

Hochschule Merseburg (FH)
University of Applied Sciences



Fachbereich Wirtschafts- und Informationswissenschaften
Fachgebiet Unternehmensprozesse

Bachelorarbeit
zur Erlangung des Titels Bachelor of Science (B. Sc.)

City-Logistik – Entwicklung eines Konzepts für die Stadt Querfurt

vorgelegt bei
Prof. Dr. Dirk Sackmann

Zweitprüferin: Larissa Lößer

eingereicht von:

Tamina Schumann

Matrikel: BTBW17

Kennnummer: 24157

Abgabetermin: 15. September 2021

Hinweis im Sinne der Gleichbehandlung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Bachelorarbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewandt. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

Abstract

This paper deals with the development of an overall city logistics concept for the city of Querfurt in southern Saxony-Anhalt. The following research question is answered: “How can the implementation of a city logistics concept in the city of Querfurt make a positive contribution to reducing the CO₂ emissions of the entire transport sector?”

In order to answer the research question, examples of international and German city logistics concepts were first analyzed and evaluated qualitatively with the help of a literature research. Subsequently, various measures were selected from these concepts and transferred to the city of Querfurt.

The main part of the work was the identification of optimal locations for micro depots throughout the city.

The implementation of city logistics concepts thus makes a positive contribution to reducing the CO₂ emissions of the entire transport sector. Based on the results of this research, an investment in a city logistics concept is also recommended in small and medium-sized cities.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Darstellungsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VIII
Symbolverzeichnis	IX
1 Hinführung	1
1.1 Problemstellung	4
1.2 Zielstellung	4
1.3 Methodische Vorgehensweise	4
2 Theoretische Grundlagen der City-Logistik.....	6
3 City-Logistik Konzepte internationaler Städte	17
3.1 Die Dabbawallahs von Mumbai	17
3.1.1 Einordnung der Stadt Mumbai in den globalen Kontext.....	17
3.1.2 Die City-Logistik in Mumbai	18
3.1.3 Bewertung des Konzepts anhand der zusammengestellten Merkmale.....	21
3.2 Die City-Maut in Singapur	22
3.2.1 Der Stadtstaat Singapur	22
3.2.2 Verkehrsrestriktionen auf Singapur.....	23
3.2.3 Bewertung des Konzepts mit Hilfe der erstellten Merkmale	25
4 City-Logistik in deutschen Städten.....	27
4.1 Die emissionsfreie Lieferung in der Stuttgarter Innenstadt	27
4.1.1 Die Landeshauptstadt Stuttgart.....	27
4.1.2 Emissionsfreie Belieferung der Innenstadt von Stuttgart	28
4.1.3 Bewertung des Innenstadt-Konzepts mit Hilfe der zusammengestellten Merkmale	30

4.2	Das Tunnelsystem unter Hamburg	32
4.2.1	Die Hafenstadt Hamburg	32
4.2.2	Smart City Loop in Hamburg	33
4.2.3	Bewertung des Smart City Loop Konzepts mithilfe der erstellten Checkliste 35	
5	Entwicklung eines Konzepts für die Stadt Querfurt.....	37
5.1	Einordnung und Vorstellung der Stadt Querfurt.....	37
5.2	Konzeptionierung des City-Logistik Konzepts.....	41
5.3	Implementierung des City-Logistik Konzepts	42
5.3.1	Restriktionen für den Privatverkehr in Querfurts Altstadt	42
5.3.2	Regelung des Wirtschaftsverkehrs in der gesamten Stadt.....	46
5.3.2.1	Planungsproblem Microdepots.....	50
5.3.2.2	Ermittlung der optimalen Standorte der MD am Beispiel des Stadtteils Thaldorf	52
5.3.2.3	Auswertung der Ergebnisse des Planungsproblems.....	55
5.3.3	Zusammenfassung der eingeführten Maßnahmen für Querfurt	56
5.4	Kritische Bewertung des Gesamtkonzepts für Querfurt unter zu Hilfenahme der Checkliste für erfolgreiche CL-Konzepte	57
6	Fazit	61
	Anhang.....	63
	Literaturverzeichnis	81
	Eidesstattliche Erklärung	88

Darstellungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenfassende Darstellung der global emittierten Treibhausgase nach Sektoren im Jahr 2017	3
Abbildung 2: Umsatz durch E-Commerce (B2C) in Deutschland in den Jahren 1999 bis 2020	8
Abbildung 3: Aufteilung des Wirtschaftsverkehrs in Städten im Jahr 2015	10
Abbildung 4: Beispiele für Interessenskonflikte verschiedener Akteure in urbanen Gebieten	12
Abbildung 5: Erläuterung eines Beispielliefercodes einer Metallbox.....	19
Abbildung 6: Visualisierung des Lieferprozesses der Metallboxen der Dabbawallahs	20
Abbildung 7: Mautstationen (ERP) in Singapur.....	24
Abbildung 8: Karte der Stuttgarter Innenstadt	29
Abbildung 9: Darstellung des Ablaufs des Warentransports unter Einsatz eines Smart City Loops	33
Abbildung 10: Geografische Einordnung der Gemeinde und Stadt Querfurt	38
Abbildung 11: Die Gemeinde Querfurt und ihre Ortsteile	39
Abbildung 12: Einteilung Querfurts in Stadtteile.....	40
Abbildung 13: Der stark befahrene Bereich in der Querfurter Innenstadt	43
Abbildung 14: Der Roßplatz in Querfurt.....	44
Abbildung 15: Darstellung der Grenze von Gewerbegebiet Nord und Süd mit den zwei möglichen Standorten für City-Hubs im nördlichen Teil.....	47
Abbildung 16: Beispiel für eine Packstation von DHL.....	50
Abbildung 17: Darstellung der beispielhaft ausgewählten Kundenstandorte und der möglichen MD Standorte im Stadtteil Thaldorf.....	53
Abbildung 18: Visualisierung der ermittelten optimalen Standorte für MD aufgeteilt nach Stadtteilen von Querfurt	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte.....	16
Tabelle 2: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel der indischen Stadt Mumbai	21
Tabelle 3: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel des Stadtstaates Singapur	26
Tabelle 4: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel der Stuttgarter Innenstadt.....	31
Tabelle 5: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel der Hafenstadt Hamburg.....	35
Tabelle 6: Nebenbedingung 2 (Entfernungen der Kunden zu den MD) dargestellt als binäre Matrix	54
Tabelle 7: ausgefüllte Checkliste für das CL-Konzept Querfurts	58

Abkürzungsverzeichnis

B2C-Sektor	Business to Costumer-Sektor
CBD	Central Business District
CL	City-Logistik
CLP	Covering Location Problem
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
ebd.	ebenda
ERP	Electronic Road Pricing
FZ	Fahrzeug
GVZ	Güterverteilzentrum
IT	Informationstechnologie
IU	in-vehicle units
jit	just in time
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienstleister
KES	Kennzeichenerfassungssystem
Kfz	Kraftfahrzeug
KI	Künstliche Intelligenz
LKW	Lastkraftwagen
MD	Microdepot
NB	Nebenbedingung
NO _x	Stickoxide
o. D.	ohne Datum
o. V.	ohne Verfasser
o.g.	oben genannt
SCL	Smart City Loop
SD	Spaltendominanz
SGD	Singapurdollar
Vgl.	Vergleich
ZD	Zeilendominanz
ZF	Zielfunktion

Symbolverzeichnis

a_{ij}	.....	tatsächliche Entfernung vom Kundenstandort zum MD
i	.....	Kundenstandort
j	.....	möglicher MD-Standort
S_j	.....	maximale Entfernung vom Kundenstandort zum MD
$U_{1,\dots,n}$	.....	Überdeckungsmenge $U_{1,\dots,n}$
x_j	.....	Binärvariable

1 Hinführung

Seit dem Beginn des letzten Jahrzehnts werden die Auswirkungen des menschengemachten Klimawandels immer deutlicher und in einer höheren Frequenz spürbar. Tsunamis reißen Häuser und Autos mit sich und Tornados zerstören ganze Landstriche.¹ Was sonst immer nur am anderen Ende der Welt, in Ländern wie Japan oder den USA passiert, wurde jüngst zur bitteren Realität in Deutschland. Erst im Juli 2021 waren die Nachrichten regelrecht ‚überflutet‘ von den Bildern der Hochwasserkatastrophe im Westen Deutschlands. Bilder von Menschen, die über Nacht alles verloren haben: Ihr Haus, ihren gesamten Besitz, ihre Existenz und vielleicht sogar ihre Nachbarn. „Stundenlanger Starkregen hatte zu den verheerenden Überschwemmungen in mehreren Regionen geführt.“² Es scheint als wäre der Klimawandel nicht zu bremsen. Bereits im Sommer des Jahres 2019 hielt Greta Thunberg, eine bekannte heute 18-jährige Klimaaktivistin, die mit ihren Schulstreiks auf den Klimawandel aufmerksam machen wollte, eine fast schon berühmte Rede vor dem UN-Klimagipfel. Das nachfolgende Zitat stammt aus eben dieser Rede:

“To have a 67% chance of staying below a 1.5 degrees global temperature rise – the best odds given by the [Intergovernmental Panel on Climate Change] – the world had 420 gigatons of CO₂ left to emit back on Jan. 1st, 2018. Today that figure is already down to less than 350 gigatons. How dare you pretend that this can be solved with just 'business as usual' and some technical solutions? With today's emissions levels, that remaining CO₂ budget will be entirely gone within less than 8 1/2 years.”³

Sinngemäß legt sie dar, dass wenn weiterhin eine 67%-ige Chance bestehen soll die globale Erderwärmung auf 1,5°C zu begrenzen, seit dem 01. Januar 2018 nur noch 420 Gigatonnen [eine Gigatonne entspricht einer Milliarde (10⁹) Tonnen] CO₂ hätten ausgestoßen werden dürfen. Im Sommer des Jahres 2019, in dem sie die Rede gehalten hat, waren davon bereits weniger als 350 Gigatonnen übrig. Vorausschauend wird also das Budget für den CO₂-Ausstoß im Jahr 2028 aufgebraucht sein.⁴

Mit ihren Schulstreiks ‚Fridays for Future‘ traf sie vollends den Nerv der Zeit, vor allem aber den der heutigen Jugend. Jeden Freitag gingen vor allem Schüler aus der ganzen Welt

¹ Vgl. o. V.: Naturkatastrophen in den USA, 2020

² Süddeutsche Zeitung, 2021.

³ NPR Staff: Transcript: Greta Thunberg's Speech At The U.N. Climate Action Summit, 2019.

⁴ Vgl. ebd.

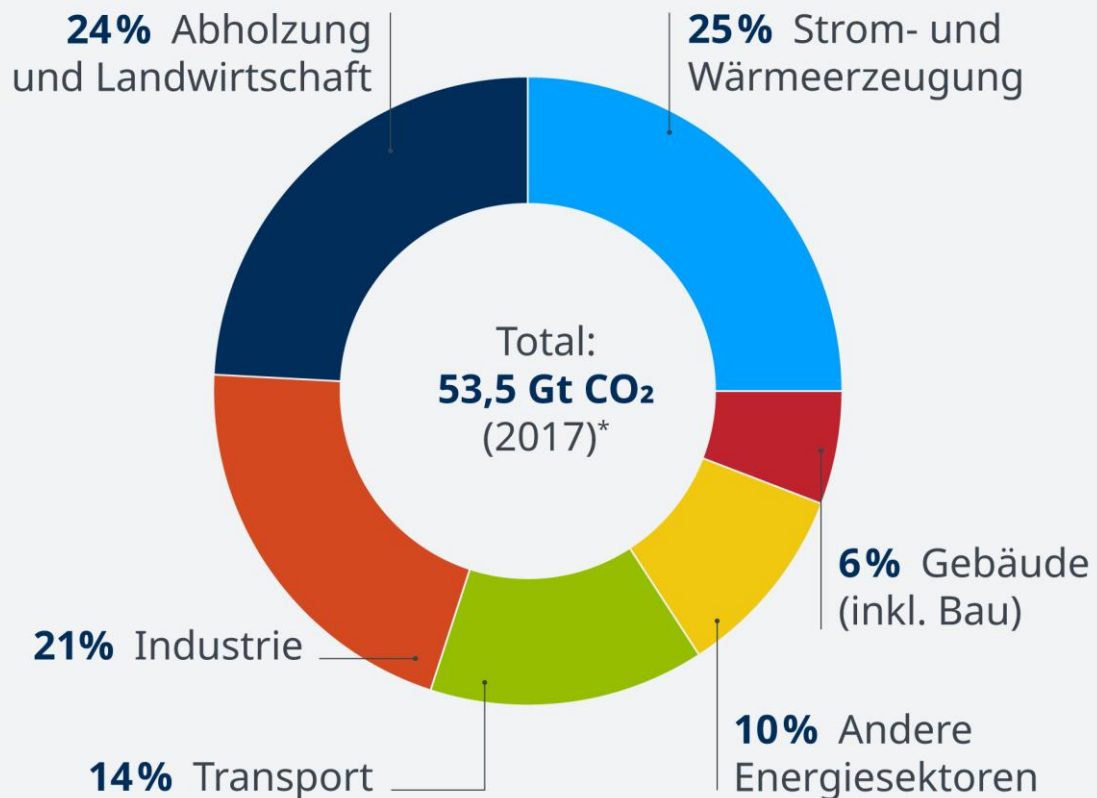
auf die Straßen, um die Politiker wach zu rütteln und zum Handeln zu bewegen. Die ständigen Kompromisse bei den Klimazielen sind offensichtlich keine Lösung, da es vermutlich zu spät ist, den Klimawandel zu stoppen. Dennoch wird seit Jahren von der Politik, Industrie und Wirtschaft versucht, Lösungen zu schaffen, um den Klimawandel wenigstens zu verlangsamen. Dazu zählen bspw. laut Bundesumweltministerin Svenja Schulze ‚die für spätestens 2038 geplante Abschaltung des letzten Kohlekraftwerks‘ und der wachsende Anteil der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben auf dem Markt.^{5,6} Neben der Industrie ist aber auch der Verkehr für einen nicht unerheblichen Teil der Treibhausgasemissionen verantwortlich, (siehe Abbildung 1).⁷

⁵ Vgl. BMU: Der Kohleausstieg ist beschlossen, 2020

⁶ Vgl. KBA, 2021.

⁷ Vgl. Rueter, 2019.

Globale Treibhausgasemissionen



Quelle: ipcc.ch, UNEP | *Gigatonnen CO₂-Äquivalent © DW

Abbildung 1: Zusammenfassende Darstellung der global emittierten Treibhausgase nach Sektoren im Jahr 2017

(Quelle: entnommen aus Vgl. Rueter, 2019.)

Mit einem Anteil von 14% am globalen CO₂-Ausstoß im Jahr 2017 steht der Verkehrssektor in diesem Vergleich an vierter Stelle hinter der Industrie. Das bedeutet, dass von diesem eine nicht unerhebliche Menge von klimaschädlichen Gasen emittiert wird. Dazu kommt, dass die Bevölkerungsdichte in den Städten durch Zuwanderung immer weiter zunimmt.⁸ „Diese Entwicklung bedeutet zum einen ein steigendes städtisches Güterverkehrsaufkommen, um den wachsenden Bedarf an Gütern zu decken.“⁹ Andererseits steigen durch das erhöhte Transportaufkommen u.a. die Lärmbelastigung und der Ausstoß von CO₂, Stickoxiden und

⁸ Vgl. Bundeszentrale Für Politische Bildung, 2017.

⁹ Stölzle/Schreiner, 2021.

Feinstaub. Die Einführung von City-Logistik (CL) Konzepten in Städten jeder Größe kann einen positiven Beitrag zur Verminderung dieser negativen externen Effekte leisten. Zu diesen zählen zum Beispiel Unfälle oder Staus als Ursache der erhöhten Konzentration klimaschädlicher Gase in Innenstädten. Damit erhöht die Einführung von CL-Konzepten nicht nur die Lebensqualität in Städten, sondern senkt zugleich die negativen Auswirkungen des Verkehrs auf Lebewesen und Umwelt. Die Implementierung von CL-Konzepten bildet also den ersten Schritt zur Reduktion der emittierten Treibhausgase des Verkehrssektors.¹⁰

1.1 Problemstellung

In der vorliegenden Arbeit soll das bereits beschriebene Problem des erhöhten Verkehrsaufkommens in Innenstädten gelöst werden. Dafür soll in der Stadt Querfurt, im südlichen Sachsen-Anhalt, ein CL-Gesamtkonzept eingeführt werden, um die Entstehung von Staus und der daraus resultierenden negativen Folgen für die Menschen und die Umwelt einzudämmen.

1.2 Zielstellung

Das Ziel der Arbeit ist die Erarbeitung eines CL-Gesamtkonzepts für die Stadt Querfurt. Dabei soll die Frage „Wie kann durch die Implementierung eines City-Logistik Konzepts in der Stadt Querfurt ein positiver Beitrag zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes des gesamten Verkehrssektors beigetragen werden?“ beantwortet werden.

1.3 Methodische Vorgehensweise

Den ersten Teil der Arbeit bildet eine Literaturrecherche, bei der Informationen über internationale und deutsche CL-Konzepte zusammengetragen werden.

Zu Beginn wird das Konzept für Auslieferungen von warmen Mahlzeiten in dem Entwicklungsland Indien mit dessen Hauptstadt Mumbai vorgestellt. Anschließend folgt die im Stadtstaat Singapur mit der gleichnamigen Hauptstadt implementierte City-Maut, wobei Singapur gleichzeitig beispielhaft die Schwellenländer vertritt. Dabei wurden jeweils zuerst die Stadt und dessen Land in den globalen Kontext eingeordnet und kurz anhand von ausgewählten Merkmalen charakterisiert. Im Anschluss daran folgt die Vorstellung des Konzepts. Den Abschluss der jeweiligen Abschnitte über die internationalen Städte und

¹⁰ Vgl. Bretzke, 2020.

deren Konzepte bildet die Bewertung dessen unter zu Hilfenahme einer eigens erstellten Checkliste für erfolgreich umgesetzte CL-Konzepte.

Nach jeweils einem Beispiel aus einem Entwicklungs- und einem Schwellenland folgt im nächsten Kapitel die Vorstellung zweier CL-Konzepte aus dem Industrieland Deutschland. Der Aufbau des Kapitels und die Verfahrensweise in diesem sind dabei identisch mit denen des vorherigen Kapitels über internationale CL-Konzepte. Als Beispiele für deutsche CL-Konzepte wurden einerseits die emissionsfreie Belieferung der Stuttgarter Innenstadt und andererseits die Belieferung der Stadt Hamburg über ein unterirdisches Tunnelsystem ausgewählt.

Den zweiten Teil und somit den Hauptteil der vorliegenden Arbeit bildet die Konzeptionierung und Implementierung eines CL-Konzepts für die Stadt Querfurt. Dabei wird eine qualitative Vorgehensweise mit einer deduktiven Argumentationsweise verbunden. Erstere sieht vor, die Ergebnisse der Berechnungen qualitativ auszuwerten. Im Gegensatz dazu werden die Ergebnisse der Untersuchungen bei der quantitativen Vorgehensweise statistisch ausgewertet. Bei der deduktiven Argumentationsweise erfolgt eine Überprüfung vorhandener Theorien anhand von eigenen Berechnungen. Zunächst wird die Stadt Querfurt in den deutschen Kontext eingeordnet und mit Hilfe ausgewählter Merkmale charakterisiert. Anschließend wird die Vorgehensweise bei der Planung des CL-Konzepts erläutert. Daraufhin folgt die Einführung dessen. Dieser Abschnitt teilt sich in Regelungen für den Privat- und den Wirtschaftsverkehr. Im Abschnitt, der die Maßnahmen für den Wirtschaftsverkehr einführt, erfolgt die Standortplanung für Microdepots (MD), verteilt über die ganze Stadt. Zur Lösung dieses Planungsproblems wird der sog. ‚Covering Location – Algorithmus‘ verwendet. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt im Anschluss daran. Den Abschluss des Kapitels bildet die Zusammenfassung der in Querfurt eingeführten Maßnahmen, sowohl für den Privat- als auch für den Wirtschaftsverkehr, und schließlich die kritische Bewertung der Maßnahmen.

Abgerundet wird die vorliegende Arbeit durch das Fazit, in welchem die Ergebnisse der gesamten Arbeit zusammengefasst und die Forschungsfrage beantwortet wird.

2 Theoretische Grundlagen der City-Logistik

Die Grundrisse vieler deutscher Städte gehen bereits auf das Mittelalter, also auf das 12. bis 16. Jahrhundert, zurück. Einige davon gingen aus Bischofs- oder Klostersitzen hervor, wo die Menschen begannen sich anzusiedeln. So entstanden z.B. München und Freising im Süden Deutschlands. Andere hingegen gründeten sich aus Kaufmannssiedlungen, die sich durch deren günstige Lage an Flüssen und Handelsstraßen etablieren konnten. So wuchsen bspw. Berlin und Frankfurt.¹¹

Im weiteren Zeitverlauf hat die Industrialisierung auf europäischer Ebene einen großen Teil zur Entstehung und Entwicklung heutiger Metropolen beigetragen. Während diese in England bereits im späten 18. Jahrhundert ihren Höhepunkt erreichte, erlangte die Industrialisierung in Deutschland erst Mitte des 19. Jahrhunderts an Bedeutung. Edinburgh und Manchester erhielten z.B. ihre weltweite Bekanntheit durch die dort ansässigen Stoffmanufakturen und wurden dadurch zu großen Ballungszentren in England.¹² Die Bezeichnung Urbanisierung, auch als Verstädterung bekannt, lässt sich zum ersten Mal in diesem Zusammenhang erwähnen. Dieser Prozess ist von vielseitigen, gesellschaftlichen Veränderungen, wie dem „Aufkommen neuer Produktions- und Transporttechnologien (economies of scale), einem Wandel der Familienstruktur von der Großfamilie zur Kleinfamilie, dem Übergang der wirtschaftlichen Grundlage von der Landwirtschaft zu nicht landwirtschaftlicher Produktion und einer massiven Zuwanderung in die Städte“ verbunden.¹³ Durch die Zuwanderung stieg zugleich die Bevölkerungsdichte in den urbanen Gebieten deutlich an. Seit Beginn dieses Prozesses leben also immer mehr Menschen auf kleinerem Raum.¹⁴ So gab es im Jahr 2019 vier Metropolen und 81 Großstädte in Deutschland: Berlin, Hamburg, München und Köln. Als Großstadt werden Städte mit einer Einwohnerzahl größer als einhunderttausend Einwohner bezeichnet, wobei Metropolen eine Millionen Einwohner oder mehr besitzen.¹⁵ Dabei hat München mit einer Bevölkerungsdichte von knapp 4800 Einwohnern pro Quadratkilometer (Stand 2019) die höchste in Deutschland.¹⁶ Zudem wird vorausgesagt, dass bis 2050 etwa 84% der

¹¹ o.V.: Die mittelalterliche Stadt, in: welt-geschichte.de, o. D.

¹² Vgl. Rütters, 2018.

¹³ Herrle/Fokdal, 2018.

¹⁴ Vgl. ebd.

¹⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt, 2021b.

¹⁶ Vgl. Deutschlandatlas, 2021.

Gesamtbevölkerung Deutschlands und etwa zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben wird.^{17,18}

Ein weiteres Merkmal der Urbanisierung ist, neben den Veränderungen im ökonomischen Stadtumfeld, die gesellschaftliche Veränderung. Die Lebensweise der Menschen begann sich zu wandeln, wie auch die Arbeitsweise. Immer mehr und bessere Maschinen wurden für die Erleichterung der Arbeit zu Hilfe genommen.¹⁹ Mit der Erfindung des Internets, Ende der 90er Jahre, wurde zudem ein neues Zeitalter des Arbeitens geschaffen.²⁰ Diese Erfindung erleichterte die Arbeit nochmal mehr und schuf gleichzeitig viele neue Arbeitsplätze. Durch das Internet ist es nun möglich geworden, sich zu jeder Zeit, an jedem Ort, über jedes mögliche Thema zu informieren, sich mit Personen weltweit zu vernetzen und Ware von einem beliebigen Ort auf der Welt zu einem anderen Ort zu versenden.²¹ Der Trend des stationären Handels begann sich immer weiter in Richtung des Online-Handels zu verschieben. Um konkurrenzfähig zu bleiben, mussten viele stationäre Händler ihr Konzept dahingehend verschieben.²² Heute wird diese Entwicklung als E-Commerce bzw. Online-Handel bezeichnet.²³

Seit der Jahrtausendwende sind die Umsätze des Business to Customer-Sektors (B2C-Sektor) stetig gewachsen. Im Jahr 2020 wurden von diesem schließlich mehr als 70 Milliarden Euro Umsatz allein in Deutschland generiert, wie in Abbildung 2 grafisch dargestellt wird.²⁴

¹⁷ Vgl. UN DESA, 2021.

¹⁸ Vgl. Baur, 2019.

¹⁹ Vgl. Herrle/Fokdal, 2018.

²⁰ Vgl. Hery-Moßmann, 2017.

²¹ Vgl. o. V., Konnektivität: Die Vernetzung der Welt, 2021.

²² Vgl. o. V., „Wer nicht investiert, fällt zurück!“, 2016.

²³ Vgl. Kroder, 2021.

²⁴ Vgl. HDE, 2021.

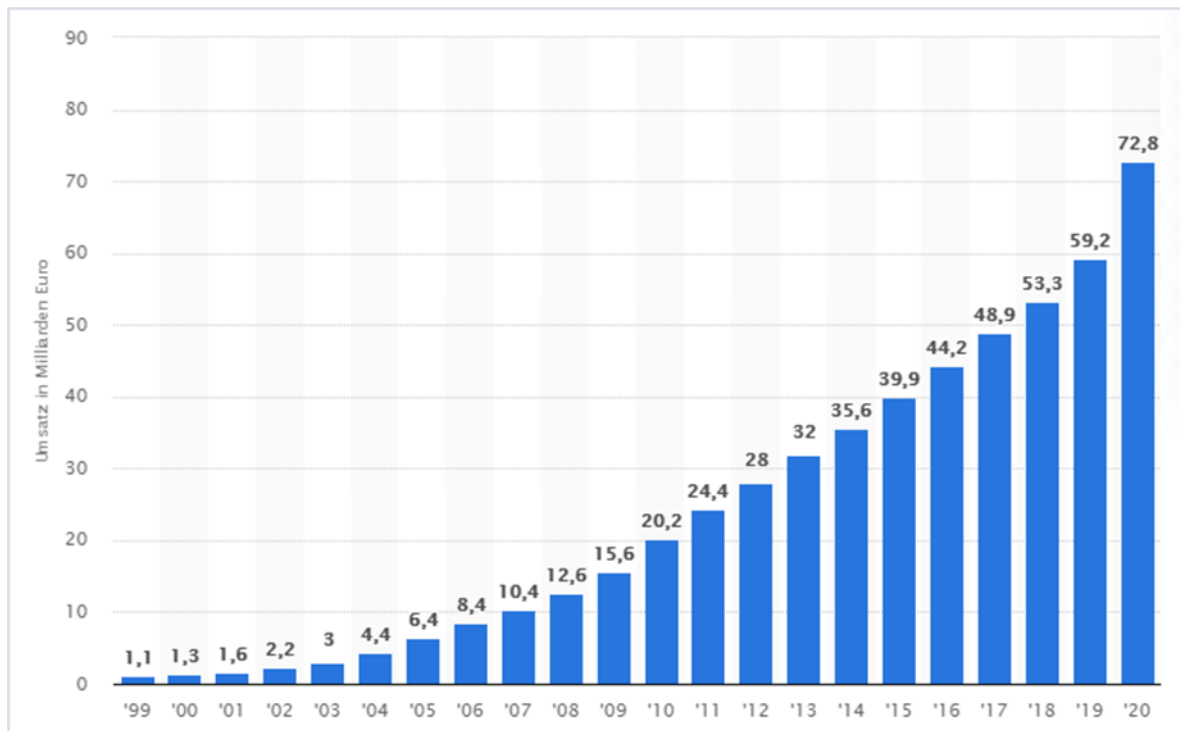


Abbildung 2: Umsatz durch E-Commerce (B2C) in Deutschland in den Jahren 1999 bis 2020
(Quelle: entnommen aus HDE, 2021.)

Allein zwischen 2019 und 2020 verzeichnete der Sektor einen deutschlandweiten Umsatzzuwachs von knapp 19% (von 59,2 Mrd. Euro auf 72,8 Mrd. Euro).²⁵

Die Auswirkungen für die großen Städte Deutschlands sind verheerend. Seit Jahren ist in den Medien von einem Aussterben der Läden in den Innenstädten, hauptsächlich kleinerer Städte, die Rede.²⁶ Sie können die Preise der Ware nicht in dem Maße senken oder gar eine derart große Vielfalt der Ware anbieten, wie es die großen Ketten tun können. Das führt oftmals zum Verlust der Konkurrenzfähigkeit und schließlich zur Schließung des Geschäfts. Gleichwohl spielt wahrscheinlich der Aufwand für die Kunden eine entscheidende Rolle, weshalb diese sich eher dazu entscheiden, schnell und bequem von der Couch aus ein paar neue Sachen online zu bestellen und sie direkt bis vor die Haustür liefern zu lassen, während die Alternative ist, am nächsten Tag in die Stadt zu fahren, um dort einkaufen zu gehen.²⁷

Ein positiver Effekt, den der Zuwachs des E-Commerce mit sich gebracht hat, sind die zusätzlichen Arbeitsplätze, die in der Paketdienstleistungsbranche entstanden sind. Neben

²⁵ Vgl. HDE, 2021.

²⁶ Vgl. Reimann, 2020.

²⁷ Vgl. Reimann, 2020.

den erbauten Distributionszentren, in denen zahlreiche Mitarbeiter arbeiten, werden außerdem deutlich mehr Mitarbeiter in den Lagerhäusern, in Umpackzentren, an Flughäfen, bei Paketdienstleistern, in der Auslieferung usw. benötigt – vor allem im Weihnachtsgeschäft.²⁸

Durch die höher frequentierten Transporte immer kleiner werdender Pakete sind negative Auswirkungen auf die Innenstädte und deren Straßen Alltag.²⁹ Daraus ergeben sich Interessenskonflikte für die Menschen, die in Städten leben. „Die Menschen, die in urbanen Räumen leben und arbeiten, sind an einer möglichst hohen Lebensqualität interessiert. Dies beinhaltet einerseits geringe negative Einflüsse durch Güterverkehr (z. B. keine Lkw in Innenstadt und Wohngebieten, keine Staus, wenig Lärm und Luftverschmutzung, hohe Verkehrssicherheit), andererseits aber auch eine hohe Verfügbarkeit von Gütern, für die Güterverkehr notwendig ist.“³⁰ Untermuert wird ersteres durch die polizeilich erfassten Unfälle seit 1950, die seitdem fast jedes Jahr einen Zuwachs verzeichneten.³¹ Die Luftverschmutzungen beeinträchtigen die Lebensqualität in Innenstädten negativ, da die genannten Schadstoffe, vor allem aber der Feinstaub, äußerst schädlich für den menschlichen Körper sind. Die sog. PM₁₀ und PM_{2,5} sind Staubpartikel mit einem Durchmesser, der kleiner als zehn bzw. 2,5 Mikrometer ist (1000µm = 1mm). Die Teilchen sind also so klein, dass sie sich in den Lungenbläschen absetzen und nicht oder nur teilweise ausgeatmet werden können. „Eine langfristige Feinstaubbelastung kann zu Herz-Kreislaufkrankungen und Lungenkrebs führen, (...), sowie das Sterblichkeitsrisiko erhöhen.“³²

Um die Hauptverursacher der negativen externen Effekte ausfindig zu machen, lässt sich der Verkehr in Innenstädten in Sektoren teilen. Ein Teil davon ist der „Wirtschaftsverkehr, der zwischen 10 und 17 % des innerstädtischen Verkehrs ausmacht.“³³ Dazu kommt, „dass der Wirtschaftsverkehr neben dem Güterverkehr auch den volumenmäßig sehr umfangreichen

²⁸ Vgl. Lehmann, 2021.

²⁹ Vgl. Stölzle/Schreiner, 2021.

³⁰ Stölzle/Schreiner, 2021.

³¹ Statistisches Bundesamt, o. D.

³² Umweltbundesamt, 2020.

³³ Vahrenkamp et al., 2017.

Serviceverkehr mit Pkw-/Kombi-Fahrzeugen erfaßt.³⁴ Die genaue Aufteilung ist in Abbildung 3 grafisch dargestellt.³⁵

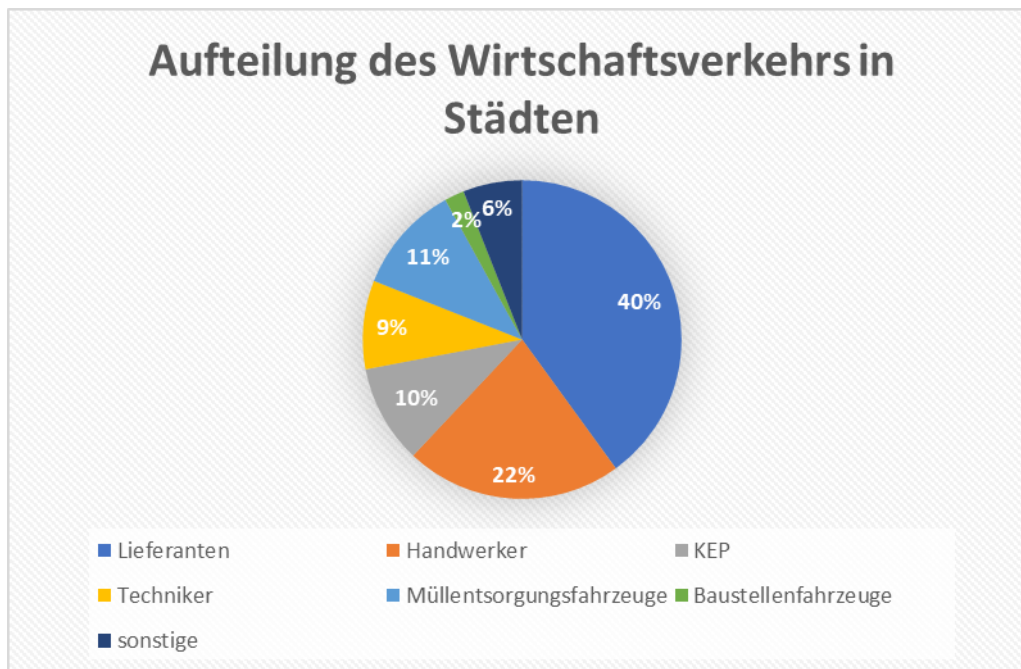


Abbildung 3: Aufteilung des Wirtschaftsverkehrs in Städten im Jahr 2015

(Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Vahrenkamp et al., 2017, S. 198-203)

In Abbildung 3 ist der große Anteil der Lieferanten deutlich zu erkennen, die sich im Stadtverkehr bewegen und somit etwa 40% des Wirtschaftsverkehrs, speziell des Güterverkehrs in Städten, ausmachen. Hinzu kommen Kurier-, Express- und Paketdienstleister (KEP), die weitere zehn Prozent des Wirtschaftsverkehrs verursachen. Demzufolge macht der Güterverkehr an private Haushalte und Geschäfte des stationären Einzelhandels zusammen etwa die Hälfte des Wirtschaftsverkehrs in Städten aus. Die andere Hälfte des Wirtschaftsverkehrs wird vom Serviceverkehr verursacht. Dies sind etwa Handwerker mit dem größten Anteil am Verkehr, gefolgt von Technikern, Müllentsorgungs- und Baustellenfahrzeugen.³⁶

Da dieser Verkehr, vor allem aber die anfallenden Serviceleistungen, die von Technikern und Handwerkern ausgeführt werden, nicht planbar sind, kommt es in den Innenstädten zu den o.g. negativen Effekten. In den Hauptverkehrszeiten, also etwa zwischen sechs und neun Uhr morgens und zwischen 16 und 19 Uhr nachmittags an den Wochentagen, ist das ein

³⁴ Aberle, 2009.

³⁵ Vgl. ebd.

³⁶ Vgl. Vahrenkamp et al., 2017.

großes Problem, da sich dort zugleich noch viele andere Verkehrsteilnehmer auf den Straßen bewegen.³⁷ Um den Verkehr in den Innenstädten besser organisieren und Warenströme konsolidieren zu können, etablierte sich dafür in den 90-er Jahren die Bezeichnung City Logistik (CL), oder auch urbane Logistik genannt.³⁸ Die CL hat die Aufgabe insbesondere den Güterverkehr in die Stadt, innerhalb der Stadt und aus der Stadt heraus so effizient und intelligent wie möglich zu gestalten. Um dies umzusetzen, werden in der Literatur neben der Bündelung der Warenströme folgende Vorschläge unterbreitet: die „Nutzung von öffentlichen Nahverkehrsmitteln“³⁹, wie S- und U-Bahnen für den Transport von Waren in die Stadtzentren, die Errichtung von stadtnahen Speditionszentren „zur Güterverteilung in Großstädten“⁴⁰, die Errichtung von Lagerhäusern für den Einzelhandel und die Einrichtung eines Parkleitsystems in den Innenstädten zur „Reduzierung des Park-Such-Verkehrs“.⁴¹ Ein weiterer Aspekt, der sich positiv auf den Verkehr in Städten auswirken würde, wäre eine Kooperation der unterschiedlichen Akteure der urbanen Logistik, um Güter- und Informationsflüsse zu bündeln.⁴²

Wie bereits erwähnt herrschen vor allem wochentags in den Hauptverkehrszeiten Interessenskonflikte zwischen den Akteuren des Stadtverkehrs. Dadurch, dass die Interessen aller Akteure in die Planung eines CL-Konzepts einbezogen werden müssen, gewinnt die Planung dessen an Komplexität. Die Akteure des Stadtverkehrs sind also Anbieter und Nachfrager. Zu den Anbietern gehören bspw. „Unternehmen verschiedener Branchen (Handelsketten und unabhängige Einzelhändler)“⁴³ und Logistik-Dienstleister, wie Speditionen und Transportunternehmen. Diese bieten ihre Ware bzw. Dienstleistung deren Kunden an. Die Bewohner der Städte fragen die Ware der Einzelhändler an und erzeugen dadurch eine Nachfrage. Der Interessenskonflikt besteht nun darin, dass die Bewohner der Städte wollen, dass die negativen externen Effekte, die durch den Lieferverkehr entstehen, so gering wie möglich gehalten werden. Gleichzeitig soll aber eine ständige Verfügbarkeit der Ware gewährleistet sein und Pakete sollen den Empfänger möglichst schnell erreichen. Die KEP, Speditionen und Transportdienstleister sind hingegen hauptsächlich daran

³⁷ Zweckverband für den Nahverkehrsraum Leipzig (ZVNL) – Hauptverkehrszeit HVZ, o. D.

³⁸ Vgl. Stölzle/Schreiner, 2021.

³⁹ Aberle, 2009.

⁴⁰ ebd.

⁴¹ Aberle, 2009.

⁴² Vgl. Vahrenkamp et al., 2017.

⁴³ Stölzle/Schreiner, 2021.

interessiert, ihre Arbeit so effizient und kostengünstig wie möglich zu erledigen. Dabei sollen aber auch spezielle Kundenwünsche und -bedürfnisse erfüllt werden, um eine mögliche Umsatzsteigerung durch zufriedenstellenden Service erzielen zu können. In Abbildung 4 werden einige Interessenskonflikte der Akteure beispielhaft dargestellt.⁴⁴

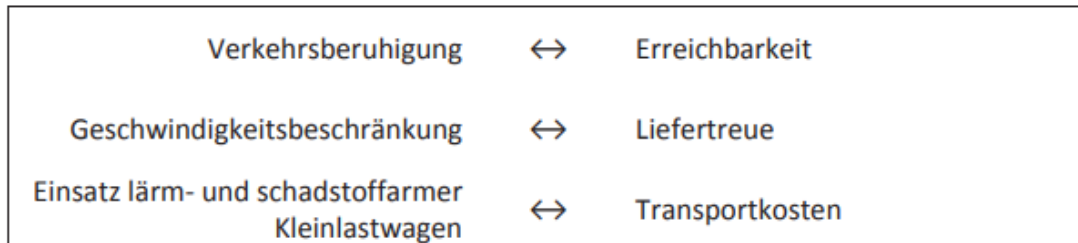


Abbildung 4: Beispiele für Interessenskonflikte verschiedener Akteure in urbanen Gebieten
(Quelle: entnommen aus Erd, 2015, S. 17)

Hierbei darf die Stadtverwaltung nicht vergessen werden, da diese durch diverse administrative Maßnahmen, baulicher oder regulatorischer Art, den Rahmen vorgibt. Dieser dient als unbedingt einzuhaltende Vorgabe für alle anderen Akteure.⁴⁵

Um den Anforderungen an eine nachhaltige und effiziente CL erfüllen zu können, sollten deshalb mindestens zwei der folgenden Punkte bei der Planung eines CL-Konzepts einbezogen werden:

- Einsetzen von autonomen Fahrzeugen und/oder Fahrzeuge mit alternativen Antrieben, wie Roboter oder Lastenräder
- Kooperationen der Akteure des (Innen-)Stadtverkehrs, insbesondere Dienstleister und Spediteure
- Einrichten gemeinsam nutzbarer Datenbanken/Software/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch
- Anbinden der eingesetzten Fahrzeuge an das Internet und Ausstatten mit GPS-Trackern o.ä.
- Aufstellen von Restriktionen für den Innenstadtverkehr (z.B. Einfahrverbote für LKW mit mehr als 3,5t Gesamtgewicht tagsüber)⁴⁶
- Errichten von Micro-Hubs in Innenstädten⁴⁷

⁴⁴ Vgl. Erd, 2015.

⁴⁵ Vgl. Stölzle/Schreiner, 2021.

⁴⁶ Vgl. Vahrenkamp et al., 2017.

⁴⁷ Vgl. Aberle, 2009.

- Nutzen der vorhandenen Nahverkehrsinfrastruktur von z.B. Bussen und U-/S-Bahnen⁴⁸

Der Einsatz von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, wie z.B. Fahrzeuge mit Elektromotor, stellt Unternehmen zunächst vor Probleme, da die Anschaffung dieser mit hohen Kosten verbunden ist. Deshalb ist es akzeptabel, wenn die Flottenzusammensetzung gemischt ist, wobei das Ziel die vollständige Elektrifizierung der Flotte sein sollte. Nichtsdestotrotz sollte mindestens die Hälfte der Fahrzeuge der Flotte mit alternativen Kraftstoffen angetrieben werden, um eine spürbare Reduktion der negativen externen Effekte herbeizuführen. Der Einsatz von autonomen Fahrzeugen ist zudem wünschenswert, aber aktuell nicht zwingend für ein funktionierendes CL-Konzept erforderlich.⁴⁹

Kooperationen von Transportunternehmen und Speditionen bringen einen zusätzlichen Nutzen für alle beteiligten Akteure, durch beispielsweise die

- Zusammenfassung und Neuorganisation der Touren und
- die Bündelung von Sendungen.

Bei der Zusammenfassung und Neuorganisation der Touren werden die Fahrten verschiedener Speditionen in einem Stadtgebiet „zusammengelegt und neu disponiert“.⁵⁰ Dadurch kann die Anzahl der zu beliefernden Knotenpunkte erhöht werden, wobei sich die Transportwege zwischen diesen verkürzen. Eine Kooperation von Logistikdienstleistern kann weiterhin zur Folge haben, dass erkannt werden kann, wenn ein Kunde Sendungen von verschiedenen Transportunternehmen erhalten würde. Diese können dann zuerst im Depot gesammelt und dann gebündelt an den Kunden ausgeliefert werden.⁵¹

Um die Zusammenarbeit der Akteure zu unterstützen, ist der Einsatz einer zentralen und gemeinsam nutzbaren Datenbank oder anderen, digitalen Lösungen zum Informationsaustausch hilfreich. Mit diesen können z.B. die erhaltenen Aufträge der verschiedenen Speditionen gesammelt, nach bestimmten Kriterien, wie Stadtteil und

⁴⁸ Vgl. Aberle, 2009.

⁴⁹ Vgl. Holzer, 2014.

⁵⁰ Stölzle/Schreiner, 2021.

⁵¹ Vgl. ebd.

Auslieferungsdatum sortiert und zu einer effizienten Auslieferungsrouten zusammengefasst werden.

Um die Auslieferungstouren wiederum so intelligent wie möglich zu gestalten, ist die Verbindung der an den Auslieferungsfahrzeugen anzubringenden GPS-Trackern mit dem Internet von Vorteil. So können die Routen der Fahrzeuge bei Staus und eventuellen Straßensperrungen, durch Unfälle o.ä., just in time (jit) angepasst und diese so umfahren werden.

Um die Zahl der Staus in Innenstädten von vornherein zu reduzieren, ist es der Stadtverwaltung möglich, den Straßenverkehr durch Restriktionen zu regeln. Möglichkeiten hierfür wären die Anlieferzeiten für den Einzelhandel in die Nachtstunden zu legen, die Straßen tagsüber mit einer Nutzungsgebühr für Lieferverkehre zu belegen oder Lastkraftwagen (LKW) die Einfahrt in die Innenstädte zu verbieten.⁵²

Um trotzdem Ware tagsüber in die Innenstädte transportieren zu können, bietet sich der Einsatz von Micro-Hubs oder die Nutzung der bereits vorhandenen Nahverkehrsinfrastruktur an. Micro-Hubs sind kleine Warendepots in der Innenstadt. In diese werden Ware und/oder Pakete, vorzugsweise mit elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, transportiert, wo diese dann vom Kunden selbst oder von Mitarbeitern der Paketdienstleister mit Lastkrafträdern abgeholt und zum Kunden weitertransportiert werden.

Bei der Nutzung von Micro-Hubs als Paket-Abholstation für die Kunden selbst, fallen die Transportwege bis zur Haustür der Kunden und die Wartezeit vor dieser weg. Dies führt zu erheblichen Einsparungen für die KEP. Es kann nicht nur der Personaleinsatz, von denen, die für die Auslieferung der Pakete an die Kunden zuständig ist, geringer gehalten werden, es werden auch erhebliche Mengen an Kraftstoff bzw. Energie durch das Wegfallen des ständigen Anhaltens bei den Kunden eingespart. Mit Micro-Hubs als Innenstadt-Depots kann die Flexibilität des Erhalts des Pakets wesentlich erhöht werden. Mit diesen wird verhindert, dass große Transporter der KEP bis in schmale Gassen und Fußgängerzonen fahren und dann womöglich in zweiter Reihe parken oder Unfälle verursachen. Den Transport der Ware bis zum Kunden oder sogar Einzelhändlern übernehmen Lastenräder oder kleine Elektro-Transporter.

⁵² Vgl. Stölzle/Schreiner, 2021.

Unter der Nutzung vorhandener Nahverkehrsinfrastruktur versteht man den Transport von Ware und Paketen in öffentlichen (Nah-)Verkehrsmitteln, wie Bussen und U-/S-Bahnen. Da diese sowieso in der Innenstadt aber auch in Stadtgebieten, die weiter vom Stadtzentrum entfernt sind, unterwegs sind, müssten die Fahrten dorthin nur noch teilweise von Transportern übernommen werden. Bei diesem Konzept muss evtl. ein zusätzlicher Wagen an die Straßenbahn angehängt werden oder es müssen Konzepte zur effizienten Raumausnutzung in den Transportmitteln, wie etwa unter den Sitzbänken o.ä., vorliegen.⁵³

Die eben erläuterten Bestandteile für erfolgreiche CL-Konzepte lassen sich nun zu einer Checkliste, wie in Tabelle 1 zu sehen, zusammenfassen:

⁵³ Vgl. Aberle, 2009

*Tabelle 1: Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte
(Quelle: eigene Darstellung)*

Merkmal	erfüllt?	
	ja	nein
Einsatz von autonomen Fahrzeugen und/oder Fahrzeugen mit alternativen Antrieben z.B. selbstfahrende FZ, E-Kleintransporter, (E-)Lastenräder		
bestehende Kooperation der Akteure des (Innen-)Stadtverkehrs, insbesondere Dienstleister und Spediteure		
Datenbanken/Software/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch vorhanden		
eingesetzten Fahrzeuge an das Internet angebunden und/oder mit GPS-Trackern o.ä. ausgestattet		
Restriktionen für den Innenstadtverkehr aufgestellt z.B. Einfahrtsbeschränkungen tagsüber für schwere LKW		
Micro-Hubs in Innenstädten errichtet		
vorhandene Nahverkehrsinfrastruktur wird für Warenlieferungen genutzt z.B. Nutzung von Bussen oder S-/U-Bahnen		

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden einige CL-Konzepte, die sich im Alltag bewährt haben, zunächst auf internationaler und dann auf deutscher Ebene, vorgestellt. Die Konzepte werden anschließend jeweils mit Hilfe der Checkliste bewertet. Den Abschluss der Kapitel 3 und 4 bildet jeweils eine Rangfolge der vorgestellten CL-Konzepte.

3 City-Logistik Konzepte internationaler Städte

Das nachfolgende Kapitel beschäftigt sich mit der Vorstellung, Analyse und Bewertung von CL-Konzepten im internationalen Kontext. Im ersten Abschnitt wird die jeweilige Stadt vorgestellt, geografisch und demografisch eingeordnet und ggf. auf besondere Merkmale hingewiesen. Anschließend erfolgt die Analyse des erfolgreich umgesetzten CL-Konzepts. Diese beinhaltet die Erläuterung der Kerndaten des Konzepts, wie z.B. wann dieses eingeführt wurde, und dessen Merkmale. Im letzten Schritt wird das CL-Konzept der Stadt mit Hilfe der Checkliste aus dem vorhergehenden Kapitel bewertet.

3.1 Die Dabbawallahs von Mumbai

Der folgende Abschnitt beschreibt das bewährte CL-Konzept Mumbais, welches bereits mit dem „Qualitätsmanagementsiegel und statistischem Qualitätsziel ‚6 Sigma‘ ausgezeichnet“ wurde.⁵⁴ Zunächst erfolgt die Einordnung Mumbais in den globalen Kontext und eine kurze Vorstellung der Stadt, bevor näher auf das Konzept eingegangen wird. Die Bewertung dessen stellt den Abschluss dieses Abschnitts dar.

3.1.1 Einordnung der Stadt Mumbai in den globalen Kontext

Die Stadt Mumbai, oder früher auch bekannt als Bombay, ist die Hauptstadt Indiens und befindet sich auf dem asiatischen Kontinent. Die Hafenstadt ist an Indiens Westküste zu finden und besitzt somit einen direkten Zugang zum arabischen Meer, also dem indischen Ozean. In der Agglomeration Mumbai lebten bei der letzten Erhebung der UN im Jahr 2018 „knapp 20 Millionen“ Menschen.⁵⁵ Sie gilt zudem als eine der am dichtesten besiedelten Regionen der Welt mit „etwa 280000 Einwohnern pro Quadratkilometer“.⁵⁶ Im Vergleich dazu kommen in New York und Shanghai gerade einmal 10500 bzw. ca. 3600 Einwohner auf einen Quadratkilometer.^{57,58} Zusätzlich ist zu erwähnen, dass Indien, u.a. aufgrund des mit 75% sehr hohen Anteils von Analphabeten an der Gesamtbevölkerung, als Entwicklungsland einzustufen ist.^{59,60}

⁵⁴ Nobis, 2013.

⁵⁵ Handelsblatt, 2021.

⁵⁶ Nobis, 2013.

⁵⁷ Vgl. Diercke Weltatlas - Kartenansicht - New York - Bevölkerungsdichte, o. D.

⁵⁸ Vgl. Shanghai - Das Tor zur Welt, o. D.

⁵⁹ World Bank, 2021.

⁶⁰ Vgl. Bundeszentrale Für Politische Bildung, 2021.

3.1.2 Die City-Logistik in Mumbai

Aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte und der dadurch stets überlasteten Verkehrsinfrastruktur scheint ein verlässliches und effizientes Belieferungskonzept in Mumbai nur eine Vision zu sein. Diese Annahme ist nicht korrekt, denn Mumbai besitzt ein gut funktionierendes und von der Bevölkerung angenommenes CL-Konzept. Es handelt sich dabei um ein Konzept zur Auslieferung warmer Mahlzeiten von Menschen aus den Vororten an die Menschen, die in den Geschäftsvierteln von Mumbai arbeiten. Für einen bestimmten Geldbetrag können diese sich also täglich eine warme Mahlzeit zu deren Arbeitsplatz liefern lassen. Die Funktionsweise dieses Konzepts wird nun detailliert dargestellt.⁶¹

Im Mittelpunkt des Handelns stehen die sog. Dabbawallahs, oder in anderen Schreibweisen ‚auch Dabbawalla oder Dabbawala‘.⁶² Dabei bedeutet ‚Dabba‘ übersetzt aus der Sprache Hindi so viel wie ‚der Behälter‘ und ‚Wallah‘ ‚der Dienst‘.^{63,64} „Ein Dabbawalla ist demnach ein Dienstleister, der solche Behälter zustellt“.⁶⁵ Sie sind zuständig für die Abholung der Dabbas von den Kunden und die termingerechte Lieferung der Dabbas zu den Kunden. Transportiert werden dabei kleine Metallboxen mit abgetrennten Bereichen im Inneren zur ‚individuellen Befüllung‘ dieser.⁶⁶ Auf den Boxen ist ein Code aus Zahlen und Buchstaben eingraviert, der u.a. maßgeblich zum Erfolg dieses Konzepts beiträgt. Wie im Abschnitt zuvor erwähnt, waren im Jahr 2018 etwa Dreiviertel der Bevölkerung Analphabeten. Die Informationen, welche Box wohin geliefert und zu welchem Haushalt sie anschließend wieder zurückgebracht werden soll, muss also in Form von leicht zu unterscheidenden Symbolen und mit der Hilfe von Farben abgebildet werden. Die Abbildung 5 zeigt einen beispielhaften Code von einer der Boxen und dessen Erläuterung.⁶⁷

⁶¹ Nobis, 2013.

⁶² Vgl. Nobis, 2013.

⁶³ ebd.

⁶⁴ Vgl. Nobis, 2013.

⁶⁵ ebd.

⁶⁶ Vgl. Nobis, 2013.

⁶⁷ ebd.

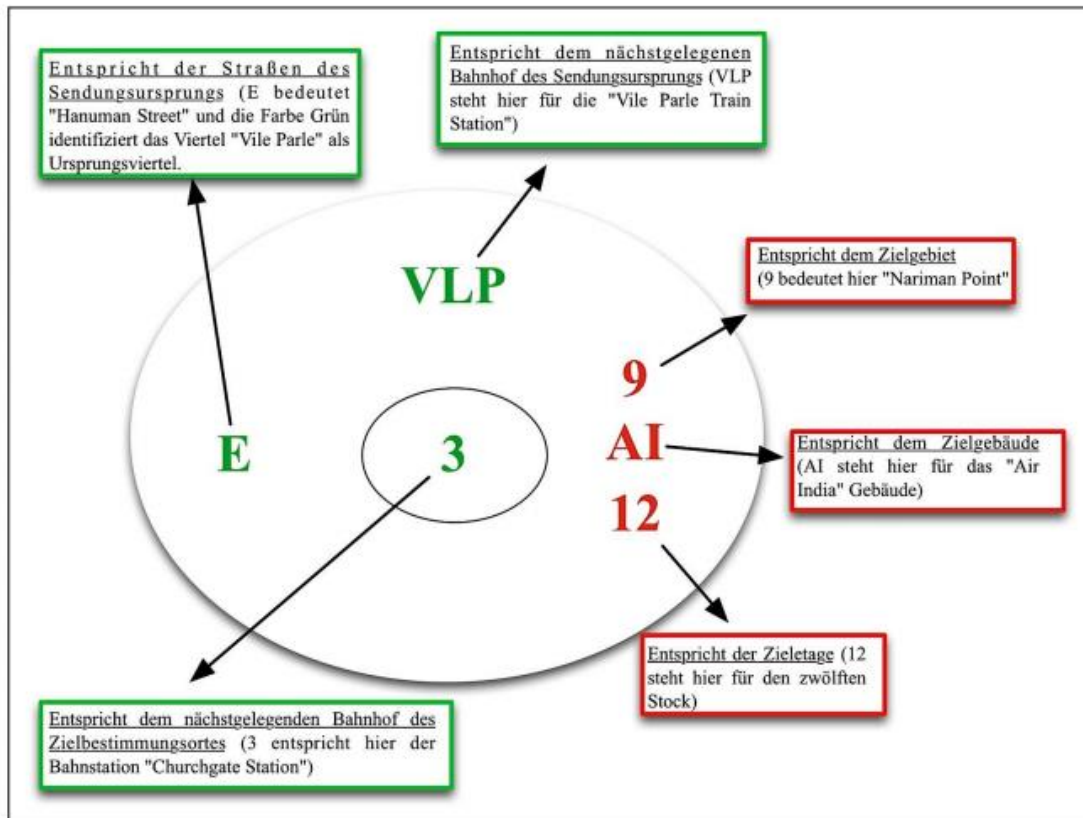


Abbildung 5: Erläuterung eines Beispielliefercodes einer Metallbox
(Quelle: entnommen aus Nobis, 2013, S. 56)

Zur Orientierung dienen dabei die nächstgelegenen Bahnstationen. Voraussetzung dafür ist die sehr gute Ortskenntnis der Dabbawallahs in dem Gebiet, in dem sie im Einsatz sind. Die exakte Bedeutung des abgebildeten Codes ist in den farblich umrahmten Kästchen in Abbildung 5 nachzulesen. Der Lieferprozess besteht grundsätzlich aus der Abholung der gereinigten Boxen von den Auftraggebern am Morgen, der Befüllung und Lieferung dieser zu den Endkunden und dem Zurückbringen der Boxen zum Auftraggeber. Am Morgen werden die Metallboxen von den Dabbawallahs, die in diesem Gebiet der Stadt ansässig sind, abgeholt. In der ersten Stufe der Konsolidierung erfolgt die Umverteilung der Boxen je nach Zielbahnhof mit anderen Dabbawallahs. Mit dem Zug, der sog. „Food Line“ fahren die Dabbawallahs anschließend in das Zielgebiet.⁶⁸ Dort werden die Boxen, an die für die entsprechenden Zielviertel bzw. Zielstraßen zuständigen Dabbawallahs, weiter gereicht (zweite Konsolidierungsstufe). Für die Dabbawallahs geht es dann „meist zu Fuß oder mit dem Fahrrad“ weiter bis zur dritten Konsolidierungsstufe, bei der die Boxen nach

⁶⁸ Nobis, 2013.

Zielgebäuden geordnet werden.⁶⁹ Im letzten Schritt erfolgt die Zustellung der Boxen an den Kunden. Nachdem die „erfolgreich zugestellten Essenssendungen konsumiert“⁷⁰ wurden, werden die Metallboxen wieder von den Dabbawallahs eingesammelt und genau wie die Boxen geliefert wurden, an die Auftraggeber zurückgeleitet. Zur besseren Vorstellung ist der gesamte Prozess in Abbildung 6 visualisiert.⁷¹

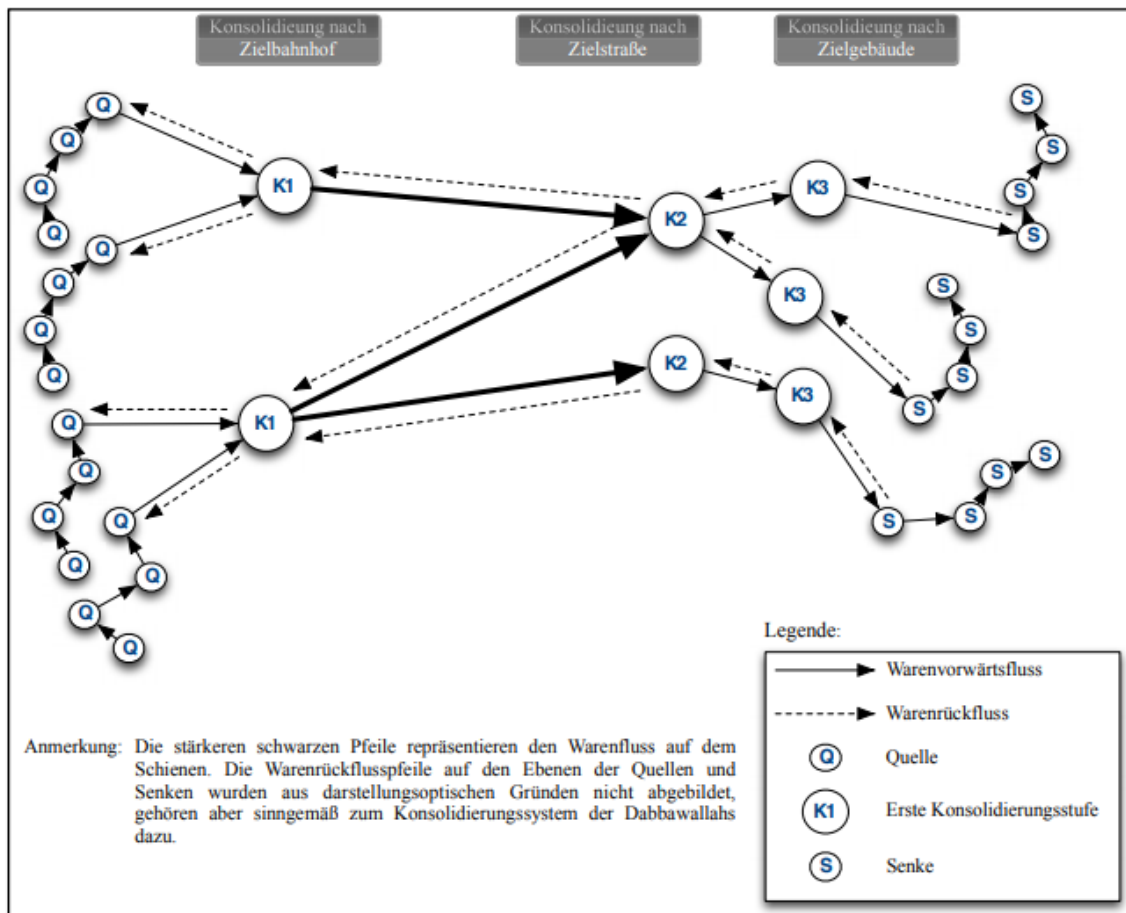


Abbildung 6: Visualisierung des Lieferprozesses der Metallboxen der Dabbawallahs
(Quelle: entnommen aus Nobis, 2013, S. 58)

Auf der linken Seite der Abbildung 6 sind die Quellen, mit einem großen Q markiert, abgebildet. Diese entsprechen den Kundenstandorten, von denen die Metallboxen morgens abgeholt werden. Danach folgt die Konsolidierung 1 (K1) nach dem Zielbahnhof der Box. Im nächsten Schritt werden die Boxen erneut nach Zielstraße (Konsolidierungsstufe 2) und anschließend nach dem Zielgebäude sortiert, was der dritten und letzten

⁶⁹ Nobis, 2013.

⁷⁰ ebd..

⁷¹ Vgl. Nobis, 2013.

Konsolidierungsstufe (K3) entspricht. Auf der rechten Seite sind die Empfänger der Ware mit ‚S‘ für Senke bezeichnet. Alle Stationen der Tour sind mit richtungsweisenden Pfeilen verbunden, wobei die gestrichelten Pfeile in die Gegenrichtung den Warenrückfluss kennzeichnen.

3.1.3 Bewertung des Konzepts anhand der zusammengestellten Merkmale

Das Konzept wurde nun ausführlich dargestellt und beschrieben. Mit Hilfe dieser Informationen kann die dafür erstellte Checkliste ausgefüllt werden (siehe Tabelle 2).

*Tabelle 2: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel der indischen Stadt Mumbai
(Quelle: eigene Darstellung)*

Merkmal	erfüllt?	
	ja	nein
Einsatz von autonomen Fahrzeugen (FZ) und/oder Fahrzeugen mit alternativen Antrieben z.B. selbstfahrende FZ, E-Kleintransporter, (E-)Lastenräder	(x)	
bestehende Kooperation der Akteure des (Innen-)Stadtverkehrs, insbesondere Dienstleister und Spediteure		x
Datenbanken/Software/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch vorhanden	x	
eingesetzten Fahrzeuge an das Internet angebunden und/oder mit GPS-Trackern o.ä. ausgestattet		x
Restriktionen für den Innenstadtverkehr aufgestellt z.B. Einfahrtsbeschränkungen tagsüber für schwere LKW		x
Micro-Hubs in Innenstädten errichtet		x
vorhandene Nahverkehrsinfrastruktur wird für Warenlieferungen genutzt z.B. Nutzung von Bussen oder S-/U-Bahnen	x	

In Tabelle 2 ist zu sehen, dass drei von sieben Merkmalen für erfolgreiche CL-Konzepte der Liste vollständig oder teilweise erfüllt sind. Deshalb ist das Belieferungskonzept für warme Mahlzeiten innerhalb Mumbais als erfolgreich zu werten. Wie in Abschnitt 3.1.2 bereits erwähnt, trägt die Ortskenntnis und Mentalität der Dabbawallahs und das gut durchdachte

System der Codes auf den Boxen maßgeblich zum Erfolg und zur Annahme des Konzepts bei der Bevölkerung bei. Bestätigt werden kann dies durch die minimale Quote der Fehlzustellungen von „ungefähr 1 zu 16 Millionen“.⁷² Der Punkt ‚Einsatz von autonomen Fahrzeugen (FZ) und/oder Fahrzeugen mit alternativen Antrieben‘ wird nur zum Teil bejaht, da zu diesem auch der Einsatz von (E-)Lastenrädern zählt. Da die Dabbawallahs teilweise Fahrräder zu Auslieferung der Boxen nutzen und diese unter die Kategorie der Räder fallen, wird der Punkt teilweise bejaht. Anerkennung verdient dieses Konzept, da es ohne den Einsatz von technischen Hilfsmitteln, wie z.B. Smartphones auskommt. Mittlerweile werden zur besseren Kommunikation Telefone untereinander genutzt.⁷³ Das rechtfertigt die Bejahung des Punktes ‚Datenbanken/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch vorhanden‘ (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Zudem sind einige Dabbawallahs mit den öffentlichen Verkehrsmitteln, wie dem Zug unterwegs, was zur Bejahung des letzten Punktes der Tabelle führt.

Anzumerken ist sicherlich auch, dass die erstellte Checkliste wahrscheinlich nicht einhundertprozentig mit Entwicklungs- und vermutlich auch Schwellenländern vereinbar ist. Das kann an der Tatsache liegen, dass diese Länder in verschiedenen Bereichen, wie z. B. der Informationstechnologie (IT) Bereich, weniger weit entwickelt sind als Industrieländer. Damit kann der Einsatz von bspw. Smartphones oder Datenbanken nicht als selbstverständlich angesehen werden. Zudem ist zu bemerken, dass die Checkliste eher auf die klassische Auslieferung von Paketen ausgelegt ist.

3.2 Die City-Maut in Singapur

Im folgenden Abschnitt stellt die City-Maut im Land Singapur das zentrale Thema dar. Nach der geografischen Einordnung dieses Landes, erfolgt die Beschreibung der Regulatorien. Abschließend wird das Konzept mit Hilfe der Merkmale bewertet.

3.2.1 Der Stadtstaat Singapur

Der Stadtstaat Singapur befindet sich auf dem asiatischen Kontinent nahe dem Äquator. Genauer befindet er sich südlich der Halbinsel Malakka, speziell Malaysia. Der Inselstaat wird im Süden von den großen indonesischen Inseln, Sumatra westlich und Borneo östlich,

⁷² Vgl. Nobis, 2013.

⁷³ Vgl. ebd.

umschlossen. Die Hauptstadt von Singapur heißt ebenfalls Singapur und befindet sich an der Südküste der Insel. Im Jahr 2018 lebten etwa 5,64 Millionen Menschen auf der Insel.⁷⁴ Daraus ergibt sich eine Bevölkerungsdichte von knapp 8000 Einwohnern pro Quadratkilometer.⁷⁵ Singapur ist außerdem aufgrund seines Entwicklungsstandes in verschiedenen Bereichen, neben Ländern wie Saudi-Arabien, Mexiko und Südafrika, als Schwellenland einzustufen.⁷⁶

3.2.2 Verkehrsrestriktionen auf Singapur

Singapur ist das erste Land, in dem Straßennutzungsgebühren eingeführt wurden.⁷⁷ Bereits seit 1975 wird dadurch versucht „den Verkehr im zentral gelegenen Geschäftsviertel (Central Business District [CBD]) zu regulieren und Staus zu reduzieren“.⁷⁸ Dafür wurden auf der Insel zahlreiche Mautstationen eingerichtet und die Insel somit in verschiedene Zonen eingeteilt. Bezeichnet werden die Mautstationen als Electronic Road Pricing-System, kurz ERP, wie in Abbildung 7 zu erkennen ist.⁷⁹

⁷⁴ Vgl. IMF, 2021.

⁷⁵ Vgl. World Bank, 2021b.

⁷⁶ Vgl. Bundeszentrale für politische Bildung, 2016.

⁷⁷ Vgl. Hagen/Reining, 2019.

⁷⁸ Hagen/Reining, 2019.

⁷⁹ Vgl. ebd.

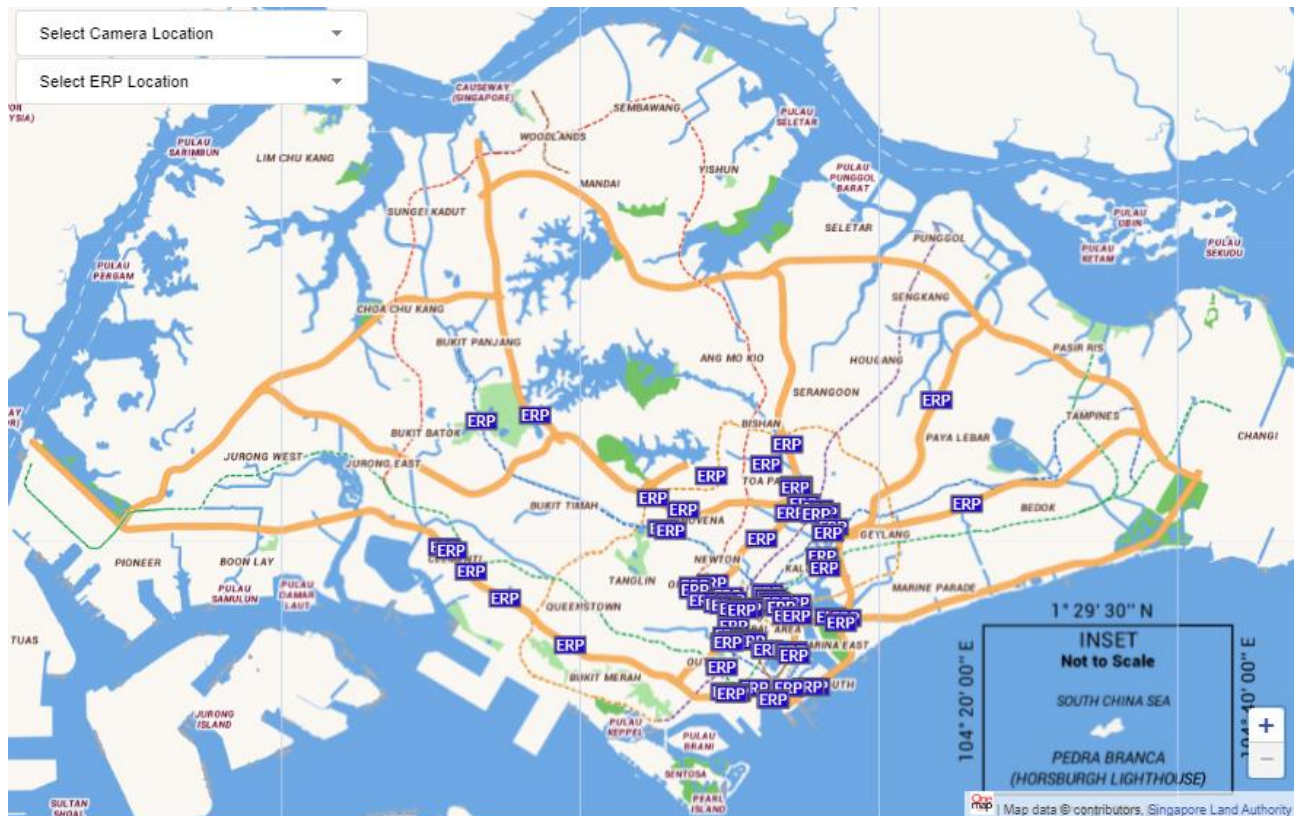


Abbildung 7: Mautstationen (ERP) in Singapur
(Quelle: s. LTA | traffic.smart, o. D.)

Bei der Einführung des Systems im Jahr 1975 wurde zunächst mit Papier-Ausweisen gearbeitet, die beim Einfahren in eine andere Zone vorgezeigt werden mussten. Später, im Jahr 1998, entschied man sich jedoch für „in-vehicle units (Transponder)“ (IU), welcher bei jeder Fahrt mitgeführt werden musste.⁸⁰ Die Besteuerung der Straßen richtet sich nach „Fahrzeugtyp, der Zeit und dem Ort des Passierens der Mautgrenze“.⁸¹ Ab 2021 sollen die Fahrzeuge über ein modernes Satellitensystem, dem sog. „Global Navigation Satellite System (GNSS)“, getrackt werden.⁸² Dies würde das Mitführen der IU ersparen und die Erfassung aller Fahrzeuge ist garantiert. Außerdem werden „die Gebühren pro Fahrt berechnet“, wodurch die City-Maut stets sehr gut an die Gesamtsituation angepasst ist.⁸³ Es kostet also, je nachdem, ob für PKW, Taxis und Leichtkrafträder, zwischen 0.50 Singapurdollar (SGD) und 3.00 SGD, umgerechnet nach aktuellem Kurs zwischen 0,32 €

⁸⁰ Hagen/Reining, 2019.

⁸¹ ebd.

⁸² Theseira, 2020.

⁸³ Hagen/Reining, 2019.

und 1,90 €, um von einer Maut-Zone in eine andere einzufahren.^{84,85} Mit dieser ist es dann möglich, sich zu jeder Tageszeit frei zwischen den Maut-Zonen zu bewegen.⁸⁶

Seit der Einführung der Straßennutzungssteuer konnten bereits zahlreiche positive Effekte auf den Verkehr auf der Insel beobachtet werden:⁸⁷

- Anstieg der Durchschnittsgeschwindigkeit der Fahrzeuge auf den Straßen von 19 km/h auf 36 km/h
- Verringerung des Verkehrsaufkommens im frühen Hauptverkehr (zwischen 7:30 Uhr und 10:15 Uhr) um 45%
- Reduzierung der Einfahrten in die Maut-Zone um 70%

3.2.3 Bewertung des Konzepts mit Hilfe der erstellten Merkmale

Aus den Ausführungen des letzten Abschnitts ergibt sich die nachfolgende Tabelle.

⁸⁴ ERP RATE TABLE FOR PASSENGER CARS, TAXIS AND LIGHT GOODS VEHICLES (With Effect From 12 April 2021), 2021.

⁸⁵ Tagesschlusskurs 11.09.2021: 1 Singapur-Dollar (SGD) entspricht etwa 0,6312 €

⁸⁶ Vgl. Hagen/Reining, 2019.

⁸⁷ ebd.

Tabelle 3: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel des Stadtstaates Singapur
(Quelle: eigene Darstellung)

Merkmal	erfüllt?	
	ja	nein
Einsatz von autonomen Fahrzeugen und/oder Fahrzeugen mit alternativen Antrieben z.B. selbstfahrende FZ, E-Kleintransporter, (E-)Lastenräder		x
bestehende Kooperation der Akteure des (Innen-)Stadtverkehrs, insbesondere Dienstleister und Spediteure		x
Datenbanken/Software/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch vorhanden		x
eingesetzten Fahrzeuge an das Internet angebunden und/oder mit GPS-Trackern o.ä. ausgestattet		x
Restriktionen für den Innenstadtverkehr aufgestellt z.B. Einfahrtsbeschränkungen tagsüber für schwere LKW	x	
Micro-Hubs in Innenstädten errichtet		x
vorhandene Nahverkehrsinfrastruktur wird für Warenlieferungen genutzt z.B. Nutzung von Bussen oder S-/U-Bahnen		x

Wenngleich auch nur ein Punkt auf der Liste als erfüllt gewertet werden kann, scheint die hohe Besteuerung von Straßen und Fahrzeugen ein wirksames Mittel zu sein, die Menschen von dessen Nutzung abzuhalten. (siehe Beer, 2021.)

Anzumerken ist, dass die erstellte Liste eher auf den Güterverkehr in Innenstädten, welcher die Lieferung von Ware und Paketen beinhaltet, ausgerichtet ist, als auf den Privatverkehr in Innenstädten. Zudem beinhaltet die Liste eher Punkte zur effizienten Auslieferung von Paketen und ist deshalb eher auf die KEP als auf den Privatverkehrs ausgerichtet.

4 City-Logistik in deutschen Städten

Nach der Vorstellung und Bewertung zweier Konzepte aus jeweils einem Entwicklungs- und einem Schwellenland wird nun auf zwei Konzepte aus Deutschland, stellvertretend für die Industrieländer, näher eingegangen. Deutschland selbst befindet sich in Mitteleuropa und verfügt im Norden über direkte Zugänge zu Nord- und Ostsee. Über die Nordsee gelangt man in den atlantischen Ozean, wodurch Überseetransporte per Schiff nach Nord- und Südamerika und Afrika möglich werden. Zudem teilt sich Deutschland seine Grenze mit neun Nachbarländern: mit Dänemark im Norden, mit den Niederlanden, Luxemburg, Belgien und Frankreich im Westen, mit der Schweiz und Österreich im Süden und mit Tschechien und Polen im Osten. Mit einer Einwohnerzahl von etwa 83 Millionen (Stand 12/2020) und einer Bevölkerungsdichte von ca. 235 Einwohnern pro Quadratkilometer (Stand 12/2019) belegt Deutschland im Vergleich der EU-Mitgliedsstaaten (ohne Großbritannien) den fünften Platz.^{88,89,90}

4.1 Die emissionsfreie Lieferung in der Stuttgarter Innenstadt

Der erste Teil des Kapitels über deutsche CL-Konzepte beschäftigt sich mit der emissionsfreien Lieferung von Paketen in der Innenstadt von Stuttgart. Hauptakteur in diesem Konzept ist der Logistikdienstleister DACHSER, welcher verantwortlich für die Umsetzung des Konzepts ist.⁹¹ Bevor das CL-Konzept vorgestellt wird, erfolgt die geografische Einordnung der Landeshauptstadt Stuttgart in den deutschen Kontext. Den Abschluss der Ausführungen über das Stuttgarter CL-Konzept bildet dessen Bewertung unter zu Hilfenahme der zusammengestellten Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte.

4.1.1 Die Landeshauptstadt Stuttgart

Stuttgart befindet sich im Süden von Deutschland und ist zugleich die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg. Nach der Einwohnerzahl, mit etwa 635000 am Ende des Jahres 2019, war Stuttgart die sechstgrößte Stadt Deutschlands.⁹² Den gleichen Platz nimmt Stuttgart auch im deutschlandweiten Vergleich in Bezug auf die Bevölkerungsdichte mit etwa 3000 Einwohnern pro Quadratkilometer ein.⁹³ Bekanntermaßen geriet die Stadt Stuttgart in den

⁸⁸ Vgl. Statistisches Bundesamt, o. D.

⁸⁹ Vgl. Eurostat, 2021.

⁹⁰ Vgl. ebd.

⁹¹ Vgl. Abidi et al., 2021.

⁹² Vgl. Statistisches Bundesamt, 2021c.

⁹³ Vgl. Deutschlandatlas, 2021b.

letzten Jahren aufgrund der hohen Feinstaubbelastung in der Innenstadt immer häufiger in die Schlagzeilen. Aufgrund dessen ist die Einführung und erfolgreiche Umsetzung von CL-Konzepten umso dringender, um die Gesundheit der Stuttgarter Bevölkerung langfristig nicht zu gefährden und die Lebensqualität in der Stadt zu erhalten.⁹⁴

4.1.2 Emissionsfreie Belieferung der Innenstadt von Stuttgart

Mit der Umsetzung eines solchen Konzepts beschäftigt sich aktuell das Logistikunternehmen DACHSER SE mit dem Sitz im Allgäu. In Zusammenarbeit mit der Stadt Stuttgart wurde so das Logistikkonzept mit dem Titel ‚DACHSER Emission-Free Delivery‘ entwickelt. Dieses beinhaltet die emissionsfreie Belieferung eines etwa fünf Quadratkilometer großen Gebietes in der Innenstadt Stuttgarts. Dafür wird die letzte Meile ausschließlich von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, in diesem Fall von Elektrofahrzeugen, beliefert. Dafür kommen folgende Fahrzeuge zum Einsatz:⁹⁵

- der Mercedes-Benz eActros, mit einem maximalen Gesamtgewicht von 18 t
- der FUSO eCanter, mit einem maximal zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 t
- elektrisch unterstützte Lastenräder, „die mit maximal 250 kg beladen werden können“⁹⁶

Um auch die Lieferverkehre in die Innenstadt zu reduzieren, wird zusätzlich ein Micro-Hub errichtet. Ein Micro-Hub, oder auch Micro-Depot genannt, ist eine Art Lagerstandort, welcher sich aber meist aufgrund seiner vergleichsweise geringen Fläche in zentraler Innenstadtlage befindet, wie in Abbildung 8 zu sehen.⁹⁷

⁹⁴ Vgl. o. V., Feinstaubalarm, o. D.

⁹⁵ Vgl. Abidi et al., 2021.

⁹⁶ ebd.

⁹⁷ Vgl. Abidi et al., 2021.



Abbildung 8: Karte der Stuttgarter Innenstadt

(Quelle: entnommen aus Abidi et al., 2021, S. 494)

Wie zu erkennen ist, befindet sich das Micro-Depot (hier als „City Hub“ bezeichnet) in Stuttgart Süd. Mit diesem ist man in der Lage, den gesamten blau hinterlegten Bereich in Abbildung 8 zu beliefern.⁹⁸

Das Micro-Depot selbst „wird von der Dachser Niederlassung in Kornwestheim bei Stuttgart per eActros beliefert“.⁹⁹ In der Dachser Niederlassung wird die Ware bereits konsolidiert, was zu einer Reduktion der Fahrten in die Innenstadt führt. Im Micro-Hub wird die Ware von einem bis drei Mitarbeitern angenommen und auf die FUSO eCanter und die Lastenräder verteilt. Durch die Zustellung der Sendungen mit elektrisch angetriebenen oder unterstützten Fahrzeugen, wurde der Ausstoß von Emissionen in Stuttgarts Innenstadt im Vergleich zu Juli 2017 bereits reduziert. Der Ausstoß von CO₂ und Stickoxiden (NO_x) konnte demnach bereits um jeweils etwa 25% gesenkt werden. Die Feinstaubkonzentration verringerte sich sogar um ein Drittel.¹⁰⁰

Als Erfolgsfaktor sei außerdem die „IT-gestützten Bündelung und Steuerung der Warenströme bzw. Routenplanung“ genannt.¹⁰¹ Mit der Hilfe von Software ist es sicherlich erst möglich, die Warenströme effizient zu konsolidieren und die Routen so günstig wie möglich zu gestalten.¹⁰²

Für die Zukunft wird eine Zusammenarbeit der Speditionen, die die Innenstadt von Stuttgart beliefern, angestrebt, um die Auslieferungsprozesse noch nachhaltiger zu gestalten.¹⁰³

4.1.3 Bewertung des Innenstadt-Konzepts mit Hilfe der zusammengestellten Merkmale

Aufgrund der Ausführungen kann das Konzept folgendermaßen bewertet werden:

⁹⁸ Vgl. Abidi et al., 2021.

⁹⁹ ebd.

¹⁰⁰ Vgl. Abidi et al., 2021.

¹⁰¹ ebd.

¹⁰² Vgl. Abidi et al., 2021.

¹⁰³ Vgl. ebd.

Tabelle 4: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel der Stuttgarter Innenstadt
(Quelle: eigene Darstellung)

Merkmal	erfüllt?	
	ja	nein
Einsatz von autonomen Fahrzeugen und/oder Fahrzeugen mit alternativen Antrieben z.B. selbstfahrende FZ, E-Kleintransporter, (E-)Lastenräder	x	
bestehende Kooperation der Akteure des (Innen-)Stadtverkehrs, insbesondere Dienstleister und Spediteure	(x)	
Datenbanken/Software/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch vorhanden	x	
eingesetzten Fahrzeuge an das Internet angebunden und/oder mit GPS-Trackern o.ä. ausgestattet	nicht bekannt	
Restriktionen für den Innenstadtverkehr aufgestellt z.B. Einfahrtsbeschränkungen tagsüber für schwere LKW		x
Micro-Hubs in Innenstädten errichtet	x	
vorhandene Nahverkehrsinfrastruktur wird für Warenlieferungen genutzt z.B. Nutzung von Bussen oder S-/U-Bahnen		x

Das Merkmal ‚Kooperationen zwischen den Akteuren des (Innen-)Stadtverkehrs‘ kann insofern nicht vollständig bejaht werden, da erst in der Zukunft Kooperationen mit KEP abgeschlossen werden sollen (s. Kapitel 4.1.2). Da es aber geplant ist, wurde das Kreuz bereits in das entsprechende Feld gesetzt, aber eingeklammert. Der Einsatz von GPS-Trackern o.ä. wurde im Text nicht separat erwähnt, weshalb die entsprechenden Felder mit ‚nicht bekannt‘ ausgefüllt wurden.

Zur Bewertung lässt sich sagen, dass das Konzept als erfolgreich gewertet werden kann, aber durchaus noch Potenzial zur Verbesserung und Ausweitung dessen vorhanden ist. Beispielsweise müssen die angekündigten Kooperationen mit anderen KEP vertraglich festgehalten und in die Realität umgesetzt werden. Dies ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer vollkommen emissionsfreien und geräuscharmen Belieferung einer deutschen

Innenstadt, welche zusätzlich eine Vorreiterstellung in Deutschland erhalten würde. Zudem können die eingesetzten Fahrzeuge, falls dies noch nicht geschehen ist, mit GPS-Trackern ausgestattet werden. Durch eine Anbindung an das Internet könnten die GPS-Daten in Echtzeit an die aktuelle Verkehrssituation in der Stuttgarter Innenstadt durch die bereits in Anwendung befindliche Software angepasst werden. Dadurch könnten durch Unfälle oder ein erhöhtes Verkehrsaufkommen in den Hauptverkehrszeiten entstandene Staus umfahren und unnötige Standzeiten vermieden werden.

Inwieweit das Konzept noch ausgeweitet wird, bleibt abzuwarten.

4.2 Das Tunnelsystem unter Hamburg

Der zweite Teil dieses Kapitels beleuchtet ein innovatives Konzept, welches einen völlig anderen Ansatz verfolgt als die Konzepte, auf die bisher eingegangen wurde. Es sieht vor, den Gütertransport auf der vorletzten Meile unter die Erde, genauer gesagt in ein eigens dafür errichtetes Tunnelsystem, zu verlegen. Nach der Vorstellung der Stadt Hamburg, in der das Konzept umgesetzt wird, wird das Konzept selbst näher erläutert. Abschließend erfolgt die Bewertung des Konzepts mit Hilfe der am Ende des zweiten Kapitels erstellten Tabelle.

4.2.1 Die Hafenstadt Hamburg

Hamburg befindet sich ganz im Norden Deutschlands und besitzt über die Trichtermündung der Elbe einen direkten Zugang zur Nordsee. Dadurch spielt Hamburg seit jeher eine wichtige Rolle im interkontinentalen Handel und erhielt 1510 den Namenszusatz Freie Hansestadt.¹⁰⁴ Der Stadtstaat Hamburg war im Jahr 2019 „mit ca. 1,8 Millionen Einwohnern die zweitgrößte Stadt Deutschlands“ hinter Berlin.^{105,106} Trotz dessen ist Hamburg nur auf Platz 20, hinter Bochum und Gelsenkirchen, der ‚Gemeinden mit den höchsten Bevölkerungsdichten Deutschlands‘ zu finden.¹⁰⁷ Dennoch ist der Elbtunnel, der den Süden und den Norden Hamburgs miteinander verbindet, regelmäßig überlastet und es kommt zu Verkehrsbeeinträchtigungen.¹⁰⁸ Die unterirdischen Tunnel zum Gütertransport auf der

¹⁰⁴ Vgl. Weihs, A., www.ehrenzeichen-orden.de, o. D.

¹⁰⁵ Vgl. o. V., Hamburg in Zahlen, 2020.

¹⁰⁶ Statistisches Bundesamt, 2021d.

¹⁰⁷ Vgl. Deutschlandatlas, 2021c.

¹⁰⁸ Kühnhold, 2020.

vorletzten Meile sollen so Abhilfe schaffen und zu einer ‚Entlastung der Innenstadt‘ und des Elbtunnels beitragen.¹⁰⁹

4.2.2 Smart City Loop in Hamburg

Ein großes Problem in den Städten ist, dass die Straßen vom Wirtschafts- und Privatverkehr gleichermaßen genutzt werden. Laut einer Berechnung beträgt ‚das Transportaufkommen in mittelgroßen Städten Tag für Tag etwa 10000 Pallet Equivalent Units (PEU; z.B. Gitterboxen, Rollcontainer, Euro- und andere Paletten)‘.¹¹⁰ Umgerechnet auf LKW bedeutet das ca. 1000 LKW pro Tag, abhängig von deren Größe und Transportvolumen.¹¹¹ Um das Verkehrsaufkommen auf der vorletzten Meile drastisch zu reduzieren entstand die Idee, den Warenverkehr in ein unterirdisches Rohrsystem, das sog. Smart City Loop (SCL), zu verlagern. Durch die Rohre, welche einen Durchmesser von 2,8 m haben, kann die palettierte Ware über ein Fließbandsystem vollelektrisch und autonom in die Innenstadt transportiert werden.¹¹²

In Abbildung 9 ist der genaue Transportablauf grafisch dargestellt.¹¹³



Abbildung 9: Darstellung des Ablaufs des Warentransports unter Einsatz eines Smart City Loops
(Quelle: entnommen aus Etezadzadeh, 2020, S. 588)

Das Konzept sieht die Anlieferung der Ware mit LKW an ein Güterverteilzentrum (GVZ) am Stadtrand vor. In den GVZ ‚werden die Waren mittels moderner und vollautomatischer Fördertechnik in die Röhren eingeschleust‘.¹¹⁴ Da die GVZ direkt von LKW beliefert

¹⁰⁹ Vgl. Westerheide, 2020.

¹¹⁰ Kühnhold, 2020.

¹¹¹ ebd.

¹¹² Vgl. Kühnhold, 2020.

¹¹³ Vgl. ebd.

¹¹⁴ Kühnhold, 2020.

werden, ist es sinnvoll diese an Autobahnkreuzen oder allgemein Hauptverkehrsachsen zu errichten, um Wege, z.B. in ein Industriegebiet, einzusparen. Wurde die Ware erfolgreich „in die Röhren eingeschleust“, wird diese auf Fließbändern, die in den Röhren verlaufen, voll-elektrisch und autonom bis zu den City-Hubs transportiert.¹¹⁵ Dort erfolgt die „Feinverteilung“ der Ware an die Endkunden unter Einsatz von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, wie E-Lastenräder oder E-Transporter.^{116,117}

Die Vorteile des Konzepts sind vielfältig:¹¹⁸

- Für die/das GVZ und City-Hub können bereits vorhandene Gebäude, wie Einkaufszentren oder Tiefgaragen/Parkhäuser genutzt werden. Es müssen keine neuen Gebäude errichtet werden.
- Das Rohrsystem wird mit einem altbewährten System aus dem Kanalbau errichtet. Dies ist sehr viel kostengünstiger als z.B. die Erweiterung der Autobahn um die gleiche Strecke.
- Die Lieferung von Ware ist aufgrund der nicht vorhandenen Schadstoff- und Lärmbelastung rund um die Uhr an jedem Tag der Woche möglich.
- Dadurch steigt die Attraktivität für die Logistikdienstleister, Speditionen und KEP, weil die Transporte in die Stadt viel besser plan- und koordinierbar sind.
- Das SCL ist außerdem nicht nur für den Transport von Ware in die Stadt hinein geeignet, sondern auch für Retouren und Entsorgungen. (s. Abbildung 9)

Durch diese zahlreichen Vorteile ist das CL-Konzept ‚Smart City Loop‘ bereits in anderen Regionen Deutschlands als Lösungsmöglichkeit im Gespräch. Dazu gehört einerseits das Ruhrgebiet, speziell davon die Städte Köln und Leverkusen, die das Konzept aufgrund von Brückenreparaturarbeiten und ein damit einhergehendes Passierverbot für Schwerlasttransporte, in Betracht ziehen.¹¹⁹ Im Raum Stuttgart werden durch die steigenden Umweltbelastungen, wie im vorhergehenden Abschnitt bereits beleuchtet, die Rufe nach

¹¹⁵ ebd.

¹¹⁶ Kühnhold, 2020.

¹¹⁷ ebd.

¹¹⁸ Kühnhold, 2020.

¹¹⁹ Kühnhold, 2020.

weiteren umfassenderen Lösungen für Stuttgarts Innenstadt laut, weshalb eine Machbarkeitsstudie mit dem SCL-Konzept erstellt werden soll.¹²⁰

4.2.3 Bewertung des Smart City Loop Konzepts mithilfe der erstellten Checkliste

Die Ergänzung der Tabelle aus Kapitel 2 kann aufgrund vorheriger Ausführungen wie folgt vorgenommen werden.

*Tabelle 5: ausgefüllte Checkliste der Merkmale für erfolgreiche CL-Konzepte am Beispiel der Hafenstadt Hamburg
(Quelle: eigene Darstellung)*

Merkmal	erfüllt?	
	ja	nein
Einsatz von autonomen Fahrzeugen und/oder Fahrzeugen mit alternativen Antrieben z.B. selbstfahrende FZ, E-Kleintransporter, (E-)Lastenräder	x	
bestehende Kooperation der Akteure des (Innen-)Stadtverkehrs, insbesondere Dienstleister und Spediteure		x
Datenbanken/Software/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch vorhanden		x
eingesetzten Fahrzeuge an das Internet angebunden und/oder mit GPS-Trackern o.ä. ausgestattet		x
Restriktionen für den Innenstadtverkehr aufgestellt z.B. Einfahrtsbeschränkungen tagsüber für schwere LKW		x
Micro-Hubs in Innenstädten errichtet	x	
vorhandene Nahverkehrsinfrastruktur wird für Warenlieferungen genutzt z.B. Nutzung von Bussen oder S-/U-Bahnen		x

Bei dem Konzept des Smart City Loops in der Hamburger Innenstadt werden altbewährte Baumaßnahmen aus dem Kanalbau mit einem neuartigen und mit dem Zweck der Warenanlieferung verbunden. Durch die Verlagerung des Transportwegs der Ware auf der vorletzten Meile unter die Erde sind Maßnahmen, wie das Aufstellen von Restriktionen für den Innenstadtverkehr und die Nutzung der vorhandenen Nahverkehrsinfrastruktur,

¹²⁰ ebd.

überflüssig. Der Warenverkehr wird bei diesem Konzept nicht in vorhandene Muster integriert, sondern in ein eigenes System ausgegliedert. Dadurch entstehen die zahlreichen Vorteile, die im vorherigen Abschnitt bereits aufgelistet wurden, und machen das Konzept zu einem erfolgreichen Teilkonzept für die Stadt Hamburg.

5 Entwicklung eines Konzepts für die Stadt Querfurt

Um den Klimawandel zu bremsen, ist es wichtig, dass der Verkehr nicht nur in Großstädten reguliert wird, sondern auch in kleineren Städten. Nachdem in den vorhergehenden Kapiteln die CL-Konzepte von mittelgroßen und großen internationalen und deutschen Städten erläutert und bewertet wurden, dreht sich nachfolgendes Kapitel um die Entwicklung eines Konzepts für eine Kleinstadt in Mitteldeutschland. Die Einführung eines CL-Konzepts in einer kleinen Stadt kann sogar Vorteile mit sich bringen. Beispielsweise werden die Straßen in Kleinstädten täglich von deutlich weniger Fahrzeugen befahren als die in Großstädten. Das macht die Implementierung eines Konzepts kostengünstiger und einfacher in der Umsetzung, da z.B. kleinere Mengen von GPS-Sendern in die eingesetzten Lieferfahrzeuge verbaut werden müssen. Weiterhin sind kurzzeitige Straßensperrungen, die evtl. für bauliche Anpassungen der Straßen nötig sind, in kleineren Städten aufgrund des geringeren Verkehrsaufkommens leichter zu realisieren. Zudem kann ein Konzept einer kleinen Stadt einer Großstadt als Grundlage dienen, wenn dieses vorher an ersterer erfolgreich getestet wurde. In diesem Kapitel erfolgt somit die Entwicklung eines CL-Konzepts für die Stadt Querfurt in Mitteldeutschland. Es soll die Transporte in die Stadt, innerhalb der Stadt und aus der Stadt heraus effizienter und kostengünstiger werden lassen. Vor allem in den Stoßzeiten soll das Verkehrsaufkommen durch die Reduktion des Einsatzes von Lieferfahrzeugen verringert werden und Verkehrsbehinderungen in der Innenstadt reduziert werden. Das Konzept sieht vor, die Anzahl der Microdepots für Paketlieferungen zu erhöhen, um die eben genannten ökonomischen Ziele zu erreichen. Auf die Vorgehensweise zur Lösung des Problems wird im weiteren Verlauf des Kapitels näher eingegangen. Nach der Auswertung und Zusammenfassung der Ergebnisse wird das Kapitel von einer kritischen Bewertung der Vorgehensweise und der Ergebnisse abgeschlossen.

5.1 Einordnung und Vorstellung der Stadt Querfurt

Im südlichen Sachsen-Anhalt, unweit von Halle an der Saale und Merseburg entfernt, befindet sich die Stadt Querfurt. Nach dem Zusammenschluss des Saalkreises und des Kreises Merseburg-Querfurt im Jahr 2007, gehört die Gemeinde Querfurt dem daraus hervorgegangenen Saalekreis an. Die Abbildung 10 zeigt die Lage dessen (im Bild oben links – orange hinterlegt) und die Lage der Gemeinde Querfurt (rot hinterlegt).

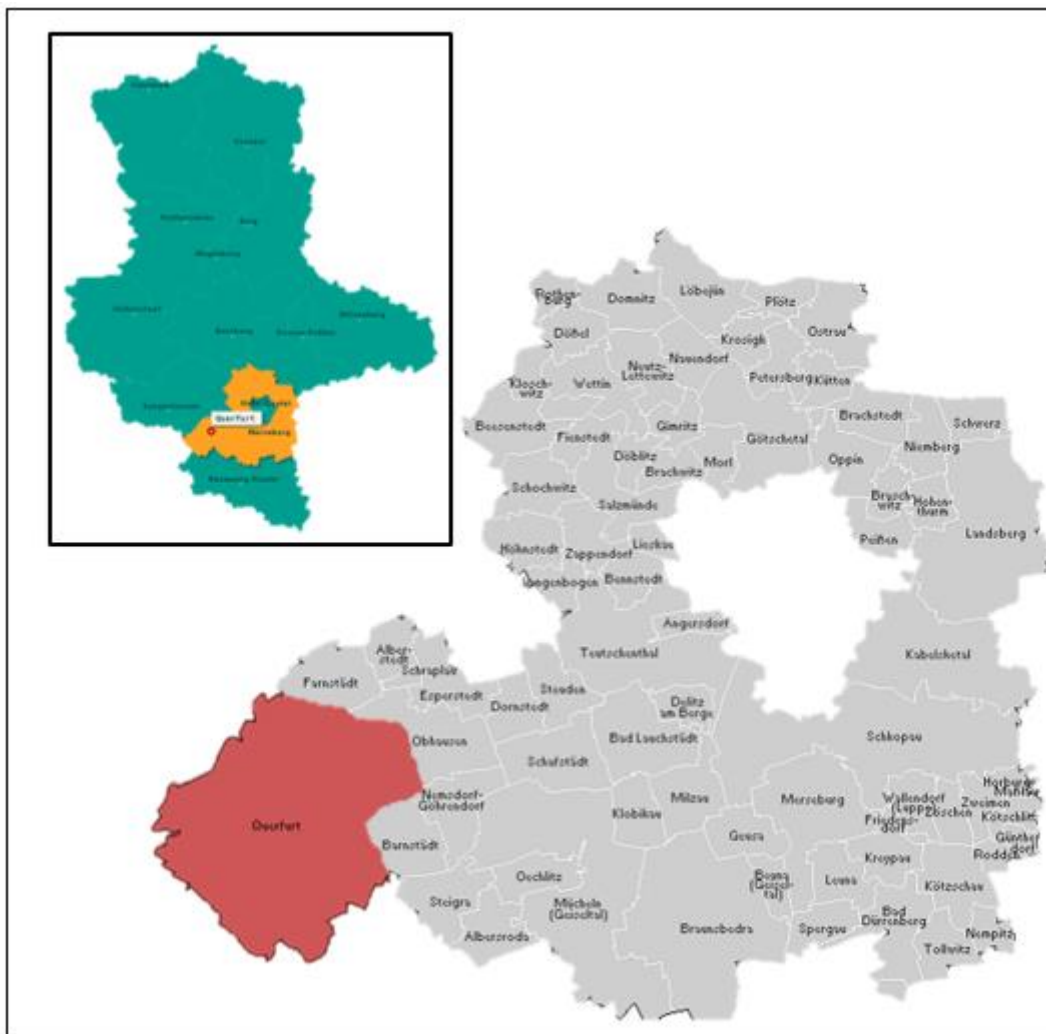


Abbildung 10: Geografische Einordnung der Gemeinde und Stadt Querfurt
 (Quelle: eigene Darstellung nach o.V., Postleitzahl Querfurt, o. D. und Vgl. o.V., Wahlergebnisse Sachsen-Anhalt, o. D.)

Die Geschichte der Region um Querfurt reicht sehr weit in die Vergangenheit zurück: Bereits in der Zwischeneiszeit um 380000 v. Chr. ließen sich die ersten Menschen in dem Gebiet um Querfurt nieder.¹²¹ Erstmals erwähnt wurde die Stadt Querfurt im 9. Jahrhundert n.Chr. im Hersfelder-Zehntverzeichnis.¹²² Das Errichten des Wahrzeichens der Stadt – die Burg Querfurt – begann etwa im 11. Jahrhundert mit dem Bau der Burgkirche und dem Errichten der inneren Stadtmauer im 12. Jahrhundert.¹²³ Nach dem Aussterben des Adelsgeschlechts der Edlen Herren von Querfurt Ende des 15. Jahrhunderts, ‘wechselten die Besitzer der Burg häufig’.¹²⁴ Damit einhergehend änderte sich oft der Zweck, wofür das Burggelände genutzt

¹²¹ Vgl. Hohenberger, o. D.

¹²² Vgl. O. V., Mehr als 1000 Jahre Geschichte, o. D.

¹²³ Vgl. Hohenberger, o. D.

¹²⁴ Vgl. O. V., Mehr als 1000 Jahre Geschichte, o. D.

wurde: Dieser reichte von der Nutzung als ‘Teilresidenz der Herzöge von Sachsen-Weißenfels’ bis hin zur ausschließlichen Nutzung “für Verwaltungs- und Wohnzwecke” ab den 1930er Jahren.^{125,126} Um der Burg wieder frischen Wind einzuhauchen und mehr Publikumsverkehr zu erzeugen, zog die Musikschule Querfurt im Jahr 2009 in ein eigens für diese Zwecke grundsaniertes Gebäude am Südeingang der Burg. Außerdem finden jährlich zahlreiche Veranstaltungen auf der Burg statt: Beginnend mit ‘Burg erwacht’ im Frühling, über das Schuljahresabschlusskonzert der Musikschule und das Sommerkino jeweils in der Südbastion, bis hin zum ‘Weihnachtszauber’ immer am letzten Wochenende vor Weihnachten.

Die Gemeinde Querfurt erstreckt sich insgesamt über eine Fläche von etwa 155 km².¹²⁷

Abbildung 11 zeigt die Gemeinde Querfurt aufgeteilt nach Ortsteilen.

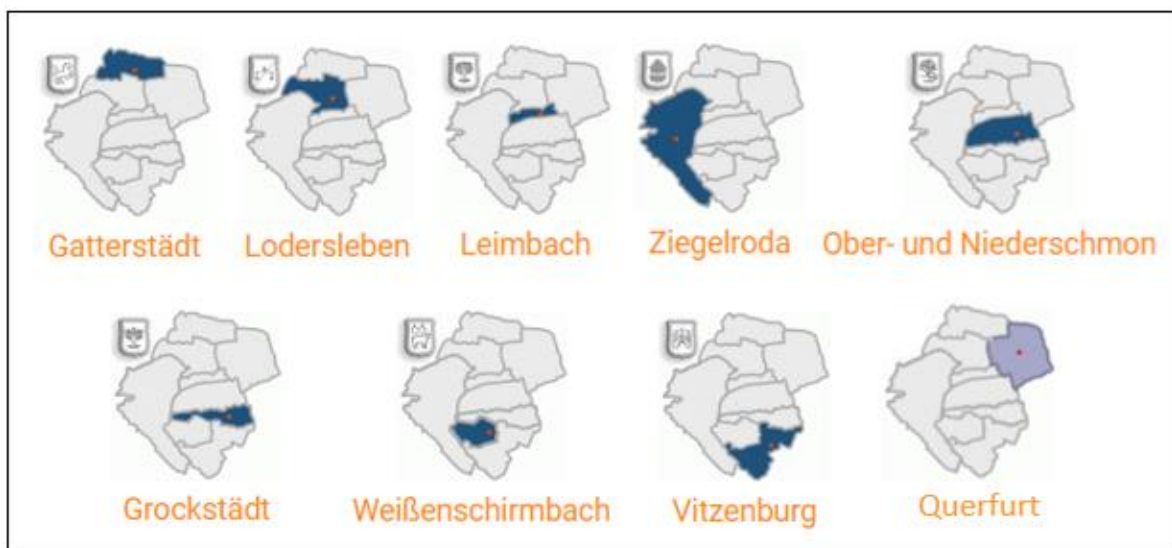


Abbildung 11: Die Gemeinde Querfurt und ihre Ortsteile

(Quelle: eigene Darstellung nach o. V., Stadt Querfurt - Ortsteile, o. D).

Zur Gemeinde Querfurt zählen neben der Stadt Querfurt noch die Ortsteile Gatterstädt, Lodersleben, Leimbach, Ziegelroda, Ober- und Niederschmon, Grockstädt, Weißenschirmbach und Vitzenburg.¹²⁸ Insgesamt besitzt die Gemeinde Querfurt etwa 11160

¹²⁵ Vgl. o. V., Mehr als 1000 Jahre Geschichte, o. D.

¹²⁶ ebd.

¹²⁷ o. V., Städte Und Gemeinden In Deutschland, o. D.

¹²⁸ Vgl. o. V., Stadt Querfurt - Ortsteile, o. D.

Einwohner (Stand 31.12.2020), was wiederum einer Bevölkerungsdichte von 72 Einwohnern pro Quadratkilometer entspricht.¹²⁹

Die Stadt Querfurt selbst lässt sich in sieben Stadtteile einteilen. Dazu zählen die Fichtensiedlung, Thaldorf, die Wohngebiete West und Nord, die Altstadt, das Gewerbegebiet und Querfurt Süd. Die Abbildung 12 stellt die Einteilung der Stadt Querfurt in die Stadtteile grafisch dar.

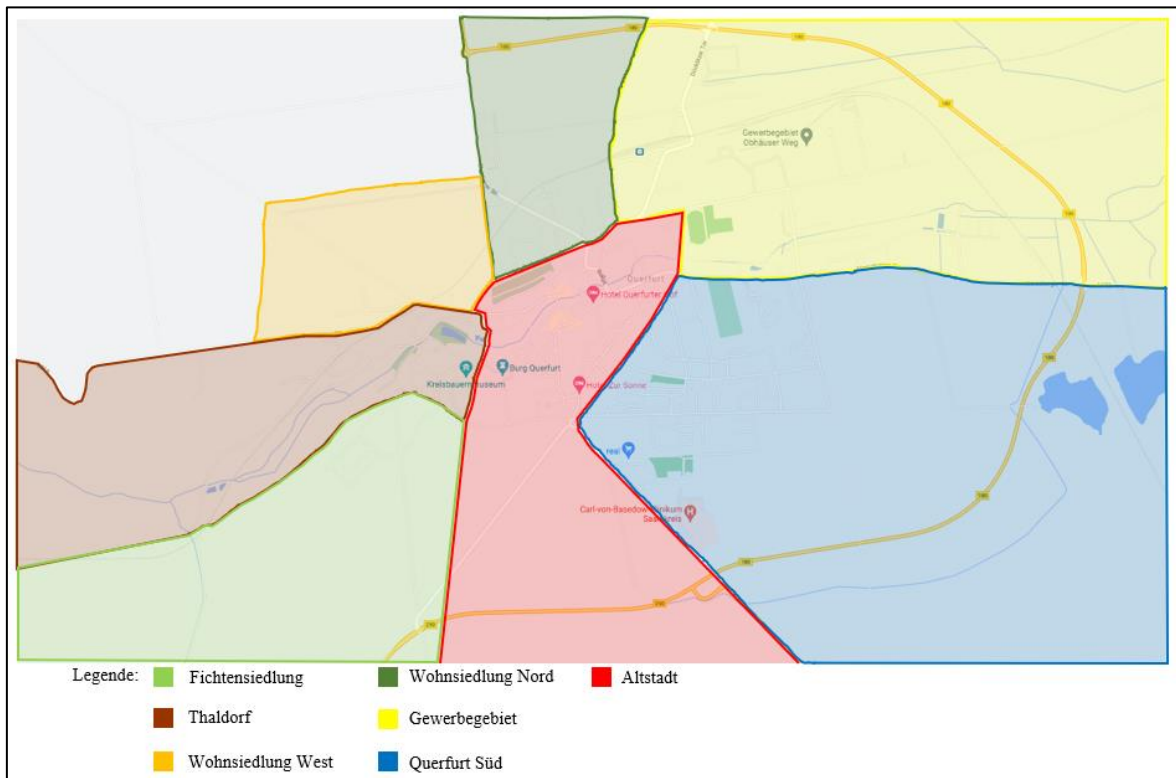


Abbildung 12: Einteilung Querfurts in Stadtteile
(Quelle: eigene Darstellung mit Hilfe von Google Maps)

Durch diese vorgenommene Einteilung sollen die im weiteren Verlauf folgenden Berechnungen vereinfacht werden.

Das Straßenbild von Querfurt ist in den Wohngebieten hauptsächlich von vielen schmalen Straßen geprägt, die zudem oftmals nur von einer Seite aus befahrbar sind. Große Lieferfahrzeuge haben in den Querfurter Straßen also keinen Platz. Der Online-Handel hat trotz allem auch um Querfurt keinen Bogen gemacht, weshalb es als durchaus sinnvoll erscheint, ein CL-Konzept einzuführen. Dieses soll einerseits die Verkehrsbehinderungen in

¹²⁹ Stößel, 2021.

der Innenstadt während der Stoßzeiten reduzieren. Des Weiteren soll die Attraktivität der Altstadt erhalten und Unfälle mit Fußgängern oder anderen Verkehrsteilnehmern vermieden werden.

5.2 Konzeptionierung des City-Logistik Konzepts

Ein großes Problem in der Querfurter Altstadt ist das hohe Verkehrsaufkommen, vor allem zu den Hauptverkehrszeiten. Die Zahl der Fahrzeuge steigt ab etwa 7 Uhr morgens an den Wochentagen rund um den Roßplatz stark an. Der Verkehr besteht dann aus einem Gemisch aus Schulbussen, die an beiden Straßenseiten halten, um Schüler und andere Fahrgäste ein- und aussteigen zu lassen, den Eltern, die ihre Kinder mit dem Auto zur Schule bringen und Menschen, die die umliegenden Ärzte oder Einkaufsmöglichkeiten aufsuchen wollen. Dies birgt nicht nur Gefahren für die Schulkinder, die die Straße überqueren wollen, sondern führt auch zu einem übermäßigen Ausstoß von Abgasen, durch die entstehenden Standzeiten. Um diesen negativen Effekten entgegenzuwirken ist es vorgesehen, den Innenstadtverkehr mit Hilfe von Restriktionen zu regulieren. Dafür denkbar sind etwa Durchfahrtsverbote für den Privatverkehr durch die Innenstadt.

Um den Verkehr in der Altstadt zusätzlich zu entzerren, müssen außerdem Maßnahmen für den Wirtschaftsverkehr getroffen werden. So wäre beispielsweise ein Einfahrtsverbot für LKW mit einem Gesamtgewicht größer als 3,5 t denkbar. Die Belieferung der Einkaufsmöglichkeiten in der Altstadt würde dann in die Nachtstunden verschoben werden. Damit der Einsatz von Fahrzeugen dieser Größenordnung gar nicht erst nötig ist, könnte man im Gewerbegebiet ein City-Hub errichten oder ein vorhandenes Gebäude als solches nutzen. Die Stadt würde dann ausschließlich von kleineren E-Transportern, (E-)Lastenrädern und möglicherweise auch autonomen Fahrzeugen beliefert werden.

Ein weiterer Aspekt des City-Logistik Konzepts könnte die Errichtung von Micro-Depots, verteilt über die ganze Stadt, sein. Nach dem Vorbild der Packstationen von DHL, als ‚Teil der Deutsche Post DHL Group‘, könnten somit die Lieferverkehre von KEP in der Stadt verringert werden.¹³⁰ Die Grundidee dahinter ist, den Transport der Pakete auf der letzten Meile an die Kunden zu übertragen. Die bringt zahlreiche Vorteile, nicht nur für die KEP, sondern auch für die Kunden mit sich: Beispielsweise müssen die Nachbarn von ‚Vielbestellern‘ nicht mehr täglich mehrere Pakete annehmen und darauf warten, bis der

¹³⁰ Vgl. O.V., Über uns: Informationen über DHL und den Konzern, o. D.

Besteller diese endlich abholen kommt. Die KEP könnten durch die Lieferung an Micro-Depots die gefahrene Distanz der Auslieferfahrzeuge senken und somit Zeit sparen, wodurch Kosten gesenkt und der Personaleinsatz verringert werden kann. Indem man eine Gebühr verlangt, wenn der Wunsch besteht, das Paket zur Haustür liefern zu lassen anstatt in das Micro-Depot, könnte man zusätzliche Einnahmen generieren.

Aufgrund dieser Vorteile wurden die Auswahl und Errichtung von Micro-Depots als zentraler Gegenstand der weiteren Arbeit ausgewählt. Die Auswahl optimaler Standorte für Micro-Depots in den Stadtteilen Querfurts beschreibt das Planungsproblem, welches im Verlauf des folgenden Kapitels genauer erläutert und gelöst wird.

5.3 Implementierung des City-Logistik Konzepts

Um die Übersichtlichkeit des nachfolgenden Abschnitts zu gewährleisten, wird zuerst das Konzept für den Privatverkehr erläutert. Der darauffolgende Abschnitt beschäftigt sich ausschließlich mit dem Wirtschaftsverkehr der Stadt. In diesem erfolgt die Implementierung eines Teilkonzepts, welches zur Gesamtlösung beiträgt. Im Anschluss daran folgen die Erläuterung und Lösung des Planungsproblems der Micro-Depots.

5.3.1 Restriktionen für den Privatverkehr in Querfurts Altstadt

In Querfurts Innenstadt bilden sich wochentags ab etwa 7 Uhr morgens lange Staus. Wie im letzten Abschnitt beschrieben, ist ein Grund dafür das Gemisch aus vielen verschiedenen Verkehrsteilnehmern, welche zu dieser Uhrzeit die Straßen passieren. Dazu gehören die Schulbusse mit den Schulkindern und anderen Fahrgästen, die Eltern einiger Schulkinder, Personen, die die umliegenden Ärzte und Einkaufsmöglichkeiten aufsuchen wollen und denen, die die Innenstadt nur durchqueren. Das Problem ist also offensichtlich, da sich viele Personen mit den unterschiedlichsten Absichten und Zielorten zur selben Zeit durch eine Straße drängen wollen. Zur Veranschaulichung ist in Abbildung 13 der Bereich farblich hinterlegt, der regelmäßig von Staus betroffen ist.

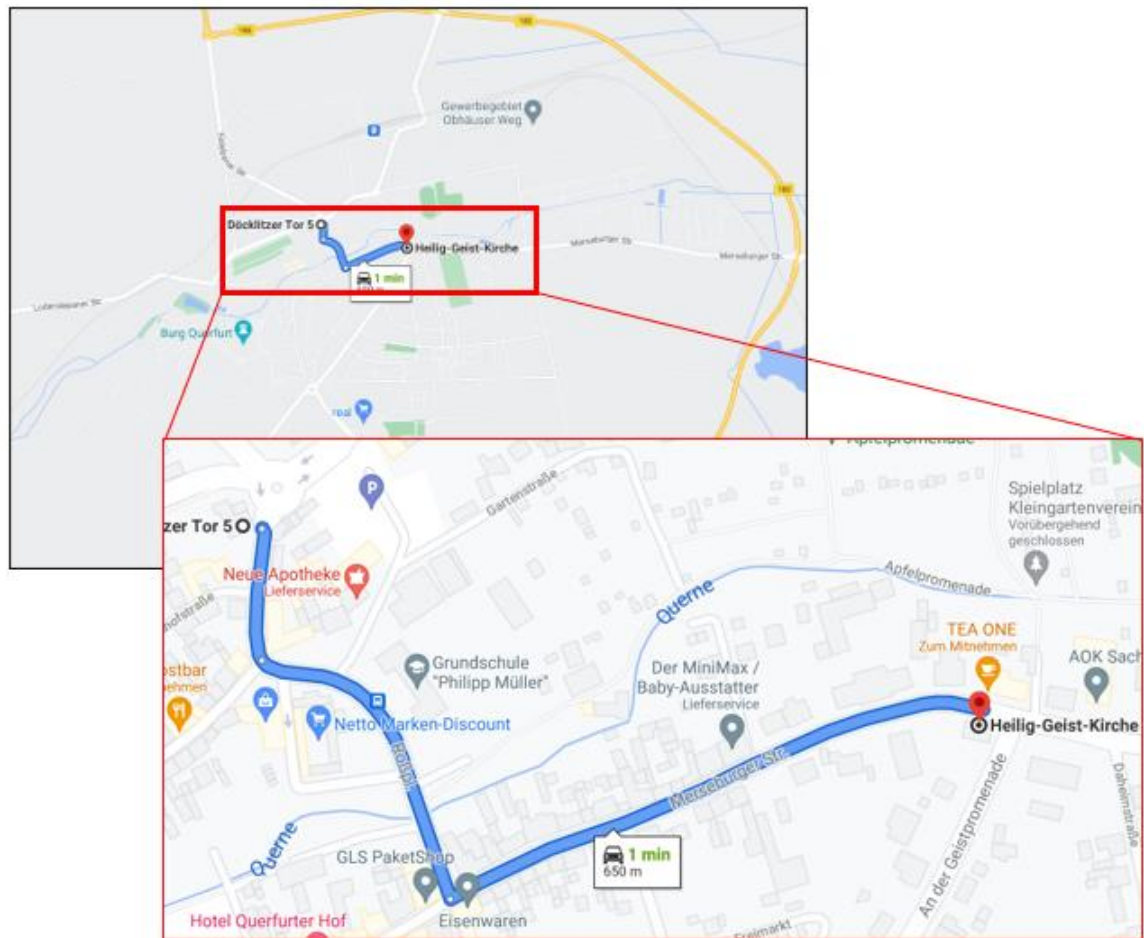


Abbildung 13: Der stark befahrene Bereich in der Querfurter Innenstadt
(Quelle: entnommen aus Google Maps)

Die blaue Markierung reicht vom Döcklitzer Tor, welches südlich des Kreisverkehrs oben im Bild nahezu senkrecht verläuft, über den Roßplatz und die Merseburger Straße Richtung Osten. Das Hauptproblem geht dabei vom Roßplatz aus, denn dort befindet sich die Grundschule „Philipp Müller“, wie ebenfalls in Abbildung 13 zu sehen ist. Direkt vor deren Eingang befindet sich eine Bushaltestelle und etwas weiter südlich auf dem Roßplatz eine weitere für die Gegenrichtung. Dort halten morgens die Schulbusse, um die Schulkinder aussteigen zu lassen. Dazu kommt der Zebrastreifen, der sich auf der Karte etwas unter der Beschriftung ‚Netto Marken-Discount‘ befindet. Dieser wird von vielen Schulkindern, aber auch anderen Personen benutzt, um die Straße zu überqueren. Im Berufsverkehr mit den bereits erwähnten zahlreichen anderen Verkehrsteilnehmern, führt dies zu Verkehrsbehinderungen.

Um die negativen Auswirkungen der Staus zu verringern, gibt es zwei Lösungsmöglichkeiten.

Der erste Lösungsvorschlag sieht ein Ein- und Durchfahrtsverbot für den Privatverkehr ab 6:45 Uhr bis 7:45 Uhr morgens in den in Abbildung 14 gekennzeichneten Bereich vor.

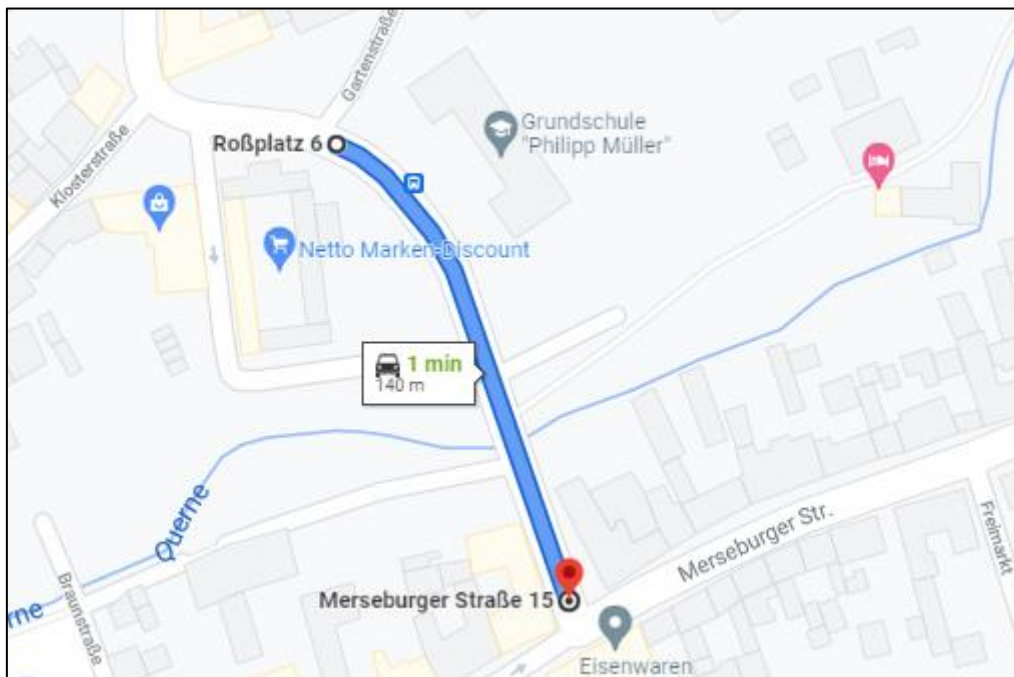


Abbildung 14: Der Roßplatz in Querfurt
(Quelle: entnommen aus Google Maps)

Das Durchfahrtsverbot erstreckt sich also ausschließlich über den mittleren und unteren Teil des Roßplatzes. Der Grund hierfür ist, dass ansonsten die umliegenden Geschäfte und Ärzte nicht mehr erreichbar wären. Ein Durchfahrtsverbot über die ganze in Abbildung 13 markierte Strecke ist nicht umsetzbar, da dann auch die Zufahrtsstraßen zum markierten Bereich, wie z.B. der Markt und der Freimarkt, gesperrt werden müssten.

Um das Durchfahrtsverbot kenntlich zu machen, ist es nötig einige Verkehrszeichen anzupassen bzw. neue hinzuzufügen. Beispielsweise müsste am Start der Route in Abbildung 14, an der Kreuzung des Roßplatzes und der Gartenstraße die Beschilderung geändert werden. Dort befindet sich aktuell das Verkehrszeichen ‚Vorfahrt beachten‘ (Dreieck mit rotem Rand und weißer Füllung mit nach unten gerichteter Spitze). Zu diesem muss ein Schild ‚vorgeschriebene Fahrtrichtung‘ (rundes blaues Schild mit weißem Pfeil), in diesem Fall mit einem Pfeil nach rechts, hinzugefügt werden. Eventuell kann zusätzlich noch ein Schild ‚Einfahrt verboten‘ (rundes rotes Schild mit weißem waagrechttem Balken in der Mitte) mit einem Zusatzschild, auf dem die Uhrzeit der Beschränkung vermerkt ist, angebracht werden. Dazu kommen Schilder, die die Einfahrt für Busse und Angehörige von

Grundschulkindern freigeben. Diese Kennzeichnung muss dann rings um den Roßplatz und allen Zufahrtsstraßen vorgenommen werden.

Um die Einhaltung des Durchfahrtsverbots sicherzustellen, muss am Roßplatz ein elektronisches Kennzeichenerfassungssystem (KES) angebracht und installiert werden. Solch ein KES befindet sich ebenfalls auf der Autobahn 38 Richtung Göttingen zwischen der Abfahrt Schafstädt und Querfurt. In der Stadt würde dieses allerdings in einer kleineren Version errichtet werden. Hinter diesem elektronischen KES steht eine Datenbank, in der alle Kennzeichen der Kraftfahrzeuge (Kfz) der Eltern und Angehörigen aller Grundschulkindern registriert sind. Das bedeutet, dass alle Kraftfahrzeuge, die den Roßplatz durchqueren vom KES erfasst werden. Wer dies morgens zwischen 6:45 Uhr und 7:45 Uhr tut, aber aktuell kein Angehöriger eines Grundschulkindes ist, muss also mit Post der Bußgeldstelle rechnen. Vorteile dieser Lösungsmöglichkeit ist, dass diese relativ schnell und ohne großen Aufwand umsetzbar ist. Man kann mit dieser also eine zeitnahe Verkehrsberuhigung morgens am Roßplatz hervorrufen. Das bringt nicht nur positive Auswirkungen für die Kinder, die weniger Gefahren durch die anhaltenden und abfahrenden Autos und Bussen ausgesetzt werden. Außerdem nimmt die Umweltbelastung durch CO₂, Stickoxide, Feinstaub und Lärm ab.

Die zweite Lösungsmöglichkeit ist eine Anlehnung an das City-Maut Konzept von Singapur aus Kapitel 3.2. Im Stadtstaat Singapur wurde eine Bepreisung der Straßen in der Innenstadt je nach Tageszeit und Verkehrsaufkommen eingeführt. Dadurch konnte letzteres teilweise deutlich gesenkt werden. Dieses Modell würde auch für die Altstadt von Querfurt in Frage kommen. Umgesetzt werden könnte das Ganze ebenfalls mit Hilfe des elektronischen KES, welches die Kennzeichen aller Fahrzeuge, die das Gebiet durchfahren, erfasst und in einer Datenbank speichert. Anschließend berechnet ein Algorithmus die anfallenden Gebühren und speichert diese, zugeordnet zu dem entsprechenden Kennzeichen, ebenfalls in der Datenbank ab. Halbjährlich erhalten die Fahrzeughalter, deren Kennzeichen im entsprechenden Bereich erfasst wurde, eine Rechnung über den aufsummierten Betrag. Bei vorher genehmigtem Lastschriftzug kann das Geld auch automatisch vom Konto des Fahrzeughalters eingezogen werden, ohne weiteres Zutun dessen. Nach dem Vorbild aus Singapur werden die Gebühren aller sechs Monate, je nach ermitteltem Verkehrsaufkommen in der vorherigen Periode, angepasst. Dies kann dann ggf. rückwirkend auch zu einer Erstattung eines gewissen Betrags führen. Mit dieser Lösung wäre es möglich, den Verkehr

in der gesamten Altstadt zu reduzieren. Dies führt zu einer Attraktivitätssteigerung der Innenstadt, mit folglich mehr Publikumsverkehr und evtl. sogar mehr Umsatz für die Geschäfte. Zusätzlich sinken die negativen externen Effekte, wie der Ausstoß der Schadstoffe der Kfz und die Lärmbelastung für die Anwohner.

Um die Bevölkerung über die bevorstehende Änderung der Verkehrsführung zu informieren, muss darüber natürlich rechtzeitig in der Zeitung, dem Stadtanzeiger und Social Media o.ä. berichtet werden, um einem Verkehrschaos vorzubeugen.

Da beide Lösungsmöglichkeiten ihre Vorteile haben und zum gewünschten Ziel führen, kann aufgrund der Fakten keine Entscheidung für oder gegen eine der Lösungsmöglichkeiten getroffen werden. Eine entscheidende Rolle bei dieser Entscheidung spielen die finanziellen Mittel, die die Stadt für solch eine Lösung bereit ist zur Verfügung zu stellen. Beispielsweise sind die Pflege, Aktualisierung und der Schutz der Datenbank vor Hackerangriffen mit einem gewissen personellen Aufwand und deshalb auch mit Kosten verbunden. Dazu kommt bei Lösungsvorschlag zwei das halbjährliche Versenden der Briefe an die Fahrzeughalter, was einen hohen Verwaltungsaufwand mit sich bringt. Dies verursacht höhere Kosten als das einmalige Versenden von Bußgeldbescheiden aus Lösung Nummer eins. Schneller implementiert wäre aber vermutlich die Lösungsmöglichkeit eins, wenn man zuerst die Beschilderung der Straßen anpasst und erst im Laufe der Zeit das KES inklusive Datenbank zur Kontrolle der Maßnahmen installiert. Lösungsmöglichkeit Nummer eins hat aber den Nachteil, dass sie ausschließlich die Verkehrsfrequenz auf dem Roßplatz senkt. Das Konzept aus Lösungsmöglichkeit zwei beinhaltet eine Gesamtlösung für die Querfurter Altstadt, wobei diese nicht nur auf die ökologischen, sondern auch auf die sozialen Faktoren Einfluss hat.

5.3.2 Regelung des Wirtschaftsverkehrs in der gesamten Stadt

Nach der Betrachtung des Privatverkehrs, der sich durch Querfurts Altstadt bewegt, werden nun Regelungen für den Wirtschaftsverkehr eingeführt. Aufgrund der zahlreichen kleinen Geschäfte und Supermärkte, die sich in der Altstadt und überall in der Stadt verteilt befinden, ist es sinnvoll Regeln für deren Anlieferung einzuführen. Wenn die Geschäfte, allen voran die Supermärkte, tagsüber beliefert werden, führt dies zu erheblichen Verkehrsbeeinträchtigungen und birgt zusätzlich viele Gefahren für die Fußgänger durch z.B. zurücksetzende LKW. Aufgrund dessen müssen die Läden einerseits von kleineren Fahrzeugen beliefert werden. Dazu soll im Gewerbegebiet ein City-Hub eingerichtet bzw.

errichtet werden. Es kann dafür etwa eine vorhandene Lagerhalle umgebaut werden oder es müsste extra ein Gebäude errichtet werden, das den Ansprüchen an die Zwischenlagerung von verschiedenen Gütern genügt. Dafür in Frage kommt einerseits die freie Fläche zwischen dem Firmengelände der TEHA Group – TEHA Querfurt GmbH und dem Gebäude der Vollmar Frachtvermittlung & Logistik GmbH am Döcklitzer Tor (City-Hub 1). Andererseits befindet sich ein leerstehendes Gebäude südlich des Kfz-Ersatzteilgeschäfts ‚Querfurter Fahrzeugteile und Industriebedarf‘, welches entsprechend den Anforderungen an die Zwischenlagerung der Ware saniert werden müsste (City-Hub 2). Die zwei möglichen Standorte für das City-Hub im nördlichen Gewerbegebiet sind in folgender Abbildung 15 farblich gekennzeichnet.



Abbildung 15: Darstellung der Grenze von Gewerbegebiet Nord und Süd mit den zwei möglichen Standorten für City-Hubs im nördlichen Teil
(Quelle: eigene Darstellung entnommen aus Google Maps)

Beide Standorte würden genug Platz für ein City-Hub bieten. Die Entscheidung, ob dieses neu gebaut oder saniert werden soll, liegt dabei in anderen Händen, wobei der finanzielle Aspekt und der Zustand des leerstehenden Gebäudes eine tragende Rolle spielen. Der Einsatz eines City-Hubs hat den Vorteil, dass die Auslieferung der Ware auf der letzten Meile mit wesentlich kleineren Fahrzeugen, wie bspw. elektrisch unterstützten Lastenrädern

und kleinen E-Fahrzeugen, realisiert werden kann. Zudem ist das Gewerbegebiet der Stadtteil, der sich am nächsten zur Autobahnabfahrt Querfurt der Autobahn 38 befindet. Es ist von dort aus zu erreichen, ohne einen anderen Stadtteil Querfurts zu passieren. Das City-Hub selbst könnte vollautomatisiert arbeiten, wobei evtl. lediglich ein (Sicherheitsdienst-) Mitarbeiter für die Entgegennahme der Lieferscheine, zur Problembehebung und Überwachung des Gebäudes benötigt werden würde. Im Inneren des City-Hubs erledigt ein Scannersystem mithilfe von Fließbändern, die sich durch die gesamte Halle erstrecken, die Arbeit. Genauer gesagt wird die Ware (Paletten, aber auch Pakete) vom LKW-Fahrer auf das Fließband gestellt. Diese wird dann in eine Art Schleuse geleitet, in der der Strichcode auf der Ware gescannt und dekodiert wird. Das heißt, das System erkennt, welche Ware sich aktuell auf dem Fließband befindet. Zu diesem Strichcode wird dementsprechend ein neuer Barcode zugeordnet und auf das Packstück geklebt. Dieser beinhaltet u.a. die wichtigsten Informationen über die Ware: ‚Welcher Stadtteil, speziell welches Geschäft oder MD, ist der Zielort für das Packstück?‘. Davon abhängig wird dem Packstück so ein Lagerstandort im City-Hub zugewiesen und es wird vom Fließband dorthin gebracht. Die Ausgabe der Ware erfolgt analog: Am Ausgabebereich befindet sich ebenfalls ein Scanner. Mit diesem wird der Barcode auf dem Abholschein von einem Abholer gescannt, welcher die Zusammensetzung der auszugebenden Lieferung enthalten sollte. Daraufhin erkennt das System welche Ware zum entsprechenden Zeitpunkt an der Ausgabestelle benötigt wird. Über das Fließband wird die Ware von deren Lagerplatz im City-Hub zu dessen Ausgabestelle befördert und damit kommissioniert. Die Ware wird dann beim Passieren der Schleuse und Verlassen des City-Hubs gescannt und damit aus dem System ausgebucht. Der Lagerplatz ist also wieder als ‚frei‘ markiert. Die praktische Umsetzbarkeit dieses Konzepts muss allerdings von Fachleuten beurteilt werden.

Des Weiteren wird die Anlieferung der Geschäfte in die Nacht verlagert. So wird vermieden, dass die Lieferfahrzeuge sich tagsüber in der Stadt bewegen und die schmalen Straßen der Innenstadt blockieren. Durch die vorgeschriebenen Nachtanlieferungen der Geschäfte werden die Restriktionen für den Privatverkehr in der Innenstadt rund um den Roßplatz erweitert. Somit ist es auch Fahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht mit mehr als 3,5 t, nicht gestattet, tagsüber, also auch nicht zwischen 6:45 Uhr und 7:45 Uhr, die Altstadt zu befahren. Für einige Geschäfte hätte das weitreichende Folgen: Möglicherweise muss das Arbeiten in einem Drei-Schicht-System eingeführt werden oder es muss zumindest Personal eingestellt werden, welches nachts die Ware annimmt, auspackt und in die Regale einsortiert.

Das ist wiederum mit einem drastischen Wandel für das Personal verbunden und lässt sich sicher bei den Supermarktketten nicht so leicht umsetzen. Mit der Einführung eines Dreischicht-Systems steigen zudem evtl. die Personalkosten aufgrund von auszuzahlenden Nachtzuschlägen für die Beschäftigten. Kommuniziert werden muss die Regelung vor allem an die Mitarbeiter des Geschäfts und die betroffenen Speditionen. Diese müssen die Touren schließlich an das tagsüber geltende Anlieferungsverbot anpassen. Als Lösung dafür, zumindest für die Speditionen, können für die Belieferung der Supermärkte etwa autonome Fahrzeuge eingesetzt werden. Diese verursachen weder lokale Emissionen noch Lärm, da sie sich mit alternativen Antrieben fortbewegen. Der Einsatz in der Nacht birgt zudem weniger Gefahren für andere Verkehrsteilnehmer, da nachts nur ein Bruchteil dieser auf den Straßen unterwegs ist. Außerdem müssten die Speditionen die Ware ausschließlich bis zum City-Hub am Stadtrand liefern und sich anschließend um nichts mehr kümmern, d.h. es entstehen keine Wartezeiten durch die vorgeschriebene Nachtanlieferung, der Fahrer der Spedition könnte schon zur nächsten Tour aufbrechen usw.

Zusätzlich zu den Lieferfahrzeugen für die Geschäfte bewegen sich die Lieferfahrzeuge der KEP in der ganzen Stadt. Wie bereits in Abschnitt 5.1 erwähnt, befinden sich in Querfurt zahlreiche enge Einbahnstraßen. Das macht die Auslieferung der Pakete für die KEP nicht leicht. Der Fahrer muss stets darauf achten, dass er sein Fahrzeug so weit wie möglich am Rand der Straße abstellt, sodass andere Verkehrsteilnehmer diese noch passieren können. Bei einigen Straßen ist es trotzdem nicht möglich, dass zwei Fahrzeuge aneinander vorbeifahren. Das führt zu einer Frustration auf beiden Seiten. Die Lieferanten können sich nur schwer auf ihre eigentliche Arbeit konzentrieren, wenn ständig Autos an den Lieferfahrzeugen vorbei wollen, dies aber nicht können. Andererseits ist die genervte Reaktion der Autofahrer vorprogrammiert, wenn ein Lieferfahrzeug den Weg blockiert. Deshalb wird die Auslieferung von Paketen beschränkt. Ausgeliefert werden nur noch große Pakete, wenn die Kantenlänge an einer Seite oder mehr mindestens einen Meter oder das Gewicht des Pakets mehr als 25 kg beträgt. Zunächst werden alle Pakete zum City-Hub geliefert. Danach erfolgt die Kommissionierung nach den eben genannten Merkmalen. Für die Auslieferung der entsprechenden Pakete dürfen ausschließlich E-Fahrzeuge/E-Transporter oder elektrisch unterstützte Lastenräder eingesetzt werden – je nach Größe und Gewicht des Pakets. Die restlichen Pakete werden mit Lastenrädern und kleinen E-Fahrzeugen an Micro-Depots, die überall in der Stadt verteilt errichtet werden, geliefert. Als Vorbild dafür dienen die Packstationen von DHL, wobei es am Querfurter Beispiel keine

Rolle spielen soll, von welchem KEP das Packstück an das City-Hub geliefert wurde. Errichtet werden sollen also MD, an die Pakete von allen Speditionen geliefert und von den Kunden abgeholt werden können. In Abbildung 16 ist eine Packstation von DHL beispielhaft dargestellt.



Abbildung 16: Beispiel für eine Packstation von DHL
(Quelle: entnommen aus o. V., Neue DHL-Packstation in Scharnhorst-Ost eröffnet, 2020.)

Für die Abholung des Pakets an dem MD könnte eine App zum Einsatz kommen, wie es bei DHL bereits gehandhabt wird. In dieser muss man sich zuerst entsprechend registrieren. Wenn ein bestelltes Paket an einem MD eintrifft, erhält man automatisch eine Benachrichtigung per E-Mail oder SMS. Außerdem erscheint ein QR-Code in der App, der am MD gescannt werden muss. Daraufhin wird das Fach mit dem bestellten Paket entriegelt und man kann es entnehmen.

5.3.2.1 Planungsproblem Microdepots

Nach der Aufteilung Querfurts in Stadtteile, die in Abschnitt 5.1, insbesondere in Abbildung 12, bereits vorgenommen wurde, sollen nun pro Stadtteil, in Abhängigkeit der Größe dessen, eine bestimmte Anzahl optimaler Standorte für Microdepots ermittelt werden. Für die Bestimmung der optimalen Standorte der Microdepots wird das vorliegende

Planungsproblem als Standortplanungsproblem (engl. Covering Location Problem – CLP) definiert. Dieses gehört neben dem Centerproblem zu der Gruppe der quantitativen Standortmodelle. Das bedeutet, dass bei diesen Problemen die Entfernung von z.B. einem Lagerstandort zum Kunden eine zentrale Bedeutung erhält. Zur Lösung dessen wird der Covering Location Algorithmus verwendet. Dabei funktioniert der Algorithmus, bezogen auf das vorliegende Planungsproblem, folgendermaßen:

1. Als Erstes wird das vorliegende Planungsproblem in Form von Zielfunktion und Nebenbedingungen aufgeschrieben. Bei der Erläuterung der Bedeutung derer werden zudem die verwendeten Variablen definiert.
2. Danach werden die Überdeckungsmengen $U_{1,\dots,n}$ ermittelt und notiert. Dafür werden die beispielhaft ausgewählten Kundenstandorte mit der Variablen i und die möglichen Standorte für Microdepots (MD) mit einem j bezeichnet. Die Entfernung von einem Kunden i zu einem MD j ist definiert als die tatsächliche Entfernung und erhält das Symbol $a_{i,j}$. Es wird festgelegt, dass die Entfernung vom Wohnort des Kunden i zum MD j maximal 500 m Luftlinie ($S_j \leq 500$ m) betragen darf. Dies soll einen Anreiz bilden, das Paket zu Fuß oder mit dem Fahrrad, anstatt mit dem Auto abzuholen. Die Überdeckungsmengen $U_{1,\dots,n}$ enthalten alle MD, die genau oder weniger als 500 m Luftlinie von einem bestimmten Kunden aus zu erreichen sind.
3. Die Ergebnisse aus den Überdeckungsmengen $U_{1,\dots,n}$ werden im dritten Schritt in eine Matrix übertragen. In dieser bilden demzufolge die möglichen Standorte für MD und die Kundenstandorte die Achsen. Der Inhalt der Tabelle ergibt sich aus dem Produkt der Entfernungen von den Kundenstandorten zu den MD und der Binärvariable x_j . Diese kann ausschließlich die Werte 0 oder 1 annehmen. Das bedeutet, das Ergebnis aus dem Produkt $a_{i,j} * x_j$ ist ebenfalls entweder 0 oder 1. Die Binärvariable x_j nimmt den Wert 1 an, wenn der Kunde das MD in genau oder weniger als 500 m erreichen kann, 0 wenn nicht. Demzufolge besteht der Inhalt der Tabelle aus den Ziffern 0 und 1.
4. Im nächsten Schritt werden Dominanztests an der Matrix durchgeführt. Beim Test auf Zeilendominanz (ZD) werden dabei zunächst alle Zeilen gelöscht, die von anderen Zeilen dominiert werden. Das bedeutet, dass eine Zeile gelöscht werden kann, wenn sie Teilmenge einer anderen ist. Wenn dies der Fall ist, heißt das wiederum, dass das entsprechende MD, welches ein anderes dominiert, von mehr Kunden erreicht werden kann als das andere, was dominiert wird. Analog dazu wird

im zweiten Teil bei dem Test auf Spaltendominanz (SD) verfahren. Man löscht also immer die Zeilen bzw. Spalten, bei denen die Überdeckungsmenge $U_{1,\dots,n}$ kleiner ist, als bei einer anderen Zeile/Spalte.

5. Abschließend werden zusammenfassend alle nach den Tests auf ZD und SD übrig gebliebenen Nummern der MD aufgeschrieben. Die Anzahl der zu errichtenden MD soll aus Kostengründen minimiert werden. Deshalb wird am Schluss die Menge der MD ausgewählt, welche nach den Dominanztests die geringere Anzahl zu errichtender MD enthält.

Diese Vorgehensweise wird nachfolgend beispielhaft auf den Stadtteil Thaldorf angewendet. Die Berechnungen der anderen Stadtteile sind dabei im Anhang zu finden.

5.3.2.2 Ermittlung der optimalen Standorte der MD am Beispiel des Stadtteils Thaldorf

Im nächsten Schritt erfolgt die Lösung des Planungsproblems am Beispiel des Stadtteils Thaldorf. Die Zielfunktion (ZF) mit Nebenbedingungen (NB) sehen dabei folgendermaßen aus:

$$\text{ZF:} \quad \min z = \sum_{j=1}^n x_j$$

$$\text{NB: (1)} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} \times x_j \geq 1, i = 1, \dots, m$$

$$(2) \quad x_j \in \{0; 1\}$$

Die ZF gibt an, dass die Summe der zu errichtenden MD minimiert werden soll (min z). Die NB (1) sagt aus, dass die Summe aus den Produkten der Entfernung von den Kunden zu den MD a_{ij} mit der Binärvariable x_j mindestens 1 betragen muss. Damit soll sichergestellt werden, dass jeder Kunde mindestens ein MD erreichen kann, das 500 m oder weniger von dessen Wohnort entfernt ist. Die zweite NB weist darauf hin, dass die Variable x_j binär ist.

Zuerst wird das Planungsproblem beispielhaft auf den Stadtteil Thaldorf angewendet. Die Berechnungen der anderen Stadtteile sind im Anhang zu finden. Im Vorfeld wurden dafür mögliche Standorte für MD durch mehrmalige Begehung ausgewählt. Bei der Auswahl spielten etwa Faktoren, wie die praktische Umsetzbarkeit und ggf. die Nähe zu Parkmöglichkeiten, eine Rolle. Die möglichen MD werden in der folgenden Abbildung mit roten Vierecken markiert und diesen die Nummern von eins bis zehn zugeteilt. Des Weiteren wurden beispielhafte Kundenstandorte über das entsprechende Wohngebiet verteilt

ausgewählt. Diese werden im Folgenden mit grünen Dreiecken gekennzeichnet und sind mit Ziffern von eins bis neun versehen. Daraus ergibt sich für den Stadtteil Thaldorf folgendes Bild, wie in Abbildung 17 zu sehen.



Abbildung 17: Darstellung der beispielhaft ausgewählten Kundenstandorte und der möglichen MD Standorte im Stadtteil Thaldorf
 (Quelle: eigene Darstellung mit Hilfe von Google Maps)

Es wurde bereits festgelegt, dass die Entfernung von einem Kunden i zu einem MD j nicht mehr als 500 m betragen soll. Demzufolge beträgt die maximale Entfernung $S_j \leq 500$. Auf dieser Grundlage lassen sich nun mit Hilfe der Abbildung 17 und des Maßstabs der abgebildeten Karte die Überdeckungsmengen $U_{1, \dots, n}$ bestimmen, die wie folgt aussehen:

- $i = 1 \quad U_1 = \{10\}$
- $i = 2 \quad U_2 = \{1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10\}$
- $i = 3 \quad U_3 = \{1, 2, 3, 4, 8, 9, 10\}$
- $i = 4 \quad U_4 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10\}$
- $i = 5 \quad U_5 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
- $i = 6 \quad U_6 = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
- $i = 7 \quad U_7 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
- $i = 8 \quad U_8 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
- $i = 9 \quad U_9 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$

Die Ergebnisse werden nun als Produkt aus der Entfernung vom Wohnort der Kunden zu den MD a_{ij} und der Binärvariable x_j in die Matrix übertragen, wie in Tabelle 6 zu erkennen.

Tabelle 6: Nebenbedingung 2 (Entfernungen der Kunden zu den MD) dargestellt als binäre Matrix
 (Quelle: eigene Darstellung)

$a_{i,j}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
3	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nun wird der Test auf ZD an der Tabelle 6 durchgeführt, was zu folgenden Ergebnissen führt:

1. Zeilendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow$ lösche U_t)

$U_1 \text{ c } U_2 \rightarrow$ lösche U_2

$U_3 \text{ c } U_4 \rightarrow$ lösche U_4

$U_6 \text{ c } U_5 \rightarrow$ lösche U_5

$U_7 = U_8 \rightarrow$ lösche U_8

$U_7 \text{ c } U_9 \rightarrow$ lösche U_9

Analog dazu erhält man nach dem Test auf SD folgendes Ergebnis:

2. Spaltendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow$ lösche U_s)

$U_1 \text{ c } U_2 \rightarrow$ lösche U_1

$U_2 \text{ c } U_3 \rightarrow$ lösche U_2

$U_3 = U_4 \rightarrow$ lösche U_3

$U_5 \text{ c } U_4 \rightarrow$ lösche U_5

$U_7 \text{ c } U_6 \rightarrow$ lösche U_7

$U_6 \subset U_8 \rightarrow$ lösche U_6

$U_8 = U_9 \rightarrow$ lösche U_8

$U_4 = U_9 \rightarrow$ lösche U_4

Nach dem Test auf ZD bleiben somit die MD Nummern 1, 3 und 7 als potenzielle Standorte für MD übrig. Nach dem Test auf SD hingegen verbleiben die Standorte 9 und 10. Dadurch, dass die Anzahl der zu errichtenden MD laut ZF minimiert werden soll, werden die MD errichtet, die aus dem Test auf SD hervorgegangen sind. Dies sind für den Stadtteil Thaldorf speziell die MD mit den Nummern 9 und 10.

Im Folgenden wird kurz auf die Ergebnisse der Berechnungen für die anderen Stadtteile eingegangen und das Gesamtergebnis ausgewertet.

5.3.2.3 Auswertung der Ergebnisse des Planungsproblems

Mit den Berechnungen wurden jeweils zwischen einem und sieben optimale Standorte für MD für die einzelnen Stadtteile ermittelt. Dabei muss in den Wohngebieten Nord und West jeweils nur ein MD errichtet werden, in Thaldorf zwei und in der Altstadt und Querfurt Süd sogar sieben, sodass diese von allen möglichen Kundenstandorte in genau oder weniger als 500 m Luftlinie zu erreichen sind. Um diese Bedingung auch im südlichen Gewerbegebiet und in Querfurt Süd zu erfüllen, werden dort zwei bzw. sieben MD gebaut. Dabei wird dem Gewerbegebiet eine besondere Rolle zu Teil, da in dem nördlichen Teil dessen das City-Hub entstehen soll. Bei den Berechnungen für das Gewerbegebiet wurde also ausschließlich der südliche Teil einbezogen, da sich dort noch vereinzelt Wohnhäuser befinden. Erkennbar ist, dass sich die Standorte der MD in den Stadtteilen mit einer höheren Anzahl möglicher Kundenstandorte, eher auf die Mitte dessen konzentrieren. Dies ist demzufolge vor allem in der Altstadt und in Querfurt Süd der Fall. Zu sehen ist auch, dass die errechneten Standorte für die MD für einen Stadtteil auch teilweise von Kunden aus anderen Stadtteilen in unter 500 Metern erreichbar sind. Dies bringt Vorteile für die Kunden, da die Entfernung zu einem MD aus einem anderen Stadtteil möglicherweise noch geringer ist als zu einem MD, welches sich im selben Stadtteil, wie der Kundenstandort befindet. Zudem führt das zu einer höheren Auslastung eines einzelnen MD, wenn dies auch von Kunden aus anderen Stadtteilen genutzt wird. Beispielsweise ist einer der beiden optimalen Standorte für das MD in Thaldorf (in der Berechnung bezeichnet als Standort 9) auch durchaus gut vom Wohngebiet West und den nord-westlichen Kundenstandorten der Altstadt zu erreichen. Als Gesamtbild ergibt sich eine ausgewogene Verteilung der MD über die gesamte Stadt, wie in Abbildung 18 zu sehen.

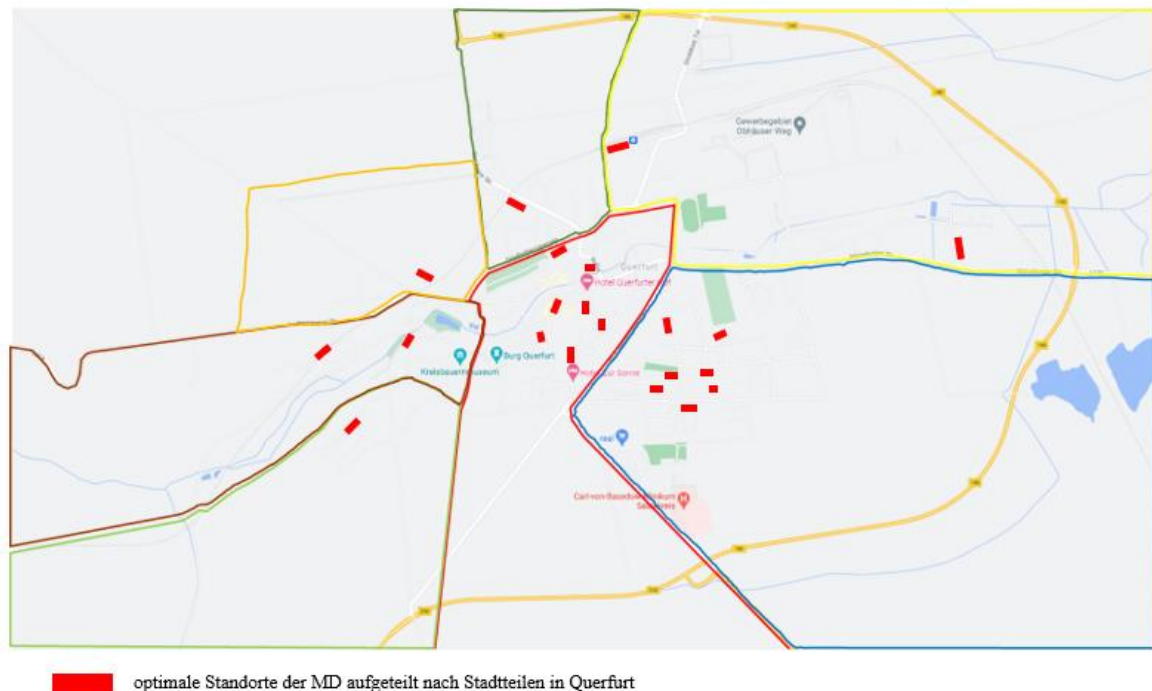


Abbildung 18: Visualisierung der ermittelten optimalen Standorte für MD aufgeteilt nach Stadtteilen von Querfurt
(Quelle: eigene Darstellung mit Hilfe von Google Maps)

5.3.3 Zusammenfassung der eingeführten Maßnahmen für Querfurt

Um den Privatverkehr im Bereich der Grundschule „Philipp Müller“ in der Altstadt zu regeln, kann einerseits ein Ein- und Durchfahrtsverbot morgens zwischen 6:45 Uhr und 7:45 Uhr eingeführt werden. Dies gilt für alle Fahrzeuge des Privatverkehrs, ausgenommen Eltern und Angehörige von Grundschulkindern und Schulbuse. Dafür soll ein elektronisches Kennzeichenerfassungssystem (KES) am Roßplatz installiert werden, um Verstöße zu erfassen und mit einem Bußgeld versehen zu können. Andererseits könnte eine City-Maut auf die Altstadt Querfurt auferlegt werden. Jede Fahrt durch Querfurts Altstadt hätte dann seinen Preis. Die Erfassung der Kfz erfolgt wiederum mit Hilfe eines KES. Die erfassten Kennzeichen werden dann in einer Datenbank gespeichert. Halbjährlich werden dann Briefe an die Fahrzeughalter versendet, deren Auto eine Station des KES passiert hat. Wie in Abschnitt 5.3.1 erläutert, ist es weitestgehend von den finanziellen Mitteln abhängig, die bereitgestellt werden können, welches Konzept der beiden vorgestellten umgesetzt wird.

Einen wichtigen Teil des Konzepts, um den Wirtschaftsverkehr aus der Stadt fernzuhalten, bildet die Errichtung oder das Einrichten des City-Hubs im nördlichen Gewerbegebiet. Dieses vollautomatisierte Gebäude dient dabei hauptsächlich als Zwischenlager,

Umschlagpunkt und Kommissionierungsstelle. Ausgehend vom City-Hub werden Pakete der verschiedenen KEP-Dienstleister, aber auch Ware für Supermärkte, wenn möglich, in kleinere, lokal emissionsfreie Fahrzeuge verladen. Für die Belieferung der Supermärkte wird zudem eine Nachtanlieferung vorgeschrieben. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass es LKW mit einem Gesamtgewicht mit mehr als 3,5 t tagsüber verboten ist in die Stadt einzufahren. Die Ware wird deshalb lediglich bis zum City-Hub geliefert, dort zwischengelagert und nachts mit autonomen Fahrzeugen zu den Geschäften transportiert. Für die Auslieferung von Paketen wurden ebenfalls Regelungen eingeführt. Um die Größe und Anzahl der Lieferfahrzeuge in der Stadt zu verringern, werden von nun an nur noch Pakete bis zur Haustür des Kunden geliefert, wenn dieses mindestens eine Kante besitzt, die länger als einen Meter ist oder wenn es mehr als 25 kg wiegt. Die restlichen Pakete werden mit Hilfe von Lastenrädern oder E-Fahrzeugen zu den über die ganze Stadt verteilt errichteten Microdepots (MD) befördert. Die Standorte für die MD wurden dabei so ausgewählt, dass die Entfernung vom Kunden zum nächstgelegenen MD nicht mehr als 500 m Luftlinie beträgt.

Das erstellte Gesamtkonzept zur Reduzierung der negativen externen Effekte in der Stadt Querfurt beinhaltet eine Vielzahl von Maßnahmen. Im nachfolgenden Kapitel werden diese, mit Hilfe der in Kapitel 2 vorgestellten Checkliste, einer kritischen Wertung unterzogen und jeweils die Vor- und Nachteile derer dargelegt.

5.4 Kritische Bewertung des Gesamtkonzepts für Querfurt unter zu Hilfenahme der Checkliste für erfolgreiche CL-Konzepte

Zunächst wird das CL-Konzept für Querfurt anhand der Checkliste bewertet, wie in Tabelle 7 zu sehen ist.

Tabelle 7: ausgefüllte Checkliste für das CL-Konzept Querfurts
(Quelle: eigene Darstellung)

Merkmal	erfüllt?	
	ja	nein
Einsatz von autonomen Fahrzeugen und/oder Fahrzeugen mit alternativen Antrieben z.B. selbstfahrende FZ, E-Kleintransporter, (E-)Lastenräder	x	
bestehende Kooperation der Akteure des (Innen-)Stadtverkehrs, insbesondere Dienstleister und Spediteure		x
Datenbanken/Software/Möglichkeiten zur/zum Informationsbündelung/-austausch vorhanden	x	
eingesetzten Fahrzeuge an das Internet angebunden und/oder mit GPS-Trackern o.ä. ausgestattet	x (teils)	
Restriktionen für den Innenstadtverkehr aufgestellt z.B. Einfahrtsbeschränkungen tagsüber für schwere LKW	x	
Micro-Hubs in Innenstädten errichtet	x	
vorhandene Nahverkehrsinfrastruktur wird für Warenlieferungen genutzt z.B. Nutzung von Bussen oder S-/U-Bahnen		x

Laut der Checkliste sind fünf von sieben Merkmalen für erfolgreiche CL-Konzepte teilweise oder vollständig erfüllt. Das Gesamtkonzept für Querfurt besteht mit seiner Vielseitigkeit an Maßnahmen, wenngleich diese nach deren Einführung möglicherweise zu Verwirrung bei einigen Verkehrsteilnehmern führen können. Nun werden die eingeführten Maßnahmen kritisch bewertet, indem auf deren Vor- und Nachteile eingegangen wird.

Das Einfahrverbot für weite Teile des Privatverkehrs in die Innenstadt in den Morgenstunden reduziert die entstehenden Gefahren für die Schulkinder und die durch entstehende Verkehrsbehinderungen ausgestoßenen Emissionen. Andererseits verlängert sich die Strecke, die zurückgelegt werden muss, um auf die andere Seite der Innenstadt zu gelangen, deutlich. Dafür kann der Weg über den Freimarkt und anschließend den Markt genutzt werden oder der Weg durch das Gewerbegebiet, welcher aber noch länger ist. Wenn sich der Stau allerdings über die ganze in Abbildung 13 markierte Distanz erstreckt, werden bei diesem vermutlich mehr klimaschädliche Gase ausgestoßen als bei der Umfahrung des

Gebiets. Bei der Idee der City-Maut wäre es eine Überlegung wert, inwiefern sich der Aufwand (Investition, Verwaltung, ...) für eine kleine Stadt wie Querfurt lohnen würden. Dennoch hätte die Stadt dadurch eine zusätzliche Einnahmequelle, auch wenn der Gewinn vermutlich nicht sonderlich hoch sein würde. Ein anderer positiver Aspekt, den die City-Maut hervorrufen könnte, ist eine Attraktivitätssteigerung der Innenstadt. Wenn weniger Fahrzeuge in dieser unterwegs sind, zieht das evtl. wieder mehr Kunden und vielleicht sogar neue Läden in die Innenstadt.

Der wesentliche Nachteil des in der Kategorie des Wirtschaftsverkehrs sanierten bzw. neu errichteten City-Hubs besteht in den immens hohen Investitions- und Fixkosten. Sollte der Standort des City-Hubs 2 (s. Abbildung 15) ausgewählt werden, würde die bedarfsgerechte Sanierung des Gebäudes bereits sehr viel Geld verschlingen. Ebenso die Errichtung eines neuen Gebäudes, in Abbildung 15 bezeichnet als City-Hub 1. Die hohen Betriebskosten entstehen aufgrund der verbauten künstlichen Intelligenz (KI), durch die der vollautomatisierte Betrieb des City-Hubs möglich wird. Die Reparatur- und Wartungskosten sind sicherlich auch nicht zu vernachlässigen. Der Einsatz einer KI bringt aber auch den Vorteil, dass die Quote der Falschzuordnungen zu den Microdepots gegen null geht. Außerdem wird die Ware im City-Hub im Randgebiet der Stadt gebündelt und vorkommissioniert, wodurch der Arbeitsaufwand für das Personal gesenkt wird. Mit dem Bau solch einer modernen, vollautomatisierten Lagerhalle würde Querfurt zusätzlich eine Vorreiterstellung einnehmen und die Aufmerksamkeit der Presse und anderer Städte auf sich ziehen.

Das eingeführte Taganlieferungsverbot für LKW mit einem Gesamtgewicht, welches 3,5 t übersteigt, werden Alternativen für die Auslieferung der Ware auf der letzten Meile, also vom City-Hub zu den Geschäften, gefordert. Dafür in Frage kommen autonom fahrende, elektrisch angetriebene Transporter und/oder LKW. Durch deren Einsatz entstehen weder Lärm noch Emissionen und nachts haben die Fahrzeuge weniger Konkurrenz auf den Straßen als tagsüber. Der Einsatz autonomer Fahrzeuge kann zudem als Testen der neuartigen Technologie beschrieben werden und Querfurt hätte die Vorreiterstellung sicherlich auch in diesem Bereich inne. Die Investitions-, Betriebs- und Wartungs-/Reparaturkosten werfen allerdings wieder einen Schatten auf den Einsatz autonomer Fahrzeuge für die Warenauslieferung. Zudem hat das Nachtanlieferungsgebot weitreichende Folgen für die Geschäfte: In den Geschäften, in denen es kein Drei-Schicht-System gibt, muss mindestens ein Mitarbeiter zur nächtlichen Warenannahme zur Verfügung gestellt

werden. Das wiederum hätte weitreichende Konsequenzen für die Arbeitgeber. Die vollständige Umsetzbarkeit der vorgeschriebenen Nachtanlieferung ist also fraglich.

Die entwickelten Vorgaben für die Paketauslieferung können möglicherweise von der Bevölkerung als zu strikt erachtet werden und Unmut auslösen. Die Regelung würde bedeuten, dass wenn ein Paket 24,9 kg wiegt, es in ein MD transportiert wird und man eines, was 25,1 kg wiegt, direkt vor die Haustür geliefert bekommt. Man kann evtl., um diese Maßnahme zu erweitern, über einen Ermessensentscheidung der Paketzusteller mit einer Gewichtstoleranz von 5% nachdenken. Der wesentliche Vorteil dieser Maßnahme ist die Einsparung großer Mengen Energie, die durch das ständige Halten, Warten in der Nähe der Haustür des Kunden und das erneute Anfahren nach der Zustellung des Pakets verschwendet werden. Des Weiteren kann der Personaleinsatz der Zusteller reduziert und somit Personalkosten gespart werden, da nur noch ein Bruchteil der Pakete direkt zu den Kunden geliefert wird. Der Rest der Pakete wird in den MD zur Selbstabholung untergebracht. Die Planung der MD-Standorte erfolgte mit einer Entfernung von 500 m *Luftlinie*. Somit ist es wahrscheinlich, dass die tatsächliche Entfernung vom Kunden zum MD länger ist, was zu Beschwerden der Kunden führen könnte. Möglicherweise sehen einige Menschen die Lieferung der Pakete an ein MD anstatt vor die Haustür ein Stück weit als Verlorengehen des Komforts, wenn das Paket noch selbst abgeholt werden muss. Hinzu kommen die Kosten, die im Voraus für den Bau der MD und die zu installierenden Schutzmaßnahmen, um widerrechtliches Öffnen der Fächer zu verhindern, entstehen. Dagegen steht, dass man das Paket an einem MD rund um die Uhr abholen kann und nicht von den Auslieferungszeiten der Paketzusteller abhängig ist. Außerdem sind die Standorte der MD jeweils zentral in den entsprechenden Wohngebieten gelegen, weshalb für alle Kunden eine gute Erreichbarkeit derer garantiert werden kann. Die MD bilden somit einen Sammel- und Bündelungspunkt für die Pakete eines Wohngebiets. Für die Paketzusteller bringt diese Maßnahme den Vorteil, dass die gesamten Wartezeiten vor den Haustüren der Kunden, wegfallen und damit sehr viel Zeit eingespart wird, die für andere Tätigkeiten genutzt werden kann.

Alles in Allem überwiegt die Anzahl der Vorteile einzelner Maßnahmen, wobei die Investitionskosten bei einigen davon nicht unerheblich sind und die generelle Umsetzbarkeit einiger Maßnahmen geprüft werden muss.

6 Fazit

Der Ausstoß klimaschädlicher Gase durch den Verkehrssektor nimmt einen nicht unerheblichen Teil der gesamten ausgestoßenen Gase ein, wie in dargestellt. Dabei kann durch vielfältige Maßnahmen, mit denen der Verkehr reduziert oder effizienter gestaltet wird, eine Reduktion der Emissionen herbeigeführt werden. Hinzu kommt die zunehmende Urbanisierungsrate und die dadurch steigende Bevölkerungsdichte in den Ballungsgebieten. Die Folge davon ist die Verstärkung der negativen externen Effekte, die durch den Verkehr entstehen. Um dieses Problem zu lösen, wurden in vorliegender Arbeit einige erfolgreich umgesetzte City-Logistik Konzepte aus aller Welt vorgestellt und bewertet, um anschließend Teile davon auf Querfurt projizieren zu können. Als Beispiele hierfür sei zum einen die Auslieferung warmer Mahlzeiten in Indiens Hauptstadt Mumbai und andererseits die im Stadtstaat Singapur eingeführte City-Maut genannt. Des Weiteren folgte die Erläuterung zweier deutscher Konzepte aus den Städten Stuttgart und Hamburg. Anhand der Implementierung eines City-Logistik Konzepts für die Stadt Querfurt in Kapitel 5, lässt sich im Anschluss daran die Forschungsfrage beantworten, die wie folgt lautet: ‚Wie kann durch die Implementierung eines CL-Konzepts in der Stadt Querfurt ein positiver Beitrag zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes des gesamten Verkehrssektors geleistet werden?‘. Die Antwort darauf bilden die gesamten Ausführungen aus Kapitel 5. Das Ziel der eingeführten Maßnahmen ist die Reduzierung der Anzahl der Fahrzeuge und somit auch der Emissionen, in der gesamten Stadt. Beispielsweise dienen die Restriktionen für die Innenstadt dazu, die Entstehung von Staus in dieser zu verhindern und somit auch den unnötigen Ausstoß von CO₂ der wartenden Fahrzeuge. Durch die Errichtung eines City-Hubs am Rande der Stadt wird verhindert, dass schwere LKW in die Stadt einfahren und jeweils eine große Menge CO₂ ausstoßen. Der Weg vom City-Hub zum Kunden wird nun von autonomen, elektrisch angetriebenen und somit lokal emissionsfreien Fahrzeugen zurückgelegt. Den größten Beitrag zur Reduktion des Ausstoßes klimaschädlicher Gase des Verkehrssektors leistet dabei die Regelung für die Paketauslieferung. Vorgesehen ist ausschließlich die Auslieferung von Paketen ab einer bestimmten Größe bzw. eines bestimmten Gewichts. Die anderen Pakete, die nicht unter diese Kriterien fallen, werden mit Lastenrädern oder kleinen E-Transportern zu den Microdepots (MD) geliefert, deren Standorte in Kapitel 5 geplant wurden. Dabei wurde die Bedingung festgelegt, dass jeder mögliche Kunde mindestens ein MD in maximal 500 m Luftlinie erreichen können muss. Damit soll ein Anreiz geschaffen werden, das Paket entweder zu Fuß oder mit dem Fahrrad abzuholen.

Mit dem in der Stadt Querfurt eingeführten CL-Konzept kann also durchaus ein kleiner Beitrag zur Reduktion, der vom Verkehrssektor emittierten, klimaschädlichen Gase, geleistet werden. Wenn sich nun andere Städte das CL-Konzept Querfurts als Vorbild nehmen würden, kann der kleine Beitrag vieler Städte zu einem großen werden und den Gesamtausstoß der klimaschädlichen Gase des Verkehrssektors nachhaltig senken.

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhangsverzeichnis	63
Anhang 1: Ermittlung der optimalen Standorte für MD für das Wohngebiet West ..	64
Anhang 2: Ermittlung der optimalen Standorte für MD im Wohngebiet Nord	66
Anhang 3: Ermittlung der optimalen Standorte für MD im südlichen Gewerbegebiet	68
Anhang 4: Ermittlung der optimalen Standorte für MD in Querfurt Süd	70
Anhang 5: Ermittlung der optimalen Standorte für MD in der Altstadt	75
Anhang 6: Ermittlung der optimalen Standorte der MD in der Fichtensiedlung	78

Anhang 1: Ermittlung der optimalen Standorte für MD für das Wohngebiet West



Kundenstandorte $i (1, \dots, m): 1, \dots, 7$

MD-Standorte $j (1, \dots, n): 1, \dots, 5$

$S_j \leq 500$

1. Bestimmung der Überdeckungsmengen $U_{1, \dots, n}: U_{1, \dots, 7}$

$$i = 1 \quad U_1 = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$i = 2 \quad U_2 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$i = 3 \quad U_3 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$i = 4 \quad U_4 = \{2, 3, 4, 5\}$$

$$i = 5 \quad U_5 = \{3, 4, 5\}$$

$$i = 6 \quad U_6 = \{3, 4, 5\}$$

$$i = 7 \quad U_7 = \{3, 4, 5\}$$

2. Erstellen der Matrix

$a_{i,j} \cdot x_j$	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1
4	0	1	1	1	1
5	0	0	1	1	1
6	0	0	1	1	1
7	0	0	1	1	1

3. Test auf Zeilendominanz ($U_s \leq U_t \rightarrow$ lösche U_t)

$$U_6 = U_7 \rightarrow \text{lösche } U_7$$

$$U_5 = U_6 \rightarrow \text{lösche } U_6$$

$$U_5 \leq U_4 \rightarrow \text{lösche } U_4$$

$$U_1 \leq U_2 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

$$U_5 \leq U_3 \rightarrow \text{lösche } U_3$$

Nach dem Test auf ZD bleiben 2 mögliche MD-Standorte: 1, 5

4. Test auf Spaltendominanz ($U_s \leq U_t \rightarrow$ lösche U_s)

$$U_1 \leq U_2 \rightarrow \text{lösche } U_1$$

$$U_3 = U_4 \rightarrow \text{lösche } U_3$$

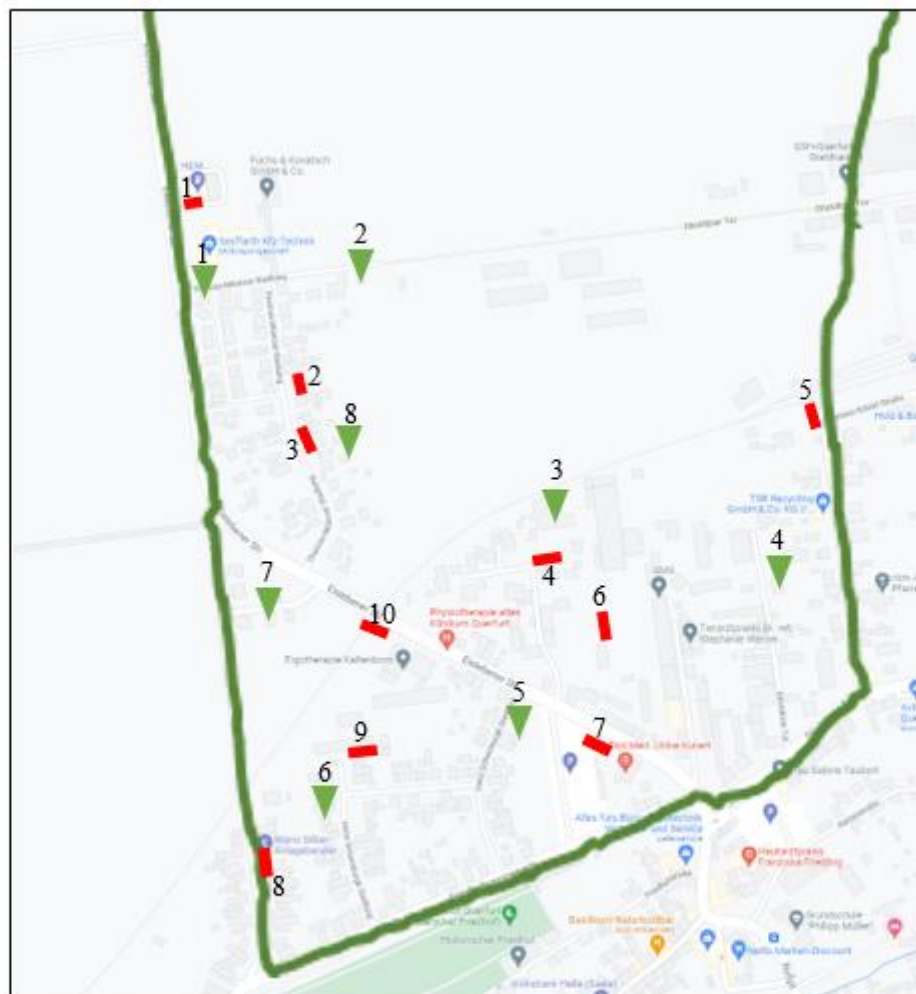
$$U_5 \leq U_4 \rightarrow \text{lösche } U_5$$

$$U_2 \leq U_4 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

Nach dem Test auf SD bleibt ein möglicher MD-Standort: 4

Da die Zielfunktion minimiert werden soll, wird die geringste Anzahl der Standorte ausgewählt. Diese brachte der Test auf Spaltendominanz hervor, wodurch der Standort 4 als optimal für das Wohngebiet West eingestuft wird.

Anhang 2: Ermittlung der optimalen Standorte für MD im Wohngebiet Nord



Legende: ▼ beispielhafte Kundenstandorte $i, \dots, m: 1, \dots, 8$
■ mögliche Standorte für MD $j, \dots, n: 1, \dots, 10$

Kundenstandorte $i (1, \dots, m): 1, \dots, 8$

MD-Standorte $j (1, \dots, n): 1, \dots, 10$

$S_j \leq 500$

1. Bestimmung der Überdeckungsmengen $U_{1, \dots, n}: U_{1, \dots, 8}$

$$i = 1 \quad U_1 = \{1, 2, 3, 10\}$$

$$i = 2 \quad U_2 = \{1, 2, 3, 4, 6, 10\}$$

$$i = 3 \quad U_3 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10\}$$

$$i = 4 \quad U_4 = \{4, 5, 6, 7, 10\}$$

$$i = 5 \quad U_5 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$i = 6 \quad U_6 = \{3, 4, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$i = 7 \quad U_7 = \{2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$i = 8 \quad U_8 = \{1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

2. Erstellen der Matrix

$a_{i,j} \cdot x_j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
3	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1

3. Test auf Zeilendominanz ($U_s \subset U_t \rightarrow$ lösche U_t)

$$U_7 \subset U_8 \rightarrow \text{lösche } U_8$$

$$U_7 \subset U_5 \rightarrow \text{lösche } U_5$$

$$U_6 \subset U_7 \rightarrow \text{lösche } U_7$$

$$U_4 \subset U_3 \rightarrow \text{lösche } U_3$$

$$U_1 \subset U_2 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

Nach dem Test auf Zeilendominanz bleiben drei mögliche MD-Standorte: 1, 4, 6

4. Test auf Spaltendominanz ($U_s \subset U_t \rightarrow$ lösche U_s)

$$U_1 \subset U_2 \rightarrow \text{lösche } U_1$$

$$U_2 \subset U_3 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

$$U_5 \subset U_4 \rightarrow \text{lösche } U_5$$

$$U_7 \subset U_6 \rightarrow \text{lösche } U_7$$

$$U_8 \subset U_9 \rightarrow \text{lösche } U_8$$

$$U_9 \subset U_{10} \rightarrow \text{lösche } U_9$$

$$U_4 = U_6 \rightarrow \text{lösche } U_4$$

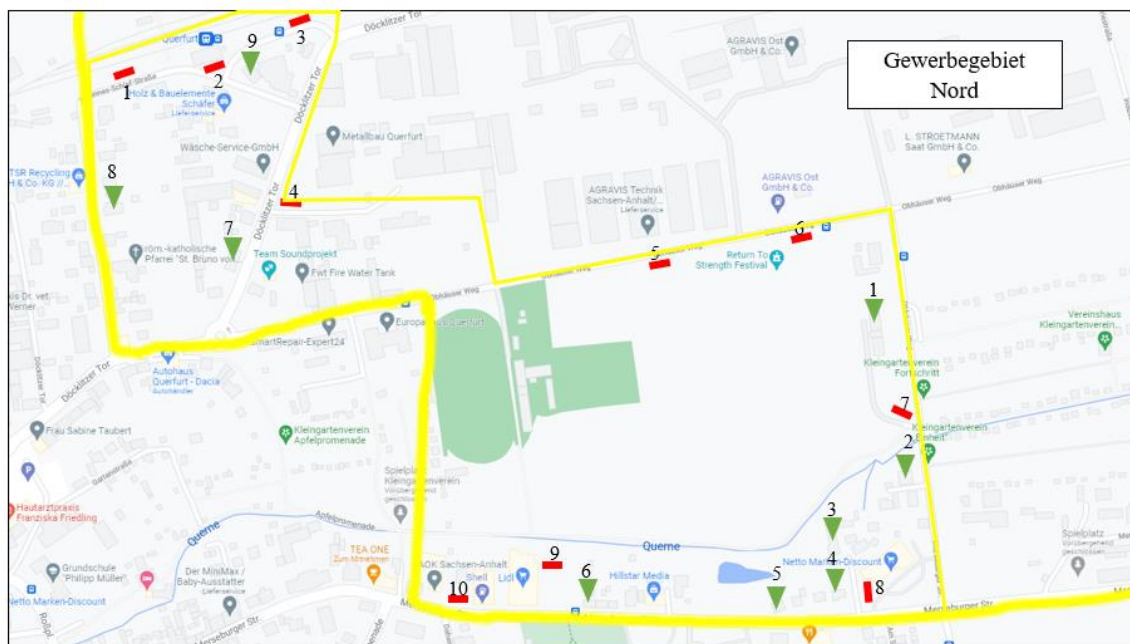
$$U_3 \subset U_{10} \rightarrow \text{lösche } U_3$$

$$U_6 \subset U_{10} \rightarrow \text{lösche } U_6$$

Nach dem Test auf Spaltendominanz bleibt ein optimaler Standort für ein MD: 10

Da die Zielfunktion minimiert werden soll, wird die geringste Anzahl der Standorte ausgewählt. Diese brachte der Test auf Spaltendominanz hervor, wodurch der Standort 10 als optimal für das Wohngebiet Nord eingestuft wird.

Anhang 3: Ermittlung der optimalen Standorte für MD im südlichen Gewerbegebiet



Legende: ▼ beispielhafte Kundenstandorte $i, \dots, m: 1, \dots, 9$
■ mögliche Standorte für MD $j, \dots, n: 1, \dots, 10$

Kundenstandorte $i (1, \dots, m): 1, \dots, 9$

MD-Standorte $j (1, \dots, n): 1, \dots, 10$

$S_j \leq 500$

1. Bestimmung der Überdeckungsmengen $U_{i, \dots, n}: U_{1, \dots, 9}$

$$i = 1 \quad U_1 = \{5, 6, 7, 8\}$$

$$i = 2 \quad U_2 = \{5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$i = 3 \quad U_3 = \{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$i = 4 \quad U_4 = \{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$i = 5 \quad U_5 = \{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$i = 6 \quad U_6 = \{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$i = 7 \quad U_7 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$i = 8 \quad U_8 = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$i = 9 \quad U_9 = \{1, 2, 3, 4\}$$

2. Erstellen der Matrix

$a_{ij} \cdot x_j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

3. Test auf Zeilendominanz ($U_s \subset U_t \rightarrow$ lösche U_t)

$$U_5 = U_6 \rightarrow \text{lösche } U_6$$

$$U_4 = U_5 \rightarrow \text{lösche } U_5$$

$$U_3 = U_4 \rightarrow \text{lösche } U_4$$

$$U_2 \subset U_3 \rightarrow \text{lösche } U_3$$

$$U_1 \subset U_2 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

$$U_8 = U_9 \rightarrow \text{lösche } U_9$$

$$U_8 \subset U_7 \rightarrow \text{lösche } U_7$$

Nach dem Test auf ZD bleiben zwei mögliche MD-Standorte: 1, 8

4. Test auf Spaltendominanz ($U_s \subset U_t \rightarrow$ lösche U_s)

$$U_1 = U_2 \rightarrow \text{lösche } U_1$$

$$U_2 = U_3 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

$$U_3 = U_4 \rightarrow \text{lösche } U_3$$

$$U_{10} \subset U_9 \rightarrow \text{lösche } U_{10}$$

$U_9 \subset U_8 \rightarrow$ lösche U_9

$U_6 = U_7 \rightarrow$ lösche U_6

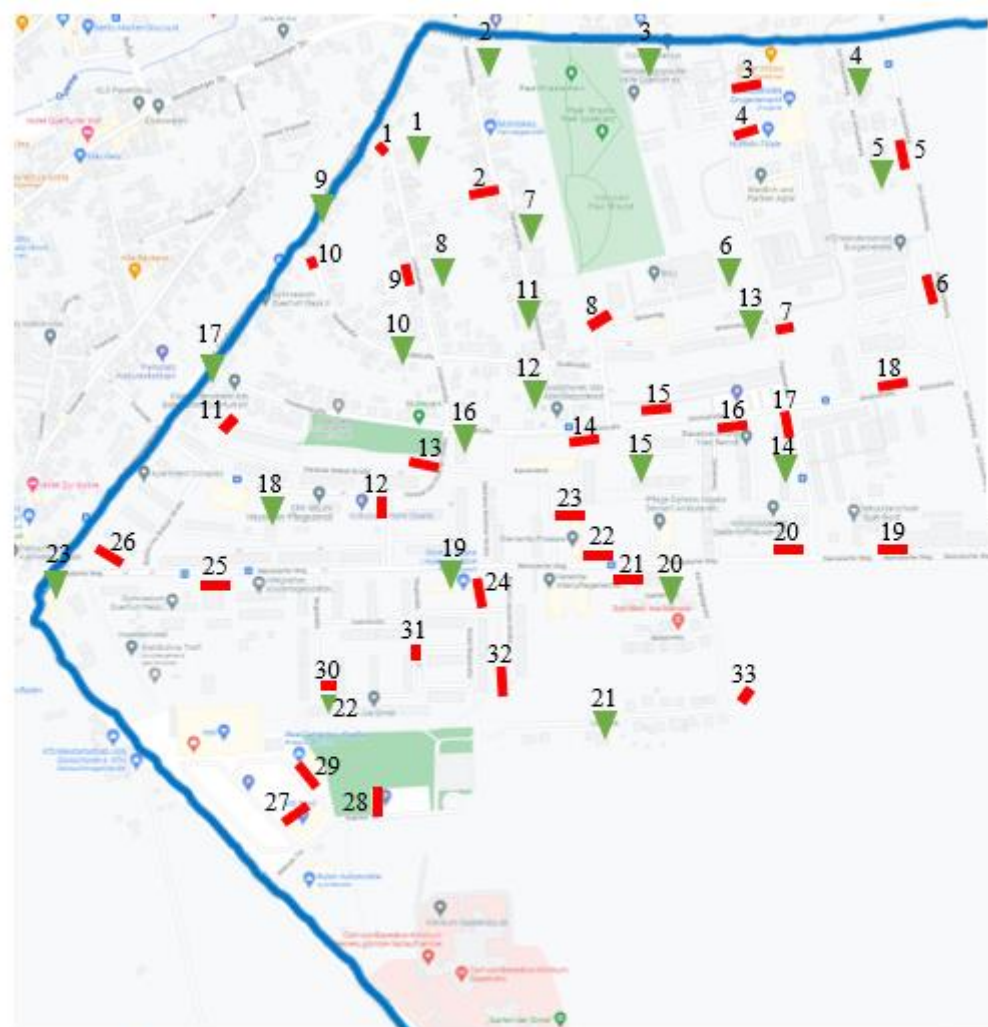
$U_7 \subset U_8 \rightarrow$ lösche U_7


$U_8 \subset U_5 \rightarrow$ lösche U_8


Nach dem Test auf SD bleiben ebenfalls zwei mögliche MD-Standorte: 4, 5

Sowohl der Test auf ZD als auch der Test auf SD bringen eine minimale Anzahl optimaler Standorte für MD hervor. Aufgrund der besseren praktischen Umsetzbarkeit und höheren Sinnhaftigkeit werden die Standorte 1 und 8, die aus dem Test auf ZD hervorgegangen sind, ausgewählt.

Anhang 4: Ermittlung der optimalen Standorte für MD in Querfurt Süd



Legende:  beispielhafte Kundenstandorte $i, \dots, m: 1, \dots, 23$

 mögliche Standorte für MD $j, \dots, n: 1, \dots, 33$

Kundenstandorte i (1,...,m): 1,...,23

MD-Standorte j (1,...,n): 1,...,33

$S_j \leq 500$

1. Bestimmung der Überdeckungsmengen $U_{i, \dots, n}$: $U_{1, \dots, 23}$

$i = 1$	$U_1 = \{1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14\}$
$i = 2$	$U_2 = \{1, 2, 3, 4, 8, 9, 10\}$
$i = 3$	$U_3 = \{1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 15\}$
$i = 4$	$U_4 = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 17, 18\}$
$i = 5$	$U_5 = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 15, 16, 17, 18\}$
$i = 6$	$U_6 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23\}$
$i = 7$	$U_7 = \{1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23\}$
$i = 8$	$U_8 = \{1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24\}$
$i = 9$	$U_9 = \{1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14\}$
$i = 10$	$U_{10} = \{1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 32\}$
$i = 11$	$U_{11} = \{1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 31\}$
$i = 12$	$U_{12} =$ $\{1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33\}$
$i = 13$	$U_{13} = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 33\}$
$i = 14$	$U_{14} = \{5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 32, 33\}$
$i = 15$	$U_{15} =$ $\{2, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33\}$
$i = 16$	$U_{16} =$ $\{1, 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 32\}$
$i = 17$	$U_{17} = \{1, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 24, 25, 26, 30, 31\}$
$i = 18$	$U_{18} = \{9, 10, 11, 12, 13, 14, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32\}$
$i = 19$	$U_{19} =$ $\{8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33\}$
$i = 20$	$U_{20} = \{7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33\}$
$i = 21$	$U_{21} = \{12, 13, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33\}$
$i = 22$	$U_{22} = \{11, 12, 13, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32\}$
$i = 23$	$U_{23} = \{11, 12, 25, 26, 27, 29, 30\}$

$a_{i,j} \cdot x_j$	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	0	0	1	1
5	0	0	1	1
6	0	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	0	1
9	1	1	0	0
10	1	1	0	0
11	1	1	1	1
12	1	1	0	0
13	0	1	1	1
14	0	0	0	0
15	0	1	0	0
16	1	1	0	0
17	1	1	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	0	0	0	0

3. Test auf Zeilendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow \text{lösche } U_t$)

$U_2 \text{ c } U_1 \rightarrow \text{lösche } U_1$

$U_4 \text{ c } U_5 \rightarrow \text{lösche } U_5$

$U_4 \text{ c } U_6 \rightarrow \text{lösche } U_6$

$U_2 \text{ c } U_7 \rightarrow \text{lösche } U_7$

$U_9 \text{ c } U_8 \rightarrow \text{lösche } U_8$

$U_9 \text{ c } U_{10} \rightarrow \text{lösche } U_{10}$

$U_9 \text{ c } U_{11} \rightarrow \text{lösche } U_{11}$

$U_9 \text{ c } U_{12} \rightarrow \text{lösche } U_{12}$

$U_4 \text{ c } U_{13} \rightarrow \text{lösche } U_{13}$

$U_9 \text{ c } U_{16} \rightarrow \text{lösche } U_{16}$

$U_{20} \text{ c } U_{15} \rightarrow \text{lösche } U_{15}$

$U_{23} \text{ c } U_{22} \rightarrow \text{lösche } U_{22}$

$U_{23} \text{ c } U_{19} \rightarrow \text{lösche } U_{19}$

$U_{23} \text{ c } U_{18} \rightarrow \text{lösche } U_{18}$

Nach dem Test auf ZD bleiben neun mögliche Standorte: 2, 3, 4, 9, 14, 17, 20, 21, 23

4. Test auf Spaltendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow \text{lösche } U_s$)

$U_1 \text{ c } U_2 \rightarrow \text{lösche } U_1$

$U_3 \text{ c } U_4 \rightarrow \text{lösche } U_3$

$U_6 \text{ c } U_5 \rightarrow \text{lösche } U_6$

$U_5 \text{ c } U_7 \rightarrow \text{lösche } U_5$

$U_7 \text{ c } U_8 \rightarrow \text{lösche } U_7$

$U_4 \text{ c } U_8 \rightarrow \text{lösche } U_4$

$U_2 \text{ c } U_9 \rightarrow \text{lösche } U_2$

$U_{10} \text{ c } U_9 \rightarrow \text{lösche } U_{10}$

$U_{11} \text{ c } U_9 \rightarrow$ lösche U_{11}

$U_{15} \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_{15}

$U_{16} \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_{16}

$U_{17} \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_{17}

$U_{18} \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_{18}

$U_{19} \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_{19}

$U_{20} \text{ c } U_{14} \rightarrow$ lösche U_{20}

$U_{21} \text{ c } U_{22} \rightarrow$ lösche U_{21}

$U_{22} \text{ c } U_{23} \rightarrow$ lösche U_{22}

$U_{25} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{25}

$U_{26} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{26}

$U_{27} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{27}

$U_{28} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{28}

$U_{29} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{29}

$U_{30} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{30}

$U_{31} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{31}

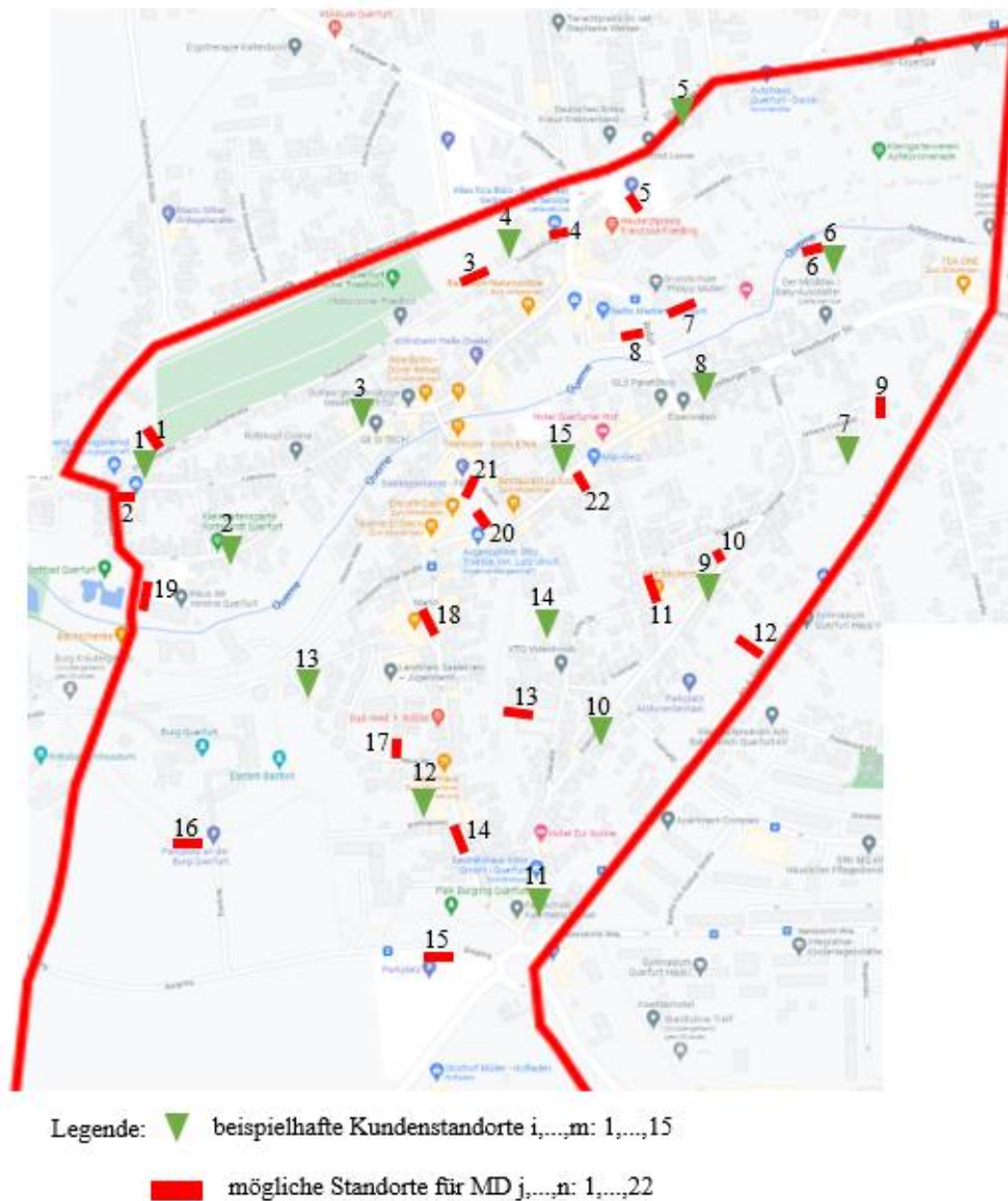
$U_{32} \text{ c } U_{24} \rightarrow$ lösche U_{32}

$U_{33} \text{ c } U_{23} \rightarrow$ lösche U_{33}

Nach dem Test auf SD bleiben sieben mögliche Standorte: 8, 9, 12, 13, 14, 23, 24

Da die Zielfunktion minimiert werden soll, wird die geringste Anzahl der Standorte ausgewählt. Diese brachte der Test auf Spaltendominanz hervor, wodurch die Standorte 8, 9, 12, 13, 14, 23 und 24 als optimal für Querfurt Süd eingestuft werden.

Anhang 5: Ermittlung der optimalen Standorte für MD in der Altstadt



Kundenstandorte $i (1, \dots, m): 1, \dots, 15$

MD-Standorte $j (1, \dots, n): 1, \dots, 22$

$S_j \leq 500$

1. Bestimmung der Überdeckungsmengen $U_{i, \dots, n}: U_{1, \dots, 15}$

$$i = 1 \quad U_1 = \{1, 2, 3, 16, 17, 18, 19, 20, 21\}$$

$$i = 2 \quad U_2 = \{1, 2, 3, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22\}$$

$$i = 3 \quad U_3 = \{1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 22\}$$

$$i = 4 \quad U_4 = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 18, 20, 21, 22\}$$

- $i = 5 \quad U_5 = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 22\}$
- $i = 6 \quad U_6 = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 22\}$
- $i = 7 \quad U_7 = \{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 21, 22\}$
- $i = 8 \quad U_8 = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 20, 21, 22\}$
- $i = 9 \quad U_9 = \{6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 21, 22\}$
- $i = 10 \quad U_{10} = \{10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22\}$
- $i = 11 \quad U_{11} = \{11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18\}$
- $i = 12 \quad U_{12} = \{11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22\}$
- $i = 13 \quad U_{13} = \{11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22\}$
- $i = 14 \quad U_{14} = \{3, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22\}$
- $i = 15 \quad U_{15} = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 21, 22\}$

2. Erstellen der Matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$a_{i,j} \cdot X_j$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
9	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
10	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
11	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
13	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
14	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
17	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
20	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
21	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
22	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

3. Test auf Zeilendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow$ lösche U_t) $U_1 \text{ c } U_2 \rightarrow$ lösche U_2 $U_5 \text{ c } U_6 \rightarrow$ lösche U_6 $U_7 \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_8 $U_{11} \text{ c } U_{12} \rightarrow$ lösche U_{12} $U_{13} \text{ c } U_{14} \rightarrow$ lösche U_{14} $U_9 \text{ c } U_{15} \rightarrow$ lösche U_{15}

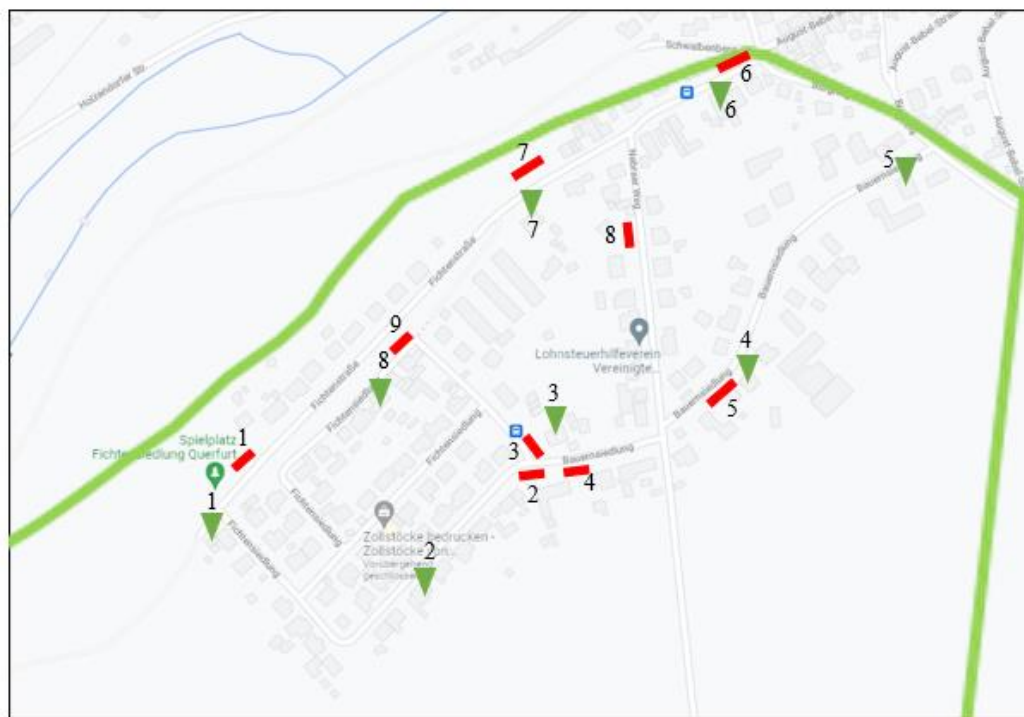
Nach dem Test auf ZD bleiben neun mögliche Standorte: 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13

4. Test auf Spaltendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow$ lösche U_s) $U_1 = U_2 \rightarrow$ lösche U_1 $U_2 \text{ c } U_3 \rightarrow$ lösche U_2 $U_4 = U_5 \rightarrow$ lösche U_4 $U_7 = U_8 \rightarrow$ lösche U_7 $U_5 \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_5 $U_6 \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_6 $U_9 \text{ c } U_8 \rightarrow$ lösche U_9 $U_{10} \text{ c } U_{11} \rightarrow$ lösche U_{10} $U_{12} \text{ c } U_{11} \rightarrow$ lösche U_{12} $U_{14} \text{ c } U_{13} \rightarrow$ lösche U_{14} $U_{15} \text{ c } U_{13} \rightarrow$ lösche U_{15} $U_{16} \text{ c } U_{17} \rightarrow$ lösche U_{16} $U_{17} \text{ c } U_{18} \rightarrow$ lösche U_{17} $U_{19} \text{ c } U_{18} \rightarrow$ lösche U_{19} $U_{20} = U_{21} \rightarrow$ lösche U_{20}

Nach dem Test auf SD bleiben 7 mögliche Standorte: 3, 8, 11, 13, 18, 21, 22

Da die Zielfunktion minimiert werden soll, wird die geringste Anzahl der Standorte ausgewählt. Diese brachte der Test auf Spaltendominanz hervor, wodurch die Standorte 3, 8, 11, 13, 18, 21 und 22 als optimal für die Altstadt eingestuft werden.

Anhang 6: Ermittlung der optimalen Standorte der MD in der Fichtensiedlung



Legende: ▼ beispielhafte Kundenstandorte $i, \dots, m: 1, \dots, 8$
■ mögliche Standorte für MD $j, \dots, n: 1, \dots, 9$

Kundenstandorte $i (1, \dots, m): 1, \dots, 8$

MD-Standorte $j (1, \dots, n): 1, \dots, 9$

$S_j \leq 500$

1. Bestimmung der Überdeckungsmengen $U_{i, \dots, n}: U_{1, \dots, 8}$

$i = 1$	$U_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9\}$
$i = 2$	$U_2 = \{1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9\}$
$i = 3$	$U_3 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
$i = 4$	$U_4 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
$i = 5$	$U_5 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
$i = 6$	$U_6 = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
$i = 7$	$U_7 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$
$i = 8$	$U_8 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

2. Erstellen der Matrix

$a_{ij} \cdot x_j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
2	1	1	1	1	1	0	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3. Test auf Zeilendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow$ lösche U_t)

$$U_1 = U_2 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

$$U_1 \text{ c } U_3 \rightarrow \text{lösche } U_3$$

$$U_1 \text{ c } U_4 \rightarrow \text{lösche } U_4$$

$$U_5 = U_6 \rightarrow \text{lösche } U_6$$

$$U_7 = U_8 \rightarrow \text{lösche } U_8$$

$$U_5 \text{ c } U_7 \rightarrow \text{lösche } U_7$$

Nach dem Test auf ZD bleiben zwei mögliche Standorte: 1, 5

4. Test auf Spaltendominanz ($U_s \text{ c } U_t \rightarrow$ lösche U_s)

$$U_1 \text{ c } U_2 \rightarrow \text{lösche } U_1$$

$$U_2 = U_3 \rightarrow \text{lösche } U_2$$

$$U_3 = U_4 \rightarrow \text{lösche } U_3$$

$$U_4 = U_5 \rightarrow \text{lösche } U_4$$

$$U_5 = U_7 \rightarrow \text{lösche } U_5$$

$$U_7 = U_8 \rightarrow \text{lösche } U_7$$

$$U_6 \text{ c } U_8 \rightarrow \text{lösche } U_6$$

$$U_8 = U_9 \rightarrow \text{lösche } U_8$$

Nach dem Test auf SD bleibt ein möglicher Standort: 9

Da die Zielfunktion minimiert werden soll, wird die geringste Anzahl der Standorte ausgewählt. Diese brachte der Test auf Spaltendominanz hervor, wodurch der Standort 9 als optimal für die Fichtensiedlung eingestuft wird.

Literaturverzeichnis

- Aberle, G.: 9. Citylogistik, in: Transportwirtschaft: Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen (Wolls Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften), 5., überarb. und erg., 2009, S. 563–567.
- Abidi, H./S. Hohm/C. Weber: DACHSER Emission-Free Delivery: Nachhaltige City-Logistik in der Stuttgarter Innenstadt, in: Wolfgang Siebenpfeiffer (Hrsg.), Mobilität der Zukunft: Intermodale Verkehrskonzepte (ATZ/MTZ-Fachbuch), 1. Aufl. 2021, 2021, S. 493 – 495.
- Baur, C.: Die Organisation von Lager- und Verteillogistik in der „Smart City“, in: Peter Voß (Hrsg.), Logistik – die unterschätzte Zukunftsindustrie: Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0, 2., völlig neu gestaltete Aufl. 2020, 2019, S. 141.
- Beer, V.: Rad, Tunnel, Maut: Wie andere Länder ihr Stau-Problem lösen, in: BR24, 22.03.2021, [online] <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/rad-tunnel-maut-wie-andere-laender-ihr-stau-problem-loesen>,SRijMpG [20.07.2021].
- Bmu: Der Kohleausstieg ist beschlossen, in: bmu.de, 03.07.2020, [online] <https://www.bmu.de/meldung/der-kohleausstieg-ist-beschlossen> [09.09.2021].
- Bretzke, W.-R.: Netzwerke in Großstädten: Citylogistik, in: Logistische Netzwerke, 4. Aufl. 2020, 2020, S. 459–463.
- Bundeszentrale Für Politische Bildung: Entwicklungsländer | bpb, in: bpb.de, 21.04.2021, [online] <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/politiklexikon/17410/entwicklungslaender> [11.09.2021].
- Bundeszentrale Für Politische Bildung: Schwellenländer | bpb, in: bpb.de, 08.09.2016, [online] <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/20580/schwellenlaender> [20.07.2021].

- Bundeszentrale Für Politische Bildung: Verstädterung | bpb, in: bpb.de, 01.07.2017, [online]
<https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52705/verstaedterung> [11.09.2021].
- Deutschlandatlas: Gemeinden mit der höchsten Bevölkerungsdichte in Deutschland, in: Statista, 29.07.2021, [online]
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1135074/umfrage/gemeinden-mit-hoechster-bevoelkerungsdichte/> [23.06.2021].
- Diercke Weltatlas: Kartenansicht - New York - Bevölkerungsdichte: in: diercke.westermann.de, o. D., [online] <https://diercke.westermann.de/content/new-york-bev%C3%B6lkerungsdichte-100849-155-3-1> [16.07.2021].
- Erd, J.: Betrachtung ausgewählter Projekte zur City-Logistik, in: Stand und Entwicklung von Konzepten zur City-Logistik, 2015, S. 17.
- ERP RATE TABLE FOR PASSENGER CARS, TAXIS AND LIGHT GOODS VEHICLES (With Effect From 12 April 2021): in: onemotoring.lta.gov.sg, 12.04.2021, [online]
https://onemotoring.lta.gov.sg/content/dam/onemotoring/Driving/pdf/12Mar21/Cars-12_April_2021.pdf [20.07.2021].
- Eurostat: Bevölkerungsdichte in den EU-Ländern 2019, in: Statista, 11.05.2021, [online]
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/74693/umfrage/bevoelkerungsdichte-in-den-laendern-der-eu/> [21.07.2021].
- Feinstaubalarm: in: stuttgart.de, o. D., [online]
<https://www.stuttgart.de/leben/umwelt/luft/feinstaubalarm.php> [11.09.2021].
- Hagen, T./M. Reining: Übersicht Über Mögliche Ökonomische Auswirkungen Von City-Mauts (Survey of Potential Economic Impacts of City Tolls), in: SSRN Electronic Journal, 2019, doi:10.2139/ssrn.3474367, S. 22 – 24.
- Handelsblatt: Die 10 größten Städte der Welt nach Einwohnerzahl im Ranking 2021, in: Handelsblatt, 30.06.2021, [online]
<https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/ranking-2021-das-sind-die-zehn-groessten-staedte-der-welt/24418560.html?ticket=ST-3394134-qH7daxGbQdGOcS2YhHkh-ap3> [16.07.2021].

- HDE: Umsatz im E-Commerce in Deutschland bis 2020, in: Statista, 11.05.2021, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/3979/umfrage/e-commerce-umsatz-in-deutschland-seit-1999/> [14.06.2021].
- Herrle, P./J. Fokdal: Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, 2018, [online] https://www.researchgate.net/publication/328880325_Urbanisierung.
- Hery-Moßmann, N.: Erfinder des Internets: Wer steckt hinter dem WWW?, in: CHIP, 20.12.2017, [online] https://praxistipps.chip.de/erfinder-des-internets-wer-steckt-hinter-dem-www_98340 [14.06.2021].
- Hohenberger, E.: Geschichte der Stadt Querfurt, in: bruno-von-querfurt.de, o. D., [online] <http://www.bruno-von-querfurt.de/geschichte-der-stadt-querfurt.html> [14.08.2021].
- Holzer, Holger: Alternative Antriebe - Kosten sind das größte Problem, in: handelsblatt.com, 14.03.2014, [online] <https://www.handelsblatt.com/mobilitaet/motor/alternative-antriebe-kosten-sind-das-groesste-problem/9605842.html?ticket=ST-4727151-wuRTLFSdHzvXimnNLdug-ap3> [13.09.2021].
- IMF: Gesamtbevölkerung von Singapur bis 2026, in: Statista, 17.05.2021, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/321719/umfrage/gesamtbevoelkerung-von-singapur/> [20.07.2021].
- KBA: Pkw-Neuzulassungen mit alternativen Antrieben in Deutschland 2020, in: Statista, 03.09.2021, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/223040/umfrage/neuzulassungen-fuer-pkw-mit-alternativen-antrieben-in-deutschland/> [11.09.2021].
- Kroder, Jürgen: Moderner Onlinehandel: Ein Onlineshop ist noch kein echter eCommerce!, in: netz98.de, 22.07.2021, [online] <https://www.netz98.de/blog/ecommerce-trends/ecommerce-onlineshops-onlinehandel-digital-commerce/> [12.09.2021].
- Kühnhold, C.: Smart City Loop, in: Chirine Etezadzadeh (Hrsg.), Smart City – Made in Germany: Die Smart-City-Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation, 1. Aufl. 2020, 2020, S. 588–592.

- Lehmann, S.: E-Commerce: Onlinehandel starker Treiber der deutschen Wirtschaft, in: LOGISTIK HEUTE, 21.03.2021, [online] <https://logistik-heute.de/news/e-commerce-onlinehandel-starker-treiber-der-deutschen-wirtschaft-33199.html> [11.09.2021].
- LTA | traffic.smart: in: onemotoring.lta.gov.sg, o. D., [online] https://onemotoring.lta.gov.sg/content/onemotoring/home/driving/traffic_information/traffic-smart.html [20.07.2021].
- Nobis, G.: Citylogistik 2.0 – Herausforderungen und Handlungsfelder für die zukünftige urbane Versorgung, in: Schriftenreihe des Lehrstuhls für Logistikmanagement, Nr. 4, 2013, <https://media.suub.uni-bremen.de/bitstream/elib/3181/1/00104996-1.pdf>, S. 25 ff., 27–28, 30, 56, 58.
- O. V.: Die mittelalterliche Stadt, in: welt-geschichte.de, o. D., [online] http://www.welt-geschichte.de/html/die_mittelalterliche_stadt.html [12.06.2021].
- O. V.: Hamburg – Hansestadt, in: ehrenzeichen-orden.de, o. D., [online] [https://www.ehrenzeichen-orden.de/c/deutsche-staaten/hamburg-hansestadt#:~:text=Kreuzzug%20\(1189%20\)verliehen.,Hamburg%20durch%20napoleonische%20Truppen%20besetz](https://www.ehrenzeichen-orden.de/c/deutsche-staaten/hamburg-hansestadt#:~:text=Kreuzzug%20(1189%20)verliehen.,Hamburg%20durch%20napoleonische%20Truppen%20besetz) [25.07.2021].
- O. V.: Hamburg in Zahlen: Einwohner, Flächen & Fakten | ahoihamburg, in: ahoihamburg.de, 12.06.2020a, [online] <https://ahoihamburg.de/zahlen-und-fakten/> [11.09.2021].
- O. V.: Konnektivität: Die Vernetzung der Welt, in: Zukunftsinstitut, 2020, 12.08.2021, [online] <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/konnektivitaet-die-vernetzung-der-welt/> [11.09.2021].
- O. V.: Mehr als 1000 Jahre Geschichte, in: burg-querfurt.de, o. D., [online] <https://www.burg-querfurt.de/de/geschichte/geschichte.html> [14.08.2021a].
- O. V.: Naturkatastrophen in den USA, in: USA-Info.net, 02.06.2020b, [online] <https://www.usa-info.net/usa-tipps/naturkatastrophen-in-den-usa/> [12.09.2021].
- O. V.: Neue DHL-Packstation in Scharnhorst-Ost eröffnet, in: ruhrnachrichten.de, 04.11.2020, [online] <https://www.ruhrnachrichten.de/dortmund/neue-dhl-packstation-in-scharnhorst-ost-eroeffnet-1571238.html> [24.08.2021].

- O. V.: Stadt Querfurt - Ortsteile, in: querfurt.de, o. D., [online] <https://www.querfurt.de/verzeichnis/index.php?kategorie=66> [15.08.2021b].
- O. V.: Städte und Gemeinden in Deutschland - Informationen über Städte und Ortschaften in von Deutschland, in: stadte-gemeinden.de, o. D., [online] <https://www.stadte-gemeinden.de/> [12.08.2021c].
- O.V.: ÜBER UNS: Informationen über DHL und den Konzern, in: dhl.de, o. D., [online] <https://www.dhl.de/de/geschaefstkunden/ueber-uns.html> [15.08.2021].
- O. V.: „Wer nicht investiert, fällt zurück!“ in: handelsblatt.com, 24.11.2016, [online] <https://www.handelsblatt.com/adv/sap-live-business/sap-deutschland-chef-thomson-wer-nicht-investiert-faellt-zurueck/14889802.html?ticket=ST-3966888-SqLTgAcGZKAtdoU1Xfzw-ap3> [11.09.2021].
- Postleitzahl Querfurt: in: suche-postleitzahl.org, o. D., [online] <https://www.suche-postleitzahl.org/querfurt-plz-06268.58b1> [15.08.2021].
- Reimann, E.: Handelsexperte warnt vor dem Aussterben der Innenstädte: „Viele Standorte werden nicht überleben“, in: Business Insider, 05.02.2020, [online] <https://www.businessinsider.de/wirtschaft/handelsexperte-warnt-vor-dem-aussterben-der-innenstaedte-viele-standorte-werden-nicht-ueberleben-2019-1/> [15.06.2021].
- Rueter, G.: Klimaschutz: Wie gelingt Stopp auf unter zwei Grad?, in: DW.COM, 07.02.2019, [online] <https://www.dw.com/de/klimaschutz-wie-gelingt-stopp-auf-unter-zwei-grad/a-47348573> [11.09.2021].
- Rüthers, M.: Städte im Wandel | bpb, in: bpb.de, 09.07.2018, [online] <https://www.bpb.de/politik/innenpolitik/stadt-und-gesellschaft/216894/geschichte-der-stadtentwicklung?p=all> [12.06.2021].
- Shanghai - Das Tor zur Welt: in: hamburg.de, o. D., [online] <https://www.hamburg.de/international/daten-fakten/> [16.07.2021].
- Statistisches Bundesamt: Bevölkerungsstand: Amtliche Einwohnerzahl Deutschlands 2021, in: [destatis](http://destatis.de), 06.2021a, [online]

https://www.destatis.de/error_path/400.html?al_req_id=YTrS7zONcOnQRCEsCbLqLgAAAIw [21.07.2021].

Statistisches Bundesamt: Einwohnerzahl der Großstädte in Deutschland 2020, in: Statista, 09.09.2021b, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1353/umfrage/einwohnerzahlen-der-grossstaedte-deutschlands/> [11.09.2021].

Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle und Verunglückte im Zeitvergleich (ab 1950), in: [destatis.de](https://www.destatis.de), o. D., [online] <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/liste-strassenverkehrsunfaelle.html;jsessionid=833495E0105A899B6A853456EACF0755.live711> [14.06.2021].

Statistisches Bundesamt: Bevölkerungsstand: Amtliche Einwohnerzahl Deutschlands 2021, in: [destatis.de](https://www.destatis.de), o. D., [online] https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/_inhalt.html [21.07.2021].

Stölzle, W./S. Schreiner: Neue Perspektiven für urbane Logistik? Konsolidierungskonzepte im städtischen Güterverkehr, in: Dirk Vallée/Barbara Engel/Walter Vogt (Hrsg.), Stadtverkehrsplanung Band 1, 3. Aufl., 2021, S. 223–255, 224 f., 226, 237.

Stößel, C.: Demografie, in: [Saalekreis.de](https://demografie.saalekreis.de), 2021, [online] <https://demografie.saalekreis.de/d-procon/Default.aspx?Class=Web-Seite%20Office%20KPE400.10.99%20Kartenansicht%20Gesamt&Caption=Kartenansicht%20des%20Saalekreis&SimpleMode=On&DebugEnabled=21994> [12.08.2021].

Süddeutsche Zeitung: Mehr als 100 Hochwasser-Tote im Westen Deutschlands, in: [Süddeutsche.de](https://www.sueddeutsche.de), 16.07.2021, [online] <https://www.sueddeutsche.de/panorama/hochwasser-mehr-als-100-hochwasser-tote-im-westen-deutschlands-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-210716-99-401400> [12.09.2021].

Theseira, W.: Congestion Control in Singapore, 2020

Transcript: Greta Thunberg's Speech At The U.N. Climate Action Summit: in: text.npr.org, o. D., [online] <https://text.npr.org/763452863> [09.09.2021].

- Umweltbundesamt: Feinstaub-Belastung, in: Umweltbundesamt, 21.12.2020, [online] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/feinstaub-belastung#gesundheitsliche-wirkungen> [11.09.2021].
- UN DESA: Prognose zum Anteil von Stadt- und Landbewohnern in Deutschland bis 2050, in: Statista, 17.02.2021, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167166/umfrage/prognose-des-bewohneranteils-nach-wohnstandort-seit-1990/> [23.06.2021].
- Vahrenkamp, R./H. Kotzab/C. Siepermann: 12. Die Citylogistik, in: Logistikwissen kompakt, 2017, S. 198–203.
- Verkehrsunfälle und Verunglückte im Zeitvergleich (ab 1950): in: destatis, 06.2021, [online] <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/liste-strassenverkehrsunfaelle.html;jsessionid=833495E0105A899B6A853456EACF0755.live711> [14.06.2021].
- Wahlergebnisse Sachsen-Anhalt: in: wahlergebnisse.sachsen-anhalt.de, o. D., [online] <https://wahlergebnisse.sachsen-anhalt.de/wahlen/lr07/erg/karte/lr.k88g.karte.graf.html> [15.08.2021].
- Westerheide, C.: Hamburg bekommt Tunnelprojekt, in: Deutsche Verkehrszeitung, 2020, [online] <https://www.dvz.de/rubriken/metropolitan-logistic/detail/news/hamburg-bekommt-tunnelprojekt.html>, S. 1 ff.
- World Bank: Alphabetisierung in Indien bis 2018, in: Statista, 11.08.2021a, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170863/umfrage/alphabetisierung-in-indien/> [11.09.2021].
- World Bank: Bevölkerungsdichte in Singapur bis 2018, in: Statista, 04.08.2021b, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/747001/umfrage/bevoelkerungsdichte-in-singapur/> [20.07.2021].
- Zweckverband für den Nahverkehrsraum Leipzig (ZVNL) – Hauptverkehrszeit HVZ: in: zvn.de, o. D., [online] <https://www.zvn.de/lexikon/hauptverkehrszeit-hvz/> [18.06.2021].

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen stammen, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit lag in gleicher oder ähnlicher Weise noch keiner Prüfungsbehörde vor und wurde bisher noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Tamina Schumann