



LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER
WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT
INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSINFORMATIK

Potentialanalyse von urbanem Güterverkehr über das Straßenbahnnetz

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science (M. Sc.) im Studiengang
Wirtschaftsingenieurwesen der Fakultäten Wirtschaftswissenschaften, Elektrotechnik und
Maschinenbau der Leibniz Universität Hannover

Name: Friderike Prien



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

Betreuer: M.Sc. Maximilian Heumann

Hannover, den 22.09.2021

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
Abkürzungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Relevanz der Thematik	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
2 Theoretische Grundlagen	4
2.1 Urbaner Schienenverkehr	4
2.2 Urbane Logistik	8
2.2.1 Folgen der Urbanisierung	9
2.2.2 Transportkonzepte	14
2.2.3 Transportmittel	17
2.2.3.1 Konventioneller Lieferverkehr	17
2.2.3.2 Bahn / Bus	21
2.2.3.3 Tunnel / Pipeline	23
2.2.3.4 Lastenrad	26
2.2.3.5 Drohne / Roboter	29
2.2.4 Transportierte Güter	32
3 Methodisches Vorgehen	35
3.1 Literaturübersicht	35
3.2 Research Design	36
4 Potentialanalyse urbaner Schienenverkehr	38
4.1 Literaturüberblick	38
4.2 Analyse Pilotprojekte	49
4.2.1 Vorstellung Pilotprojekte	49
4.2.2 Voraussetzungen zum Betrieb	52
4.2.3 Chancen bei Einführung und Betrieb	55
4.2.4 Risiken bei Einführung und Betrieb	57
4.3 Experteninterviews	60
4.3.1 Methodik	61
4.3.2 Interviewleitfaden	63
4.3.3 Auswertung	65
4.3.3.1 Basisfragen	65
4.3.3.2 Art der Güter	69
4.3.3.3 Anforderungen an die Strecke und Haltestellen	71

4.3.3.4	Prozessorganisation	71
4.3.3.5	Stakeholder / Projektbeteiligte	74
4.3.3.6	Potential des Transportkonzeptes	75
4.3.3.7	Zweisystem-Stadtbahnen	77
4.4	Diskussion	79
4.5	Handlungsempfehlungen	90
5	Limitationen	93
6	Fazit und Ausblick	94
	Literatur	97
A	Interviewleitfaden	102
A.1	Interviewleitfaden - Deutsch	102
A.2	Interviewleitfaden - Englisch	105
B	Protokolle der Interviews	108
B.1	Interview Dr. Jianjun Dong, Nanjing Tech University, China	108
B.2	Interview Prof. Silvio Nocera, Universität IUAV Venedig, Italien	113
B.3	Interview Dr. Katrien De Langhe, Universität Antwerpen, Belgien	116
B.4	Interview Stefan Goldlücke, Cargo Sous Terrain, Schweiz	120
B.5	Interview Prof. Walid Klibi, KEDGE Business School, Frankreich	125

1 Einleitung

1.1 Motivation und Relevanz der Thematik

Die Herausforderungen, die in den kommenden Jahren unsere Gesellschaft fordern werden, sind vielfältig und lokal verschieden. Eines der größten Themen ist der Klimawandel, der Menschen auf dem ganzen Planeten betrifft und kreative Lösungen erfordert. Zusätzlich stellt die fortschreitende Urbanisierung für die städtische Bevölkerung eine Entwicklung von großer Tragweite dar.

Mit einer steigenden Einwohnerzahl in der Stadt nehmen die Warenströme in die Ballungszentren zu. Vor allem Kurier-, Express- und Paketsendungen stiegen in den letzten Jahren durch das Wachstum des Online-Handels stark an. Die Covid-19-Pandemie hat diesen Trend nochmals verstärkt. Als Reaktion auf ein höheres Sendungsaufkommen müssen die Logistikdienstleister ihre Transportflotten aufstocken. Die Auslieferung von Sendungen und Gütern verursacht in den meisten Städten Stau und Behinderungen auf den Straßen, Geh- und Radwegen, da die Transporter der Logistikdienstleister häufig in zweiter Reihe oder auf dem Bürgersteig halten. Der Verkehrsfluss wird maßgeblich beeinträchtigt, wie ein Großteil der Bevölkerung aus eigener Erfahrung weiß. Neben der Zunahme an Warenströmen, gewinnt die Emissionsreduktion beim Transport von Gütern an Bedeutung. In Vorbereitung auf die Bundestagswahl am 26.09.2021 haben die verschiedenen Parteien im Wahlkampf unterschiedliche Ansätze und Strategien für die Eindämmung der Klimaerwärmung auf 1,5°C vorgestellt. Emissionsfreie Logistikkonzepte können zur Einhaltung dieses Ziels beitragen. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat bereits in den letzten Jahren Forschungsgelder für nachhaltige Logistikkonzepte freigesetzt. Das in dieser Arbeit erörterte Transportmodell von urbanem Gütertransport über das Straßenbahnnetz soll sowohl zur Verkehrs- als auch zur Emissionsreduktion in den Städten beitragen.

Die Idee vom Gütertransport über die Schiene ist in Städten, historisch gesehen, nicht neu. Bevor der Lkw mit seiner Flexibilität und der individuellen Verfügbarkeit die Logistikbranche revolutionierte, wurden in Städten Güter über die Schiene transportiert. Die Vorteile des Individualverkehrs führten dazu, dass der Güter- und auch der Personentransport mit der Straßenbahn abnahm, schließlich eingestellt und in einigen Städten das Schienennetz sogar zurückgebaut wurde. In vielen europäischen Städten sind jedoch noch Straßenbahnsysteme für den Personenverkehr vorhanden. Auf die bestehenden Systeme könnte mit dem Gütertransportmodell aufgebaut werden. Wie dieser Transport aussehen könnte, wird in verschiedenen Pilotprojekten erprobt. Dabei variieren die Parameter. In einigen Städten werden Lebensmittel transportiert, in anderen Autoteile oder Sperrmüll. Die Anwendungsbereiche sind vielfältig, genauso wie die Erfolgchancen der einzelnen Projekte. Ein prominentes Beispiel ist in Deutschland die CarGo-Tram, die in Dresden für den Autohersteller VW Fahrzeugteile vom Logistikzentrum zur Fabrik

transportierte. Nachdem sie fast zwei Jahrzehnte erfolgreich genutzt wurde, stellte VW zum Ende des Jahres 2020 den Betrieb ein. Der Güterbedarf für die Gläserne Manufaktur und demzufolge die Transportstruktur hatten sich verändert und die CarGo-Tram wurde nicht mehr benötigt. Die Dresdner Verkehrsbetriebe übernahmen die Fahrzeuge von VW.

Des Weiteren fordern viele Bürger, die Stadt als Wohnort lebenswerter zu gestalten. Neben der Verkehrs- und Emissionsreduktion, tragen die Reduktion von Lärm, Verkehrsunfällen und der verringerten Abnutzung der Straßeninfrastruktur durch den straßenbahnbasierten Transport zu einer Aufwertung des Lebensraums bei. Die Bevölkerung würde von ruhigeren sowie freieren Straßen profitieren. Die Sicherheit für Fußgänger und Fahrradfahrer würde im Straßenverkehr zunehmen. Allerdings treten bei der Verlagerung des Gütertransportes auf das Straßennetz eine Vielzahl an Herausforderungen auf, die sich auch auf die städtische Bevölkerung auswirken. Welche Aspekte beim urbanen Warentransport auf der Schiene berücksichtigt werden müssen, wird nachgehend untersucht. Außerdem wird in der folgenden Ausarbeitung gefiltert, welche Güter für den Transport geeignet wären, welche organisatorischen Schwierigkeiten überwunden werden müssen und wie das Potential des Transportansatzes zu einer nachhaltigen Veränderung der Logistikbranchen eingeschätzt wird.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Um die verschiedenen Facetten des urbanen Güterverkehrs über das Straßennetz darzustellen, wurden die folgenden Forschungsfragen als richtungsweisend für diese Arbeit aufgestellt:

- Welchen Beitrag kann der urbane Schienengütertransport zu einer nachhaltigen Stadtlogistik leisten?
- Stellt er eine Alternative zu anderen innovativen Transportkonzepten wie bspw. Lastenrädern und Elektro-Lieferfahrzeugen dar?

Als Erweiterung des regulären Straßennetzes, soll außerdem das Modell der Zweisystem-Stadtbahnen betrachtet werden. Daher wird folgende Forschungsfrage ergänzt:

- Ist der Einsatz von Zweisystem-Stadtbahnen bei der Implementierung eines urbanen Schienengütertransportsystems zielführend?

Im ersten Schritt wird im Grundlagenteil die Basis für das Verständnis des urbanen Schienenverkehrs und der urbanen Logistik gelegt. Dabei werden die verschiedenen, schienenbasierten Mobilitätsangebote erläutert, sowie deren Unterschiede aufgezeigt. Danach rückt die Logistikbranche in den Fokus. Es werden die Herausforderungen der Urbanisierung sowie neue Transportkonzepte betrachtet. Daran anschließend folgt die Erörterung der unterschiedlichen Möglichkeiten des urbanen Gütertransports, die zurzeit erforscht und diskutiert werden. Welche Güterströme in die Stadt hinein und hinaus fließen, wird ebenfalls berücksichtigt.

Die anschließende Potentialanalyse des Transportkonzeptes hat als Ziel, die unterschiedlichen Schwerpunkte der Forschung zu identifizieren. In einem Literaturüberblick soll aufgezeigt werden, welche Konzeptvarianten Experten im Bereich der urbanen Logistik zurzeit besprechen, wenn der Fokus auf dem urbanen schienenbasierten Güterverkehr liegt. Die behandelten Aufsätze werden jedoch aufgrund der geringen Anzahl keine adäquate Repräsentation des Forschungsfeldes darstellen können. Sie sollen aber einen Eindruck der Themen vermitteln, die in Zusammenhang mit dem urbanen Warentransport über das Schienennetz diskutiert werden. Die nachfolgende Analyse von Pilotprojekten wird die praktischen Erfahrungen mit dem vorab ausschließlich theoretisch behandelten Konzept untersuchen. Die betrachteten Pilotprojekte unterscheiden sich stark hinsichtlich des Anwendungsbereichs, der Einsatzdauer und des Erfolgs in der Umsetzung. In den Gesprächen mit Experten aus verschiedenen Ländern sollen die aus den vorherigen Kapiteln gewonnen Erkenntnisse validiert und erweitert werden. Interessant wird es sein, ob die Experten dieselbe Meinung unter anderem bezüglich der geeigneten Güter, Organisation des Prozesses und des Potentials des Transportkonzeptes haben.

Das Ziel der Arbeit ist es, mit Hinblick auf seinen Beitrag zu einer nachhaltigen Stadtlogistik, eine Einschätzung des Potentials des urbanen Gütertransportes über das Straßenbahnnetz zu geben. Um diese abschließende Beurteilung vornehmen zu können, werden vorher die gesammelten Informationen aus dem Literaturüberblick, der Analyse der Pilotprojekte sowie der Experteninterviews diskutiert und Handlungsempfehlungen formuliert.

6 Fazit und Ausblick

Die Logistikbranche befindet sich in einem Wandel. Neue Herausforderungen wie die Forderung nach klimaneutralen Transportkonzepten, ein stark wachsendes Sendungsaufkommen im KEP-Sektor sowie der Fachkräftemangel zwingen Logistikdienstleister, neuen Technologien und Entwicklungen offen zu begegnen. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, ist eine hohe Innovationsbereitschaft erforderlich. Neben Lastenrädern, Robotern, Elektro-Fahrzeugen und Drohnen, stellt das in dieser Arbeit erörterte Transportkonzept von urbanem Güterverkehr über das Straßenbahnnetz eine Alternative zum konventionellen Transport mittels Lkw dar.

Der urbane Schienengüterverkehr kann einen maßgeblichen Beitrag zu einer nachhaltigen Stadtlogistik leisten, da er durch die Verkehrsreduktion signifikant die Reduzierung von Emissionen unterstützt. Aufgrund der Tatsache, dass der Transport der Güter zu großen Teilen für die Bevölkerung „unsichtbar“ unter der Erde erfolgt, profitieren die Stadtbewohner von einer Lärmreduzierung. Hinzu kommen ein verbesserter Verkehrsfluss und -sicherheit auf den Straßen, da das Parken großer Lieferwagen auf Bürgersteigen und in zweiter Reihe abnimmt, sowie eine sinkende Schadstoffkonzentration in der Luft. Zusätzlich werden die Güter pünktlich nach Fahrplan an den Straßenbahnstationen ankommen, sodass Verzögerungen in der Zustellung von Waren, gegenüber dem Transport über die Straße, welcher infolge des hohen Verkehrsaufkommens und Stau oft nicht vorhersagbar ist, reduziert werden. Die Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Transportdauer und den Zustellzeitpunkt erhöht sich. Für den Betreiber der Infrastruktur kann die zusätzliche Leistung des Gütertransports einen neuen Geschäftszweig erschließen.

Nach Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten des schienenbasierten Gütertransportes in Metropolregionen stellt dieser Ansatz weniger eine Alternative zu Lastenrädern, Robotern und Elektro-Fahrzeugen als vielmehr eine Ergänzung dar. Das Konzept des Hub-Systems sieht eine stufenweise Verteilung von Gütern vor. Dafür werden kleine Logistikflächen in der Stadt zum Umschlag von Gütern benötigt. Der schienenbasierte Transport würde die vorletzte Stufe in der Verteilung der Waren übernehmen – vom Stadtrand zu den zentralen Depots in den einzelnen Stadtteilen. Von dort würde die Zustellung der Güter auf der letzten Meile je nach Charakteristika der Waren mit einem entsprechenden Transportmittel erfolgen. Wenn es sich um leichte Sendungen der KEP-Branche handelt, kann die Zustellung per Lastenrad durchgeführt werden. Werden allerdings große Warenmengen zu einem Empfänger transportiert, bietet sich der Einsatz von Elektro-Fahrzeugen aufgrund der größeren Ladefläche im Vergleich zu einem Lastenrad an. Der Aufbau eines Hub-Systems verstärkt durch die Konsolidierung von Waren die Effizienz der Lieferkette, da die Güter anbieterunabhängig zu einem zentralen Depot in einem Stadtteil gebracht werden. Die Logistikdienstleister könnten von dort die Zustellung auf der letzten Meile organisieren, würden aber nicht zeitgleich mit ihnen, unter Umständen

nicht voll ausgelasteten, Transportern vom Stadtrand die einzelnen Stadtteile ansteuern. Die Kombination vom Transport mit der Straßenbahn zur Feinverteilung und die anschließende Feinstverteilung auf der letzten Meile durch Lastenräder und andere innovative, klimaneutrale Transportmittel wäre eine sinnvolle und zukunftsweisende Entwicklung. Allerdings ist ein Projekt dieser Größe sehr komplex und entsprechend kompliziert in der Umsetzung. Wie in den Pilotprojekten gesehen werden konnte, ist das Projekt in Amsterdam, welches den Anspruch hatte, ein Gesamtlogistikkonzept für die Stadt zu entwickeln, gescheitert. Bislang konnten nur Pilotprojekte umgesetzt werden, die in einer kooperativen Planung eines Unternehmens mit dem lokalen Infrastrukturbetreiber entstanden sind.

Als Erweiterung der Idee des urbanen, schienenbasierten Gütertransports wurden Zweisystem-Stadtbahnen, die sowohl auf dem Eisenbahnnetz im Umland als auch auf dem Straßenbahnnetz in der Stadt verkehren können, angesprochen. Wie sich bei der weiteren Recherche dieses Konzepts herausstellte, wird die Anwendung des Karlsruher Modells zum Gütertransport zurzeit im Rahmen des Projektes „regioKArgo“ entwickelt. Das BMVI fördert seit Anfang des Jahres 2021 die Logistik-Generalinitiative „regioKArgo“ mit dem Projekt „LogIKTram“. An dem Projekt sind Parteien aus verschiedenen Bereichen beteiligt. Dazu zählen unter anderen die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft (AVG), Verkehrsbetriebe Karlsruhe (VBK), das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), die Hochschule Offenburg sowie DB Engineering & Consulting und einige mehr. Aufgrund der fortschreitenden Planung der „regioKArgo“ scheint das Konzept der Zweisystem-Stadtbahn für den Gütertransport unter Fachleuten als realistisch und sinnvoll angesehen zu werden, auch wenn die für diese Arbeit interviewten Experten nicht gleichermaßen überzeugt von der Strategie waren. Die direkte Verbindung des Umlandes an die Kerngebiete der Stadt bietet aus meiner Perspektive nicht nur für Pendler, durch den Verzicht auf einen Umstieg an einem Bahnhof vom Eisenbahnnetz auf das Straßenbahnnetz, einen Vorteil. Auch für Güter erscheint die direkte Verbindung sinnvoll, da jeder Güterumschlag zeit- und kostenintensiv ist.

Die Pilotprojekte, die in dieser Arbeit betrachtet wurden, sind nur noch teilweise im Betrieb. Jedoch sind zahlreiche Projekte aktuell in der Planung wie bspw. das BNCC Beijing, eine Cargo Tram der Berliner Verkehrsbetriebe oder die kombiBAHN Nordhessen. Die kombiBAHN unterscheidet sich von den hier betrachteten Projekten in der Hinsicht, als dass sie nicht den urbanen, sondern den ländlichen Raum erschließt. Eine niedrige Bündelungsquote und weite Strecken führen zu Effizienzverlusten. Daher wird untersucht, inwiefern Güter mittels des öffentlichen Schienenpersonenverkehrs transportiert werden können. Das Ziel ist eine Automatisierung des Transportes und somit eine Reduzierung des finanziellen und organisatorischen Aufwands. Weitere Informationen stehen auf der Internetseite des BMVI zur Verfügung. Die zahlreichen Projekte bestätigen den Eindruck, dass dieses Transportkonzept das Potential birgt, die Logistikbranche zu verändern. Personen und Güter nicht mehr getrennt, sondern gemeinsam

auf ihren Transportwegen zu betrachten, um die verfügbaren Ressourcen optimal einsetzen zu können, trägt wesentlich zur Verbesserung des bestehenden Systems bei. Sollten nach der Bundestagswahl klimaneutrale Logistikkonzepte mehr Aufmerksamkeit von der Politik bekommen, könnte der Wandel hin zu schienenbasierten Transportmodellen an Geschwindigkeit gewinnen. Die Umsetzung hängt allerdings immer von den lokalen Betrieben ab, sodass eine bundesweit einheitliche Strategie nicht erfolgsversprechend ist. Die Umsetzbarkeit des Modells ist, wie in dieser Arbeit beschrieben wird, von vielen Faktoren abhängig und muss für jede Stadt individuell beurteilt werden.

Ein Forschungsgebiet, das im Zusammenhang dieses Transportkonzeptes von großer Bedeutung ist, ist die Entwicklung eines Hub-Systems in der Stadt. Zur Planung eines Gesamtlogistikkonzeptes einer Stadt ist, neben den Transportmitteln, auch der Umschlag der Güter ein zentrales Thema. In einer Machbarkeitsanalyse muss geprüft werden, ob es ausreichend Flächen an den benötigten Orten in einer Stadt gibt, um ein Netzwerk aus City-Hubs aufzubauen. Nur so können für die Zustellung der Waren mehrere Transportmittel sinnvoll miteinander kombiniert werden. Andernfalls ist der Umschlag der Güter von der Straßenbahn auf das Lastenrad oder das Elektro-Fahrzeug deutlich komplexer, da die Zusteller auf der letzten Meile zeitgleich mit der Straßenbahn an der Haltestelle sein müssen. Gäbe es ein Hub-System, würden die Zusteller die Ware dort abholen, sobald sie mit ihrer Tour fertig sind und nicht, wenn die Straßenbahn neue Waren an sie übergeben muss. Eine Entkopplung des Fahrplans der Straßenbahn und der Tourenplanung der Zusteller würde nur durch ein Hub-System möglich sein. Dieses Feld bedarf weiterer Forschung, um eine effiziente Lösung für den Umschlag auf die letzte Meile zu finden. Wichtige Faktoren sind in diesem Kontext die Flächenknappheit in den Städten sowie der Aufbau eines anbieterunabhängigen Hub-Systems. Welche Flächen für die City-Hubs infrage kommen und wer die Verantwortung für die Entwicklung eines anbieterunabhängigen Systems übernimmt, muss weiter untersucht werden.