comm_hour_based_lambda: benutzer-definierte Kundenerzeugungsrate (in Stunden)
- (l) tw_width_var: benutzer-definierte Auflade-Konfidenzintervalle
- (m) tw_width: benutzer-definierte durchschnittliche Lieferzeit
- (n) pick_tw: benutzer-definierte durchschnittliche Ladezeit
- (o) delivery_tw_var: benutzer-definierte Auslieferungskonfidenzintervalle
- (p) dest_hw: benutzer-definierte Ziel-Konfidenzintervalle
- (q) footmen: Gesamtzahl der Pendler, die zu Fuß unterwegs sind und ausgeliefert haben
- (r) bikers: Gesamtzahl der radfahrenden Pendler, die ausgeliefert haben
- (s) van: Gesamtzahl der Kleintransporter, die ausgeliefert haben
- (t) foot_time: Gesamtzeitaufwand der Pendler, die zu Fuß ausgeliefert haben
- (u) bike_time: Gesamtzeitaufwand der radfahrenden Pendler, die ausgeliefert haben

- (v) van_time: Gesamtzeitaufwand der Kleintransporter, die ausgeliefert haben
- (w) van_rand: benutzer-definierter Bool'scher Parameter der festlegt, ob die Höchstzahl an Kleintransportern in der Simulation beliebig ist
- (x) bike_rand: benutzer-definierter Bool'scher Parameter, der festlegt, ob die Höchstzahl an Radfahrern in der Simulation beliebig ist

III. Variable

- (a) OD: [veraltet]
- (b) OD_customers: [abgeschrieben]
- (c) num_customers: Gesamtzahl der Kunden im System
- (d) num_commuters: Gesamtzahl der Pendler im System
- (e) hexagon radius: Radius sämtlicher Hexagone, in die der GIS-Raum eingeteilt ist
- (f) revenue: The amount of revenue generated
- (g) Rand: Zufallszahlgenerator, der immer dann eingesetzt wird, wenn ein neuer Zufallswert angefordert wird
- (h) Population: hier ist die Bevölkerungszahl jeder Gegend gespeichert
- (i) total_delivery_time: Gesamtzeit für Auslieferungen
- (j) completed orders: Gesamtzahl der Auslieferungen
- (k) bikes_active: Zahl der aktuell im System aktiven Fahrräder
- (l) vans_active: Zahl der aktuell im System aktiven Kleintransporter

IV. Routing

- (a) pedestrianRouting: Weg der Fußgänger im GIS-Raum
- (b) railRouting: Fahrtroute der Züge im GIS-Raum
- (c) bikeRouting: Fahrtroute der Fahrräder im GIS-Raum

V. Agenten

- (a) Commuters: Normale Pendler, die zu Fuß oder per Bahn unterwegs sind
- (b) Customers: Auslieferungspunkt der Pakete
- (c) Depots: Standorte zur Beladung von Paketen (noch nicht aktiv)
- (d) Vans: Kleintransporter die für Express-Sendungen zur Verfügung stehen
- (e) Bikes: Normale Rad fahrende Pendler
- (f) Bots: Auslieferungsroboter (noch nicht aktiv)
- (g) Drones: Auslieferungsdrohnen (noch nicht aktiv)

VI. Ereignisse

- (a) daily_generator: Das ursprüngliche Ereignis in der Simulation bewirkt, dass Kunden gemäß eines Poisson-Prozesses in der vom Benutzer gewählten Häufigkeit generiert werden
- (b) daily_destroyer: Das Ereignis vom Ende des Tages, bei dem sichergestellt wird, dass keine Aufträge in der Nacht ausgeführt werden
- (c) DynamicCommuters: Das dynamische Ereignis erzeugt Pendler, die zu Fuß unterwegs sind und ordnet diese einem Kundenauftrag zu
- (d) DynamicCustomers: Ein dynamisches Ereignis, das einen Kunden erzeugt und die Schaffung eines Lieferanten bewirkt
- (e) DynamicBikes: Ein dynamisches Ereignis, das einen Rad fahrenden Pendler erzeugt und diesen einem bestimmten Kundenauftrag zuordnet
- (f) DynamicVans: Ein dynamisches Ereignis, das einen Kleintransporter erzeugt und diesen einem bestimmten Kundenauftrag zuordnet
- (g) DynamicDrones: Ein dynamisches Ereignis, das eine Lieferdrohne erzeugt und diese einem bestimmten Kundenauftrag zuordnet
- (h) DynamicBots: Ein dynamisches Ereignis, das einen Auslieferungs-Bot erzeugt und diesen einem bestimmten Kundenauftrag zuordnet

VII. Funktionen

- (a) load_data: Funktion, die alle Eingabewerte gliedert und in Variablen lädt.
- (b) load_sequences: [abgeschrieben]
- (c) customers_generator: [abgeschrieben]
- (d) commuters_generator: [abgeschrieben]
- (e) resource_load: [abgeschrieben]

- (f) totalTravelTime: Funktion, die die Gesamtfahrzeit als Wertepaar ausgibt (vom Beginn über Einladen über Lieferung am Zielort), die ein Agent unterwegs ist (einschließlich der Fahrzeit zur Zustellbasis und zwischen Stationen)
- (g) coordinates_offset: [abgeschrieben]
- (h) tiling: Funktion, die die Hexagone, welche den GIS-Raum aufteilen, definiert
- (i) stationAssignment: [abgeschrieben]
- (j) detourDistance: Funktion, die den gesamten (über den Beginn der Fahrt bis zum Einladen + Ausladen am Zielort) Umweg eines Agenten als Wertepaar ausgibt
- (k) generate commuter: Funktion, die die Bildung eines neuen Lieferagenten anstößt
- (l) generate customer: Funktion, die die Bildung eines neuen Kundenauftrags anstößt
- (m) nextRegion: Funktion, die eine Zufallsgegend aus allen möglichen GIS-Gegenden basierend auf der Bevölkerungszahl der Gegend anstößt
- (n) poissonDelay: Funktion, die basierend auf einer Exponentialverteilung mit Parametern und auf dem Bereitschaftsfaktor der Pendler und auf der Tageszeit und auf dem benutzerdefinierten Häufigkeitsparameter ein Paar erzeugt und dann den Agenten genau für die Dauer dieses Paares (in Sekunden) zurückhält.
- (o) nearestStation: Funktion, die die dem Eingabeort nächste Station als Punkt ausgibt
- (p) nearestStationPt: Funktion, die die dem Eingabeort nächste Station als GIS-Punkt ausgibt
- (q) totalTimeToPickup: Funktion, die die Gesamtzeit bis zum Einladen des Auftrags (von Beginn bis zum Einladen) für den Pendler als Wertepaar ausgibt
- (r) noRailTravelTime: Funktion, die die Gesamtfahrzeit (Beginn über Einladen über Ausladen am Auslieferungsort) des Agenten als Wertepaar ausgibt (unter der Annahme, dass der Agent keinen Zug benutzt)
- (s) getPrice: Funktion, die den Gesamtpreis für die Lieferung basierend auf der Preisfunktion als Wertepaar ausgibt

1.2. Entwicklung einer mobilen Anwendung für Crowd Logistik

Wir entwickelten im Rahmen des Projekts eine Android-Anwendung für die praktische Vorführung.

1.2.1. Ziele und Ausmaß

Das Hauptziel ist es, eine Anwendung aufzubauen, in der jeder Kunde einen Kurier aus der Crowd in kurzer Zeit finden kann. Neben der Implementierung von Webdiensten, der Datenbankstruktur und dem Serveraufbau soll eine voll funktionsfähige, mobile Android-Anwendung für Endbenutzer bereitgestellt werden.

- Auf Kundenseite: Auftragserteilung, Verfolgung des aktuellen Stands, Belohnung
- Auf der Seite des lieferbereiten Kuriers aus der Crowd: Aufträge reservieren
- Kommunikationssystem zwischen Kunden und Crowdkurier
- Benutzer-Einsicht-System
- Verwaltungswerkzeuge
- Echtzeitfähigkeit
- Finden und Ausschluss von schlechten Nutzern
- Leichte Handhabung, moderne Schnittstelle

1.2.2. Entwicklungsumgebung

Die folgenden Werkzeuge, Methoden und Sprachen wurden bei der Implementierung des Projektes eingesetzt:

Tabelle 4. Methoden und Sprachen

Items	Applied for
	Methods
Use Case	Requirements Capturing
Burn down chart	Schedule
MVC	Design Pattern

RESTful	Data Flow
Tools	
Rational Rose	System Design
PHP Storm	Integrated development environment
Android Studio	Development of mobile app
DataGrip	Database Design and maintenance
Firebase	Live notification server
Google Cloud Messaging	Internal messenger
JSON	Data interchanging
Gradle	Application Building System
Photoshop	UI Design
Proguard	Encryption of source code
Genymotion	Android Emulator
Android SDK	Android Development
Apache Server	Server Setup
MySQL Server	Server Setup
FileZilla	File transfer
Putty	SSH connection
GIT	Version Control
Languages	
PHP	Web Backend Development
Java	Frontend Development
XML	Design
SQL	Database Queries

1.2.3. Dokumentation der Besonderheiten

- Android-Besonderheiten

Tabelle 5. Android-Besonderheiten

Feature Category	Feature Name	Description
Parcel Map	Picks up radius filter	
Parcel Map	Transportation radius filter	
Parcel Map	Display parcel on map	
Parcel Map	Show destination location	For a selected parcel show final destination location
Parcel Map	Show courier location	Show exact position of user using GPS

		Show parcel owner, latest delivery time, rewarded bonus points for a selected parcel
Parcel Map	Show parcel info	
Parcel Map	Button to quick reserve	
My Orders (for customers)	New order	Fill out the form and submit publish
My Orders (for customers)	Show orders in progress	
My Orders (for customers)	Show completed orders	
My Jobs (for couriers)	Show jobs in progress	
My Jobs (for couriers)	Show completed jobs	
My Jobs (for couriers)	Status changing	Mark parcel as delivered if job is done
Messages	Internal real time chat	Link customer and courier
Profile	Show earned bonus points	
Notification	Notify on success	If parcel is delivered
Notification	Notify on fail	If order was not done by anyone
Login	Login	Sign in by email and password
Sign up	Sign up	

- Server

Tabelle 6.Server

Feature Category	Feature Name
Web Server	Apache + MySQL Integration
Database	Users
Database	Chat rooms
Database	Messages
Database	Packages
Database	Rates
Messages	Google Cloud Messaging Integration

1.2.4. Dokumentation für den Endnutzer

- Anmeldung und Login

Bei der Benutzung der App kommt man zuerst zum Login. Bereits registrierte Nutzer können sich direkt durch Eintippen der Emailadresse und des Kennwortes anmelden. Wer sein Kennwort vergessen hat, kann “forgotten password?” eintippen.

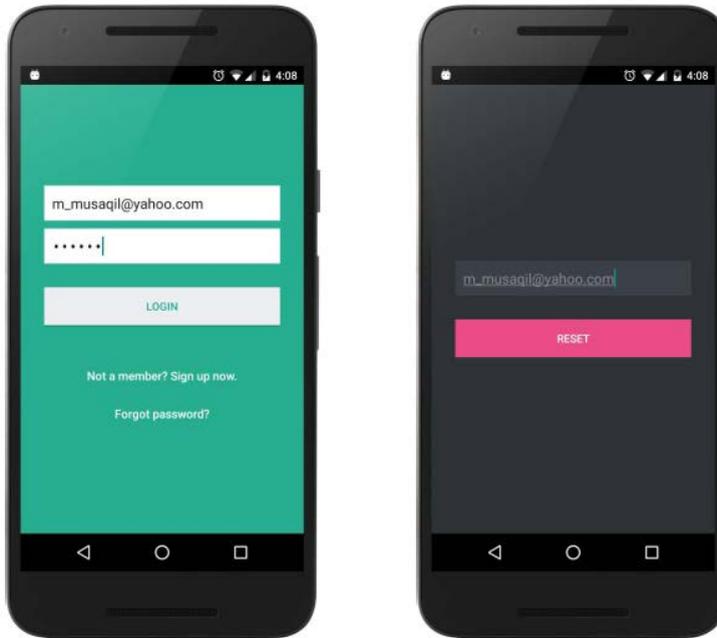


Abbildung 4. Anmeldung und Bild bei vergessenem Kennwort

Wer die Anwendung erstmalig nutzt, muss sich registrieren. Die Registrierung wird aktiviert durch Klick auf “Sign up now”. Es ist ein Formular ausfüllen, um die Registrierung fertigzustellen.

Das Formular verlangt folgende Informationen:

- Name (Vorname und Nachname)
- Emailadresse
- Profilfoto – kann aus der Fotogalerie angeklickt werde
- Staatsbürgerschaft
- Geburtsdatum (tt.mm.jjjj)
- Kennwort

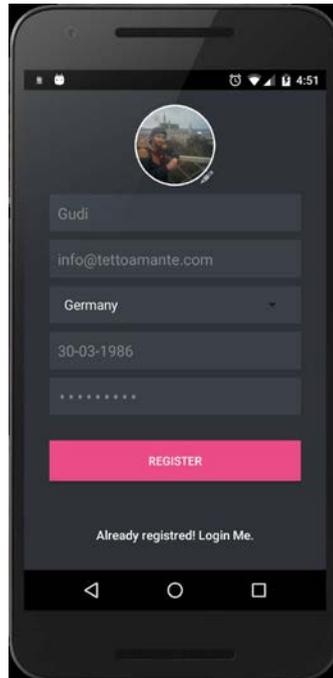


Abbildung 5. Erstregistrierung

- **Paketkarte**
Eine der zentralen Funktionen der Anwendung ist auf dieser Seite implementiert, die eine Karte beinhaltet, auf der der Aufenthaltsort durch einen blauen Kreis angezeigt wird. Alle erreichbaren Pakete werden auf der Karte angezeigt. Die Ergebnisse werden durch Auswahlfilter reguliert.

Zwei Filter sind über die Karte gelegt:

- Auswahlraum für das Einladen – hier wird der Radius für nahegelegene Pakete angepasst
- Transportauswahl – wie lang es dauern sollte, ein Paket zu transportieren

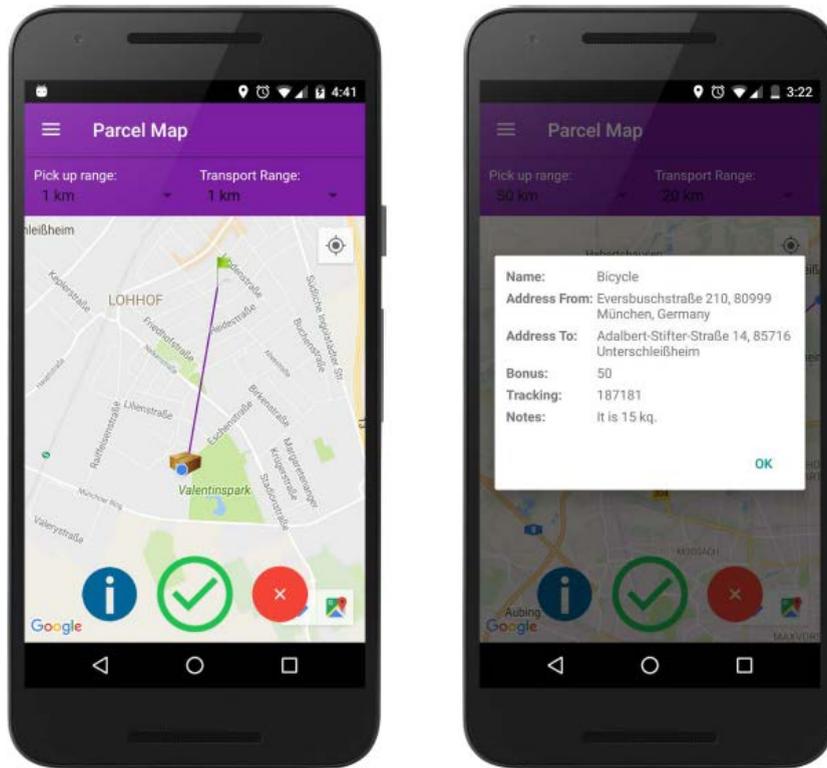


Abbildung 7. Paketkarte

- Meine Aufträge

Die Seite “my orders” wendet sich an Kunden, die einen Auftrag aufgeben oder laufende Aufträge nachverfolgen möchten. Sie hat zwei Anwendungen:

1. Ongoing order – noch nicht fertiggestellte Aufträge
2. Completed order – fertig gestellte Aufträge

Abbildung 7 zeigt beide Seiten. Unter “ongoing ” findet man alle Aufträge, die noch nicht beendet sind, als Liste. Jeder Auftrag wird mit Namen, Abholadresse und aktuellem Stand der Bearbeitung aufgezeigt. Der aktuelle Stand des Paketes wird mit ‘waiting’ angegeben, wenn der Auftrag noch nicht veröffentlicht wurde und noch auf den Kurier wartet. Sobald jemand auf den Auftrag reagiert, springt die Anzeige auf ‘reserved’.

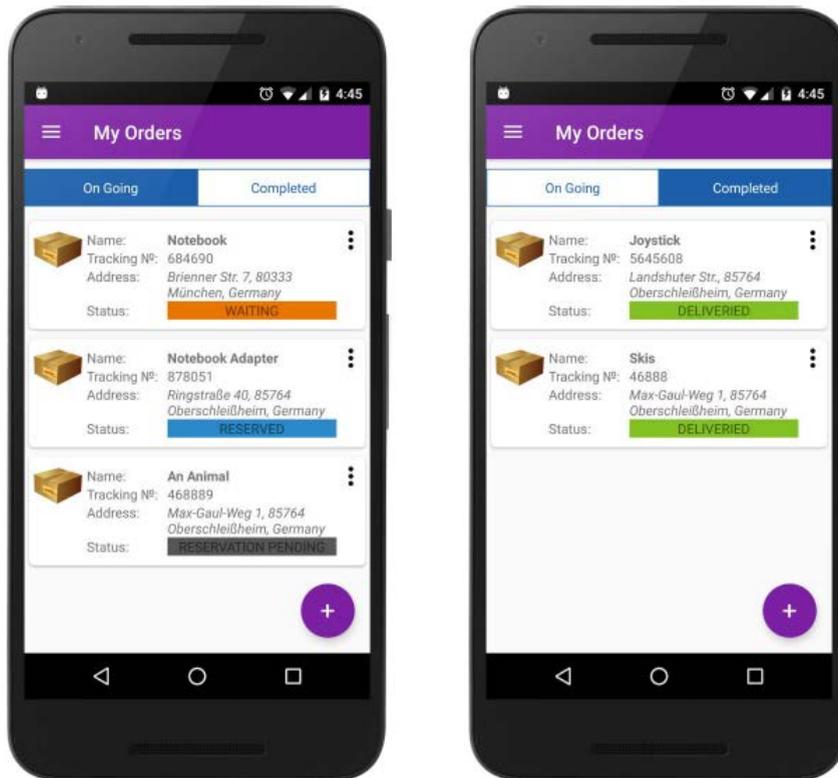


Abbildung 8. Aufträge

Am rechten unteren Rand ist ein grüner '+' Knopf. Wenn man diesen anklickt, kann man einen neuen Auftrag eingeben. Daraufhin wird eine neue Seite mit einem Formular geöffnet. Das Formular enthält:

- Name des Pakets – z.B. Eintrittskarten, Unterlagen, ...
- Absendeort
- Auslieferungsort
- spätestes gewünschtes Zustelldatum und Uhrzeit
- Vergütungspunkte
- Notizen – z.B.: zerbrechlich, bitte vorsichtig handhaben.

Wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist, dauert das Ausfüllen dieses Formulars nicht mehr als ein paar Minuten. Sobald dieses Auftragsformular erfolgreich übermittelt wurde, sehen es alle Kurierere.

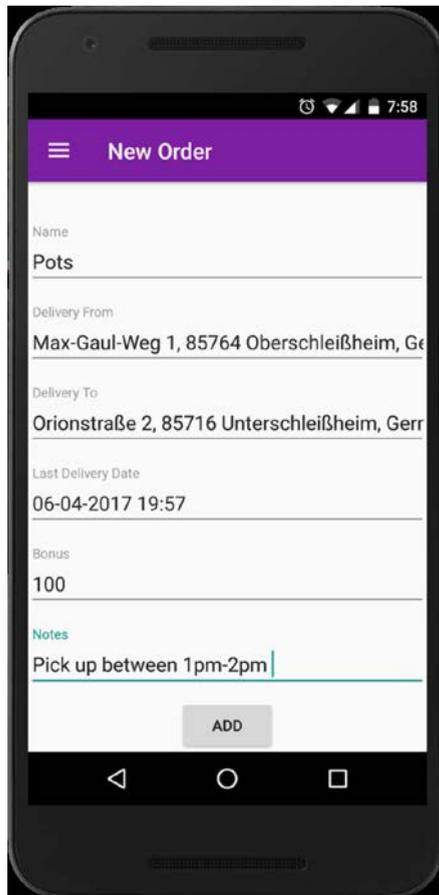


Abbildung 9. Neuer Auftrag

- Meine Auftragsliste

Die Seite 'My Jobs' wurde speziell für Kuriere entwickelt. Hier finden Kuriere alle angenommenen Lieferaufträge. Sie können jederzeit nachsehen, an wen und wo sie ein Paket liefern sollten. Außerdem können sie, wenn sie ein Paket erfolgreich abgegeben haben, den Bearbeitungsstand des Paketes ändern, indem sie es als abgeliefert kennzeichnen. Gleichzeitig erhöht sich der Kontostand des Kuriers um den Betrag, der auf dem Paket als Bezahlung stand.

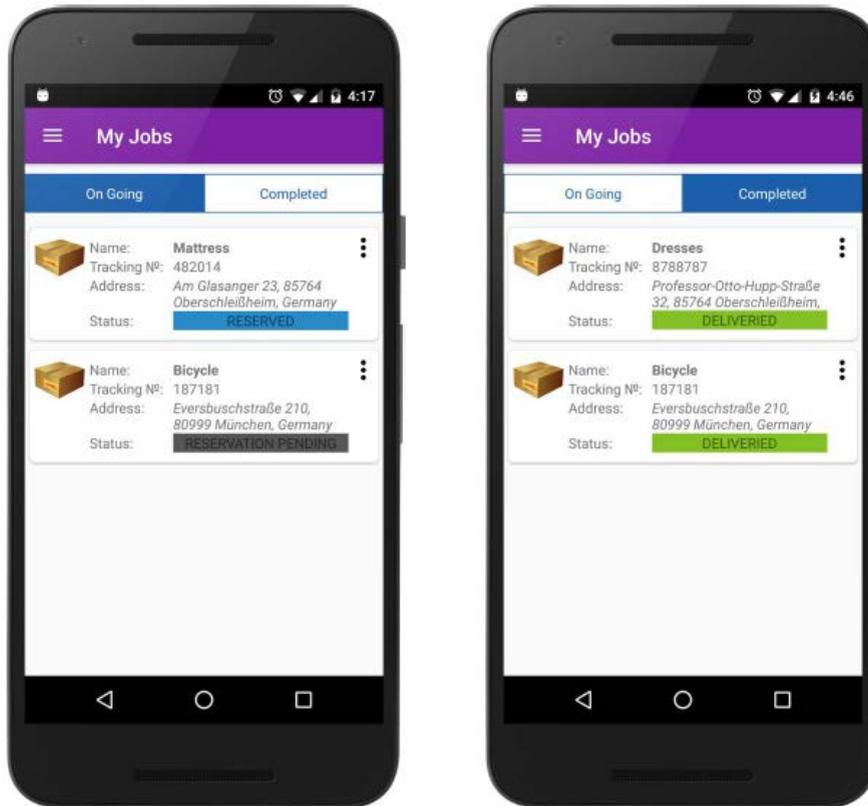


Abbildung 10. Auftragsliste

- Nachrichten

Dieser Dienst erlaubt die normale Kommunikation zwischen Kurier und Kunde. Das erste Bild in Abbildung 10 zeigt die Liste aller Gespräche, an denen der Benutzer teilnahm. Sie sind zeitlich angeordnet. Am rechten Rand jedes Gesprächs wird die Zeit der letzten erhaltenen Nachricht angezeigt. Der Benutzer eröffnet einen Dialog, indem er auf „chat“ klickt. Er kann eine Nachricht schicken und den „send“-Knopf drücken, um die Nachricht dem Gegenüber zu schicken. Unter jeder Nachricht erscheint die Absenndezeit. Der Dienst arbeitet in Echtzeit. Der Benutzer kann, während er ein Dialogfenster offen hat, nicht die Seite aktualisieren oder nachsehen, ob eine neue Nachricht angekommen ist. Neue Nachrichten erscheinen automatisch. Sobald der Benutzer eine Anwendung geschlossen hat, erhält er eine Benachrichtigung, wenn jemand ihm eine neue Nachricht geschickt hat. Wenn er auf die Benachrichtigung klickt, kann er direkt am aktiven Dialog teilnehmen.

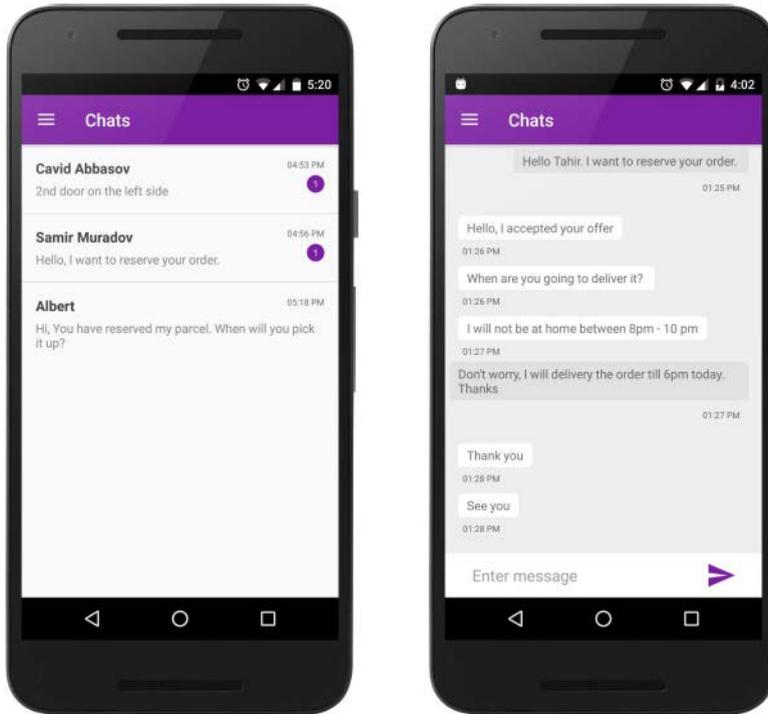


Abbildung 11. Nachrichten



Abbildung 12. Benutzerkonto

- Benutzerkonto und Homepage

Sowohl der Kurier als auch der Kunde können jederzeit ihre Benutzereinstellungen einsehen und verändern. Die Benutzerinformation enthält den vollen Namen, die Emailadresse, die Zahl der Bezahlpunkte, die Gesamtbewertung, die Zahl der Bewertungen und die Zahl der ausgelieferten Pakete. Der Knopf mit dem Stift am oberen rechten Rand ermöglicht es dem Benutzer, seinen kompletten Namen und seine Emailadresse zu ändern.



Abbildung 13. Homepage

Bei Aufruf der Anwendung sieht der Benutzer zunächst seine Homepage. Sie enthält die Daten über den Benutzer in Echtzeit. Am oberen Rand der Seite wird der Kontostand angezeigt. Darunter ist die Zahl der noch zu liefernden und abzuholenden Pakete angezeigt.

Referenzen

Nieto-Isaza S., Fontaine P., Minner S. (2020). Strategic Network Design for Last-Mile Delivery with Crowd Resources. *Working Paper*.

Teil 6 - Praxisdemonstrator

Emanuel Herrmann*

**HNU Neu-Ulm University of Applied Sciences, Wileystraße 1, 89231, Neu-Ulm, Germany*

© The Authors

Inhalt

1. Aufbau.....	113
1.1. Sendungen.....	113
1.2. Kuriere.....	113
1.3. App.....	113
1.4. Paketboxen.....	113
1.5. Tracking.....	114
2. Durchführung.....	114
Anhang A.....	115

1. Aufbau

1.1. Sendungen

Der Praxisdemonstrator bestand aus drei Aufträgen. Der Sendungsursprung von allen Aufträgen war die Technische Universität München (TUM). Das Sendungsziel von Auftrag 1 sowie Auftrag 3 war das Westkreuz (Aubing), das Sendungsziel von Auftrag 2 befand sich am Standort der Emmasbox GmbH (Laim). Auftrag 1 und 2 standen ab 12 zur Abholung bereit, Auftrag 3 ab 13 Uhr (vgl. Tabelle 1). Dabei ist Auftrag 1 durch die kurze Lieferfrist von einer Stunde als dringend einzustufen.

Sendung	Ursprung	Ziel	Früheste Abholung	Späteste Ankunft
Auftrag 1	TUM	Westkreuz	12:00	13:00
Auftrag 2	TUM	Emmasbox	12:00	16:00
Auftrag 3	TUM	Westkreuz	13:00	15:00

Tabelle 1: Sendungen für den Praxisdemonstrator

1.2. Kuriere

Insgesamt haben drei Kuriere zur Durchführung des Demonstrators beigetragen. Davon waren zwei Kuriere Studenten der TUM, die die Funktion eines Crowdkuriers übernommen haben. Der dritte Kurier wurde von dem Kurierdienst Transpedal Fahrradkurier GmbH bereitgestellt, und hat die Funktion des professionellen Kuriers übernommen.

1.3. App

In einer von der TUM entwickelten App wurden die Auftragsdaten hinterlegt. Die Daten konnten durch die Kuriere während des Demonstrators abgerufen werden (vgl. Abbildung 1).

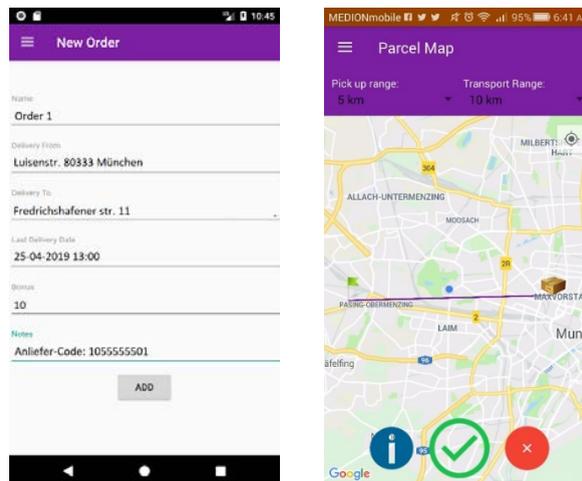


Abbildung 1: App für CCL, links: Auftragsdaten, rechts: Karte mit Ursprung und Ziel

1.4. Paketboxen

Von der Emmasbox GmbH bzw. der Stadt München (vgl. Quartiersbox¹) wurde der Zugang zu zwei Paketboxen bereitgestellt, die sowohl als Ziel sowie zur indirekten Übergabe für mehrstufige Transporte fungiert haben. Der

¹ <https://www.muenchen.de/leben/orte/quartiersbox.html>

Zugang zu einem Fach erfolgte über einen Zugangscode. Die Codes für jeden Auftrag wurden in der App hinterlegt und konnten durch die Kuriere abgerufen werden, um so Zugang zu den Schließfächern zu erhalten.

1.5. Tracking

Um die Transporte verfolgen zu können, wurde von der T-Systems GmbH Tracking Hardware sowie Tracking Software zur Verfügung gestellt. Bei der Hardware handelte es sich um ECD Solid II Tracker², die sich durch flexiblen Einsatz, auch im Freien, und durch Erfassung zahlreicher Parameter auszeichnen. Die Software ist ein umfassendes Cloud Tool, von welchem spezielle Funktionen für den Demonstrator verfügbar gemacht wurden. Abbildung 2 zeigt einen Screenshot des Kartentools der bereitgestellten Software.

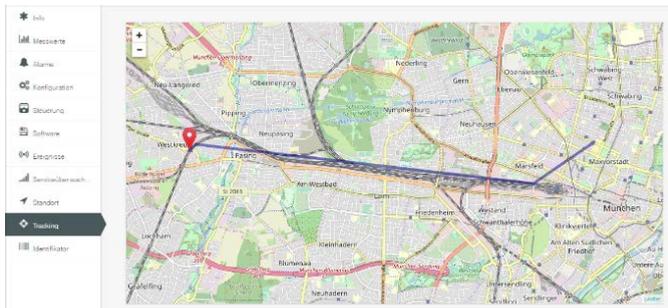


Abbildung 2: Ausschnitt Tracking Tool (© T-Systems GmbH)

2. Durchführung

Die Durchführung erfolgte gemäß der schematischen Darstellung in Abbildung 3. Auftrag 1 wurde als Direkttransport, d.h. von Sendungsursprung bis zum Sendungsziel, durch den professionellen Kurier um 12 Uhr ausgeführt. Zusätzlich wurde Auftrag 2 durch denselben Kurier als Teiltransport ausgeführt. Beide Sendungen wurden

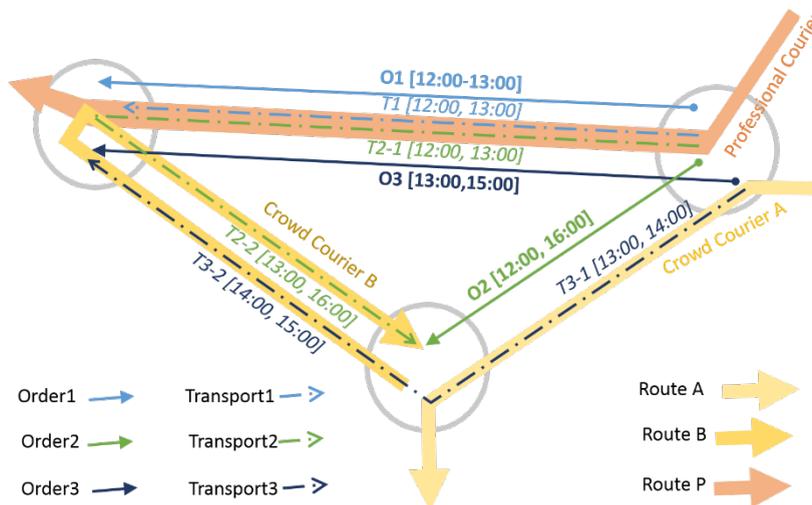


Abbildung 3: Testsendungen für den Praxisdemonstrator. Die Zeiten in den eckigen Klammern geben früheste Abholung und späteste Ankunft an in verschiedenen Schließfächern der Paketbox am Westkreuz deponiert. Obgleich Auftrag 1 und Auftrag 3 denselben Ursprung und dasselbe Ziel, hatten, wurde Auftrag 3 nicht durch den professionellen Kurier ausgeführt, da dieser

² <https://www.ecd-online.de/produkte/ecd-telematikgeraete/>

Auftrag erst eine Stunde später verfügbar wurde. Stattdessen wurde dieser Auftrag durch einen Crowdkurier eine Stunde später als Teiltransport durchgeführt und in einem Schließfach bei der Emmasbox GmbH für den Weitertransport hinterlegt. Ein weiterer Crowdkurier hat diesen Auftrag im Anschluss abgeholt und am Ziel in der Box am Westkreuz deponiert, und im Anschluss den Auftrag 2 abgeholt und zur Emmasbox GmbH befördert.

Alle Transportvorgänge konnten durch die Tracking Software von den Praxispartnern am Computer nachvollzogen werden. Während das Deponieren am Westkreuz per Webcam erfolgte, konnte das Deponieren bei der Emmasbox GmbH live verfolgt werden. Der Zugriff der Kuriere auf die Boxen erfolgte ohne Supervision; die Übergabe der Sendungen unter Zuhilfenahme der Boxen erfolgte ohne Koordination der Kuriere.

Damit wurden Folgende Anwendungsfälle demonstriert:

- Transport eines dringenden Auftrages durch einen professionellen Kurier
- Zugriff auf Boxen ohne Supervision
- Bereitstellung der notwendigen Daten via App
- Koordination der Kuriere
- Kooperativer Transport (1 Sendung wird von mindestens 2 Kurieren transportiert)
- Bündelung von Sendungen (1 Kurier transportiert mindestens 2 Aufträge)
- Individuelles Tracking

Anhang A.



Abbildung 5: Bedienterminal einer Box (© Emmasbox GmbH)



Abbildung 4: Quartiersbox am Westkreuz

Quelle: <https://pbs.twimg.com/media/DjLUqKQWwAAm13F.jpg>



Abbildung 6: Ankunft des Crowdkuriers am Westkreuz (© Emmasbox GmbH)

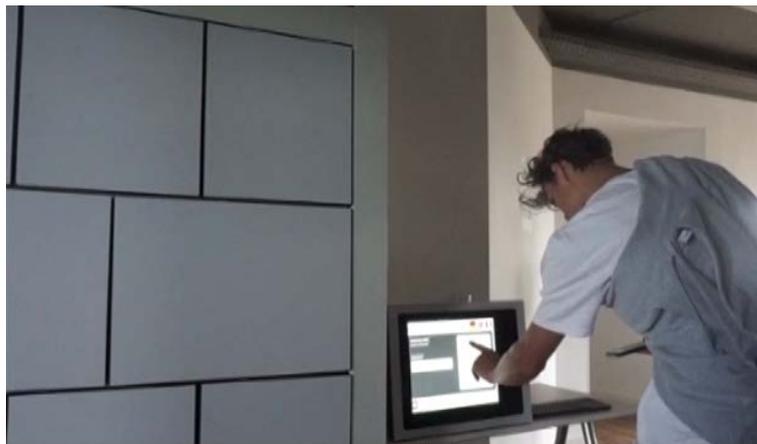


Abbildung 7: Eingabe des Zugangscodes (© Oliver Kunze)

Teil 7 – Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Im Berichtszeitraum durchgeführte Maßnahmen:

Maßnahme	Ziel	Rahmen	Zeitraum
Update Projekthomepage	Ergebnistransfer an Dritte, Networking	https://www.hs-neu-ulm.de/ccl  	laufend
1. Projektbegl. Ausschuss PA	Ergebnistransfer an Projektpartner	PA-Sitzung 	5.10.2017
Vorstellung des Projektes bei der BVL	Information über den Projekthalt	BVL Kongress– Poster Session 	27.10.2017
2. Projektbegl. Ausschuss PA	Ergebnistransfer an Projektpartner	PA-Sitzung 	08.02.2018
Konferenzbeitrag	Ergebnistransfer an Dritte	mobil.TUM 	13.06.2018
Vorstellung des Projektes auf TBS Forschungstag	Ergebnistransfer an Dritte, Networking	TBS-Forschungstag 	20.06.2018
Konferenzbeitrag	Ergebnistransfer an Dritte	OR Conference, Brüssel 	02.09.2018
Vortrag	Ergebnistransfer an Dritte	Scientific Dinner Talk, DAAD, Singapore 	21.09.2018
3. Projektbegl. Ausschuss PA	Ergebnistransfer an Projektpartner	PA-Sitzung 	25.10.2018
Konferenzbeitrag	Ergebnistransfer an Dritte	NYU Abu Dhabi Transportation Symposium 	18.11.2018
Vorstellung des Projekts an der TUM	Ergebnistransfer an Dritte	Mobile @ TUM 	26.11.2018
Vorstellung des Projektes auf dem U.L.M	Ergebnistransfer an Dritte (regionale Wirtschaft)	Ulmer Logistik Meeting 	29.11.2018
4. Projektbegl. Ausschuss PA	Ergebnistransfer an Projektpartner	PA-Sitzung    	25.04.2019
Konferenzbeitrag	Ergebnistransfer an Dritte	GOR Konferenz, Dresden 	6.9.2019
Magazinbeitrag	Ergebnistransfer an Dritte	BVL Magazin Drei 2019 	Juli 2019
Konferenzbeitrag	Ergebnistransfer an Dritte	Logistik Management, Halle  	20.9.2019

5. Projektbegl. Ausschuss PA	Ergebnistransfer an Projektpartner	PA-Sitzung 	10.10.2019
Vorstellung der CCL Ergebnisse	Ergebnistransfer an Dritte	BVL Kongress 	23-25.10.2019
Veröffentlichung zu AP1	Ergebnistransfer an Dritte	Transport Research Procedia 	5.12.2019
Veröffentlichung zu AP5	Ergebnistransfer an Dritte	HNU Working Paper 	8.12.2019

Tabelle 1: durchgeführte Maßnahmen in AP7

Weitere kurzfristig geplante und absehbare Maßnahmen:

Maßnahme	Ziel	Rahmen	Zeitraum
Veröffentlichung zu AP4	Ergebnistransfer an Dritte	European Journal of Operations Research 	Q1 2020
Vorstellung der CCL Ergebnisse	Ergebnistransfer an Dritte	ISSL Dresden 	16/17.6.2020

Tabelle 2: kurz- & mittelfristig geplante Maßnahmen in AP7