Plausibilitätsstudie S21 Güterlogistik

Nutzung des Stuttgart 21-Systems für die unterirdische Güterlogistik im Sinne einer „Vorletzten Meile“

im Auftrag des „Umstiegsgruppe des Aktionsbündnisses gegen Stuttgart 21“

Prof. Dr. Philipp Precht

Prof. Dr. Mathias Wilde

Coburg, April 2021

Inhalt

Abbildungen 2
Tabellen 2
I Untersuchung der Plausibilität für eine unterirdische Distributionslogistik 4
II Systeme unterirdischer Distributionslogistik 6
III Potenzialabschätzung einer unterirdischen Distributionslogistik in Stuttgart unter Berücksichtigung der vorhandenen S21 Infrastruktur 12
IV Abschätzung der Wirtschaftlichkeit 20
V Mögliche Effekte hinsichtlich der Verlagerung von Verkehrsströmen 24
VI Rahmenbedingungen 31
VII Unterirdische Distributionslogistik für Stuttgart – Zusammenfassende Beurteilung der Plausibilität und Ausblick 34
Quellen 38

Abbildungen

Abbildung 1: Röhrendurchmesser Cargocap, Grundfläche 1,20 m x 2,50 m, Beladungshöhe 2 m in Abhängigkeit zum Röhrendurchmesser 8
Abbildung 2: Prinzipskizze des Cargo sous terrain Tunnelquerschnittes 9
Abbildung 3: Prinzipskizze SmartCityLoop (SmartCityLoop GmbH) 9
Abbildung 4: Röhrenmaße (cm) SmartCityLoop (2-Richtungen) 10
Abbildung 5: Einzugsbereich des City-Hubs mit Einwohnerdaten der zugrunde gelegten Stadtbezirke 14
Abbildung 6: Planfeststellungsabschnitte (PFA) des Projekts Stuttgart 21 17
Abbildung 7: Relation A: Untertürkheim - Hauptbahnhof 18
Abbildung 8: Relation B: A8 - Hauptbahnhof 19
Abbildung 9: Relation A/B: Kombination A8 - Hauptbahnhof - Untertürkheim 19

Tabellen

Tabelle 1: Beurteilung und Grobeinschätzung vorhandener Systeme auf deren Übertragbarkeit für Stuttgart 11
Tabelle 2: Disaggregation: Packstücke und Paletten je Einwohner 13
Tabelle 3: Einwohner in den Stadtbezirken und dem Einzugsbereich (Jahr 2019) 15
Tabelle 4: Packstücke und Paletten je Einwohner im Einzugsbereich und unter Berücksichtigung der Wirtschaftskraft 15
Tabelle 5: Zusammenfassung Packstücke und Paletten je Einwohner 16
Tabelle 6: Angenommene Röhrenkapazität 16
Tabelle 7: Exemplarische Kalkulation der Investitionsmittel und operativen Kosten je km 21
Tabelle 8: Kalkulation je Szenario auf Palettenebene 23
Tabelle 9: Annahme der prozentualen Verteilung der Gewichtsklassen im Güterkraftverkehr (eigene Berechnung, Schätzung: 20% anteilig gemeldeter Fahrzeuge < 3,5t. Daten: Kraftfahrtbundesamt) 25
Tabelle 10: Faktoren zur Abschätzung der THG-Emissionen: angenommener spezifischer Kraftstoffverbrauch (Diesel) und THG-Emissionen auf 100km je Lkw-Gewichtsklasse 26
Tabelle 11: Szenario 1 - 100% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A 27
Tabelle 12: Szenario 2 - 70% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A 28
Tabelle 13: Szenario 3 - 30% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A 28
Tabelle 14: Szenario 1 - 100% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation B 28
Tabelle 15: Szenario 2 - 70% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation B 29
Tabelle 16: Szenario 3 - 30% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation B 29

Tabelle 17: Szenario 1 - 100% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A/B 29
Tabelle 18: Szenario 2 - 70% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A/B 30
Tabelle 19: Szenario 3 - 30% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A/B 30

I Untersuchung der Plausibilität für eine unterirdische Distributionslogistik

Die „Umstiegsgruppe des Aktionsbündnisses gegen Stuttgart 21“ möchte prüfen lassen, inwieweit alternative Nutzungskonzepte für die bereits hergestellte Infrastruktur des Bahnprojektes „Stuttgart 21“ in Frage kommen. In diesem Zusammenhang besteht der Gegenstand des Auftrages in der Prüfung der Plausibilität einer auf die Stadt Stuttgart ausgelegten unterirdischen Güterlogistik für die sog. „Vorletzte Meile“ unter Nutzung der vorhandenen Infrastruktur des S21 Projektes. Dabei prüft das Vorhaben die generelle Umsetzbarkeit eines unterirdisch ausgelegten Güterlogistik-Systems. Das Ziel der Untersuchung besteht darin, eine erste Beurteilungsgrundlage für die Plausibilität eines unterirdischen Gütersystems zu schaffen.

Als Eingangsbemerkung ist herauszustellen, dass die im Folgenden aufgezeigte Plausibilitätsprüfung eines unterirdischen Güterlogistik-Systems für die Stadt Stuttgart einen explizit vorbereitenden Charakter einnimmt. Die Untersuchung stützt sich auf mehreren Arbeitshypothesen. Dabei steht insbesondere die Umnutzung der vorhandenen S21 Tunnelsysteme für die unterirdische Distributionslogistik im Vordergrund. Es ist ferner festzuhalten, dass die Untersuchung keine Detailbewertung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit leistet oder Umsetzungshemmnisse aufzeigt.

Die vorliegende Studie nimmt auf Basis einer Disaggregation eine Volumenabschätzung für potenzielle Paletten im Stückgut- und Paketverkehr vor. Der Einzugsbereich ist für den erweiterten Innenstadtbereich definiert. Die ermittelten Volumina dienen als Ausgangspunkt aller weiteren Betrachtungen, wie der Wirtschaftlichkeit, den Verlagerungspotentialen und möglichen THG-Einsparpotentialen.

Das bereits vorgetriebene Tunnelsystem von Stuttgart 21 lässt die Betrachtung von drei hypothetischen Relationen vom Stadtrandgebiet in die Innenstadt zu: Aus Richtung Nord über den Tunnel aus Feuerbach, aus Richtung Ost über den Tunnel aus Untertürkheim sowie aus Süden über den Fildertunnel von der A8 kommend. Die vorliegende Untersuchung zieht als Varianten die Strecke aus dem Osten und den Süden heran. Zusätzlich wurde eine Kombination der Ost- und Südverbindung abgebildet, um Aussagen in Bezug auf ein System aus zwei Relationen treffen zu können.

Das Modell ermittelt ein abgeschätztes Gesamtvolumen von ca. 1.500.000 Paletten pro Jahr für den erweiterten Innenstadtbereich. Dieses Volumen entspricht der Transportkapazität einer unterirdischen Distributionsanlage im Zwei-Richtungsbetrieb. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil des Volumens

verlagert werden kann, ein anderer Teil sich der Verlagerung in ein unterirdisches System allerdings entzieht. Randfaktoren und begleitende Maßnahmen der Kommune beeinflussen die Höhe dieses Anteiles. Um eine Spannbreite möglicher Verlagerungseffekte aufzeigen zu können, werden drei Szenarien aufgeführt, die von einer Verlagerung von 30%, 70% und 100% ausgehen. Je nach Relation und Verlagerungsszenario beziffert sich eine kalkulierte Verlagerung vom Straßengüterverkehr auf ein unterirdisches System zwischen 699.000 und 4.274.000 Lkw-km.

II Systeme unterirdischer Distributionslogistik

Gestiegene Ansprüche an Produktions- und Absatzlösungen finden ihren Ausdruck in Logistikkonzepte, die auf Verfügbarkeit und just-in-time ausgerichtet sind. In der Folge verlagerte sich der Güterverkehr nicht allein von der Schiene auf die Straße, eine immer diffizilere Transportlogistik begünstigt die Abwicklung des Güterverkehrs über die Straße – so stieg die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr in den 10 Jahren in Deutschland zwischen 2008 und 2018 von 457.600 auf 506.900 Millionen Tonnenkilometer.[1]

Das Wachstum des Straßengüterverkehrs stellt die Städte und insbesondere die urbanen Ballungsräume vor Herausforderungen: Die vorhandene Verkehrsinfrastruktur kann die Mengen kaum aufnehmen, der Infrastrukturausbau kommt an seine Grenzen und die negativen Folgen des Verkehrs – wie Lärm und Umweltbelastungen – beeinträchtigen zunehmend die Lebensqualität der Bevölkerung. Die Suche nach Lösungen für die Bewältigung des urbanen Güterverkehrs führte zur Entwicklung von Konzepten, die weite Teile der Distributionslogistik unter die Oberfläche verlegen und damit ähnlich wie der U-Bahn Betrieb dem Personenverkehr eine neue Dimension erschlossen hat, auch dem Güterverkehr die Ebene unter der Stadt zu öffnen. Für die Stadt ergibt sich damit nicht allein der Vorteil, die Verkehrsinfrastruktur vom Güterverkehr zu entlasten; die Reduzierung des straßengebundenen Güterverkehrs setzt auch Flächen frei, die einer anderen Nutzung zugeführt werden können.

Kernprinzip unterirdischer Distributionslogistik

Das Prinzip unterirdischer Distributionslogistik besteht darin, dass der Einsatz einer im Untergrund installierten Transport-Infrastruktur in Kombination mit Konsolidierungszentren an Stadträndern den Warenfluss von und in einzelne Stadtbezirke gewährleistet.[2] Von Güterverteilzentren (GVZ)[3] an den Stadträndern werden die Waren mittels automatischer Transportgefäße unterirdisch an sogenannte City-Hubs geliefert (sog. Vorletzte Meile). Die City-Hubs zeichnen sich durch eine empfängergerechte

---

1 https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/Tabellen/gueterbefoerderung-lr.html

2 vgl. Deutsche Post AG (2012): „Delivering Tomorrow – Logistik 2050 – eine Szenariostudie“, S. 175

3 Unter einem Güterverteilzentrum (GVZ) wird im Rahmen der vorliegenden Studie ein Logistik-Zentrum verstanden, in dem ein Güterumschlag stattfindet. Dabei werden Güter zwischen unterschiedlichen Verkehrsträgern (wie Straße, Schiene, Wasser oder Luft) umgeladen. Ziel ist es, möglichst „kombinierte Verkehre“ abzuwickeln, d.h. verschiedene Verkehrsträger werden über die Funktion eines GVZ miteinander verknüpft. In aller Regel bündeln sich an solch einem Standort zudem Logistikdienstleister und Unternehmen der verladenen Wirtschaft.

Kommissionierung und vordefinierten Zeitfenster für die Lieferung aus. Von diesen City-Hubs gehen die Waren zum Empfänger (Letzte Meile/Feinverteilung), und zwar idealerweise mittels umweltgerechterer Transportfahrzeuge. In diesem Sinne versteht sich die unterirdische Distributionslogistik als ein System der sog. vorletzten Meile.

Kurzvorstellung von Marktvertretern

In Europa existieren drei vorangeschrittene Marktvertreter unterirdischer Distributionslogistik: 1. Cargocap System (D), 2. Cargo sous terrain (CH) und 3. SmartCityLoop (D).

Cargocap

Das Cargocap System wurde in den Jahren 1998 bis 2002 im Rahmen eines Forschungsverbundes an der Ruhr-Universität Bochum entwickelt und aus technischer, ökonomischer, ökologischer und juristischer Sicht bewertet. Das System ist so konzipiert, dass vollautomatische, elektrisch angetriebene Transportgefäße (sog. Caps) in unterirdischen Rohrleitungen die Lasten aufnehmen und sie bei Direktanschluss unmittelbar zum Empfänger transportieren – ggf. werden die Lasten in einem City-Hub umgeschlagen. Die Rohrleitungen haben beim ursprünglich einen Durchmesser von 2,00 Metern. Die Caps können max. zwei Euro-Paletten aufnehmen. Das Konzept wurde erweitert auf einen Röhrendurchmesser von 2,80 Meter, so dass die Caps nunmehr bis zu drei Paletten aufnehmen können (Abbildung 1).

Zum Cargocap-System bestehen einige, teilweise detaillierte Umsetzungsuntersuchungen. Zuletzt wurde für die Stadt Bergisch-Gladbach eine Machbarkeitsstudie angekündigt.[4] In 2016 wurde eine Machbarkeitsuntersuchung für die Logistik eines Automotive Unternehmen in Baden-Württemberg erstellt.

Einschätzung: Seit 2002 wird am Cargocap-System gearbeitet, so hat die Ruhr-Universität Bochum in den Jahren 2006 bis 2015 auf einer Modellstrecke die Eigenschaften der Caps getestet. Allerdings ist auch bei bestehenden Umsetzungsuntersuchungen bislang das System über die Entwicklungsphase nicht hinausgekommen.

[4] CargoCap kommt auf den Prüfstand, https://in-gl.de/2019/04/29/fantastisches-verkehrssystem-nimmt-naechste-huerde/

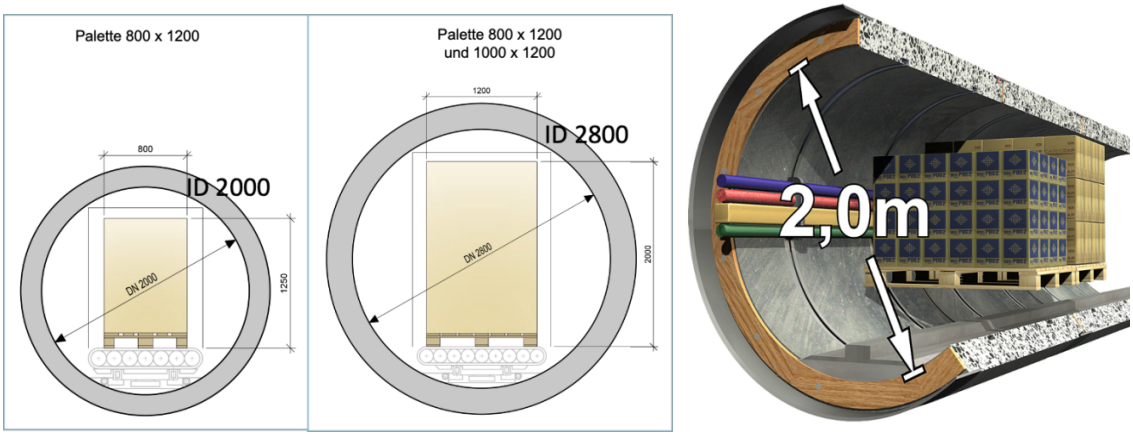
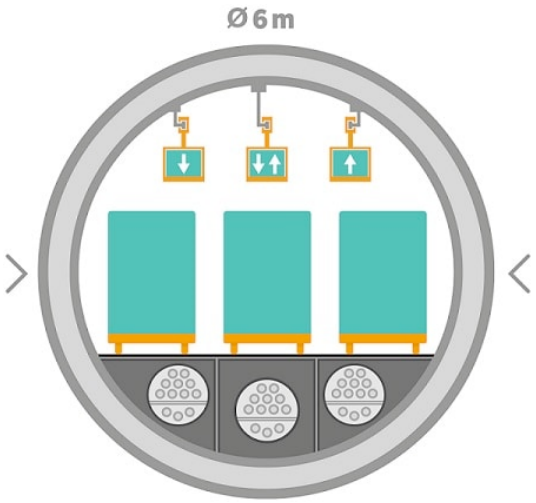


Abbildung 1: Röhrendurchmesser Cargocap, Grundfläche 1,20 m x 2,50 m, Beladungshöhe 2 m in Abhängigkeit zum Röhrendurchmesser[5]

Cargo sous terrain

Das Prinzip von Cargo sous terrain ist ähnlich einem automatischen Fördersystems aufgebaut. In den Tunneln verkehren automatische Transportfahrzeuge, die Güter per Lift an Hubs aufnehmen können, und zwar so, dass der Tunnelbetrieb kontinuierlich und unterbrechungsfrei erfolgen kann. Die Fahrzeuge verfügen über einen elektrischen Antrieb mit Induktionsschiene. Die Tunnel haben einen Durchmesser von 6 Meter und sind für den Betrieb breitspurig ausgelegt (Abbildung 2). Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge beträgt rund 30 km/h.

Nach Abschluss einer Machbarkeitsstudie und der Erarbeitung eines Businessplans wurde im März 2017 die Cargo sous terrain AG gegründet. Hauptaktionäre sind aktuell 18 Unternehmen: BKW, Cargo Tube, Coop, CSD Ingenieure, Hyperloop One, Mettler2Invest, Migros, Die Mobiliar, Die Post, Rhenus Alpina, SAP SE, SBB Cargo, Swisscom, SQS, Zürcher Kantonalbank, Panalpina, Schwendimann AG und der Flughafen Zürich AG.



[5] Stein, D. (2009): CargoCap, Automatischer Gütertransport im Untergrund.

Abbildung 2: Prinzipskizze des Cargo sous terrain Tunnelquerschnittes[6]

Die erste Teilstrecke des Netzwerkes soll über 70 km von Härkingen-Niederbipp nach Zürich führen und bis 2030 realisiert werden. Auf dieser Teilstrecke sind 10 Anschlussstellen (Hubs) geplant. Um die unterirdische Gütertransportanlagen über Kantonsgrenzen hinweg errichten und betreiben zu können, braucht es neue gesetzliche Grundlagen. Der Schweizer Bundesrat hat deswegen im Februar 2020 die Ausarbeitung eines Gesetzes auf den Weg gebracht, das bis Herbst 2020 an das eidgenössische Parlament überwiesen werden soll.

Einschätzung: Die Umsetzung des Cargo sous terrain Systems in der Schweiz ist wahrscheinlich.

SmartCityLoop

Das SmartCityLoop System versteht sich als unterirdisches Logistiksystem auf der vorletzten Meile. Das heißt, dieses Konzept verfolgt eine unterirdische Verteilung von Gütern von einem Güterverteilzentrum (GVZ) am Stadtrand (Warenanlieferung von der Langstrecke) zu City-Hubs in der Innenstadt. Der Transport der Waren erfolgt auf standardisierten Ladungsträgern mittels vollautomatischer Fördertechnik. In Multifunktionszentren, den City-Hubs, werden die Waren in definierten Zeitfenstern zur Feinverteilung angeliefert (Abbildung 3). Die Röhren sind im Zweirichtungsbetrieb befahrbar und verfügen über einen Durchmesser von 4 Metern (Abbildung 4).

Abbildung 3: Prinzipskizze SmartCityLoop (SmartCityLoop GmbH)

[6] Goldlücke, S. (2020): Cargo sous terrain, Vortragsunterlagen, Handelslogistik Kongress Köln

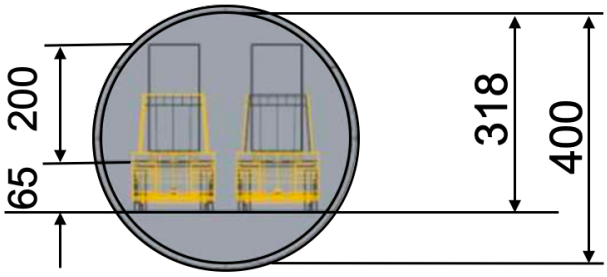


Abbildung 4: Röhrenmaße (cm) SmartCityLoop (2-Richtungen)

Für ein Projekt in der Stadt Hamburg wurde eine Machbarkeitsstudie erarbeitet. Die Studie hat Potenziale aufgezeigt und die Machbarkeit für eine Relation in Hamburg nachgewiesen.[7] Erste mögliche Flächen für ein City-Hub wurden identifiziert, die anstehenden, notwendigen technischen Planungsschritte sind in Vorbereitung Die Studie bildete den Auftakt für die Planungsphase, die seit Oktober 2020 läuft.[8]

Einschätzung: Der Entwicklungsstand des SmartCityLoop Systems lässt auf eine wahrscheinliche Umsetzung schließen, allerdings ist die Realisierung von weiteren Randbedingungen abhängig. Erste Schritt für ein Umsetzungsprojekt in Hamburg initiiert.

Einschätzung der Systeme hinsichtlich ihrer grundlegenden Umsetzungsmöglichkeit in Stuttgart

Eine überschlägige Einschätzung der Übertragbarkeit ist insofern notwendig, als sie bestimmt, mit welchen technischen und wirtschaftlichen Kenngrößen die vorliegende Studie arbeitet.

Da es sich bei allen drei Systemen um jeweils neue unterirdische Infrastruktur handelt, ist zumindest aus technischer Sicht deren grundsätzliche Übertragung auf die Stadt Stuttgart nicht auszuschließen. Dennoch können Eigenschaften aufgeführt werden, die eine Annäherung zur Umsetzungswahrscheinlichkeit erlauben:

[7] SmartCityLoop GmbH, Machbarkeitsstudie Hamburg Ergebnisse, https://www.smartcityloop.de/2020/06/09/machbarkeitsstudie-hamburg/

[8] SmartCityLoop GmbH, Umsetzung in Hamburg in Vorbereitung, https://www.smartcityloop.de/2020/09/23/umsetzung-in-hamburg-in-vorbereitung/.

System	Beurteilung	Grobeinschätzung
Cargocap	Das System ist technisch ausgereift, der Umsetzungsstand des Systems lässt allerdings auf eine eher unwahrscheinliche Realisierung schließen.	Umsetzung eher unwahrscheinlich
Cargo sous terrain	Das System ist technisch ausgereift, allerdings ausgerichtet auf die Verbindung zwischen Städten und weniger auf eine Distributionslogistik im Sinne der vorletzten Meile.	Umsetzung eher unwahrscheinlich
SmartCityLoop	Das System ist technisch ausgereift, der Entwicklungsstand ist vorangeschritten, allerdings gibt es bislang kein realisiertes Projekt. Umsetzung eines Projektes in Hamburg in Vorbereitung.	Umsetzung wahrscheinlich

Tabelle 1: Beurteilung und Grobeinschätzung vorhandener Systeme auf deren Übertragbarkeit für Stuttgart

III Potenzialabschätzung einer unterirdischen Distributionslogistik in Stuttgart unter Berücksichtigung der vorhandenen S21 Infrastruktur

Im folgenden Abschnitt III wird einerseits eine Potenzialabschätzung einer unterirdischen Distributionslogistik vorgenommen und andererseits werden mögliche Relationen aufgezeigt. D.h. zunächst gilt es, das theoretische Potenzial an Gütern bzw. Waren, die zukünftig unterirdisch transportiert werden, zu ermitteln. Im Anschluss werden mögliche unterirdische Strecken der vorhandenen S21 Infrastruktur vorgestellt und diskutiert.

Die Potenzialabschätzung einer unterirdischen Distributionslogistik beruht im Wesentlichen auf einer Abschätzung des Transportvolumens, welches für einen erweiterten Innenstadtbereich als Einzugsbereich eines City-Hubs angenommen werden kann. Die vorhandene S21 Infrastruktur wird insofern berücksichtigt, als die vorgetriebenen Tunnel für Relationen einer unterirdischen Distributionslogistik als Arbeitshypothese herangezogen werden.

Abschätzung des Transportvolumens

Der zweite Arbeitsschritt nimmt die Abschätzung jenes Transportvolumen vor, das als Potenzial für eine unterirdischen Transportlogistik herangezogen werden kann. Das Transportvolumen wird dazu in der Einheit „Packstück[9]“ und/oder „Palette[10]“ berechnet. Auf Grund der mangelnden Datenbasis zu Transportvolumen auf Postleitzahlebene, trifft die Berechnung des potenziellen Transportvolumens der Stadt Stuttgart folgende Annahmen:

1. Es ist davon auszugehen, dass in Deutschland per anno rund 40 Milliarden Packstücke zugestellt werden.[11] Dieses Volumina beinhaltet einerseits ca. 4 Mrd. Sendungen der KEP-

[9] Unter Packstück wird im Rahmen der vorliegenden Studie jegliche Form an Gütern verstanden, die sich auf eine Palette zu einer Einheit gebündelt transportieren lassen.

[10] Unter Palette wird im Rahmen der vorliegenden Studie und Berechnungen eine Europoolpalette, mit den Maßen 1200x800 mm verstanden.

[11] EKUPAC GmbH (2018): Entwicklungen und Trends im Markt der Mehrweg-Transportverpackungen, Köln. In diversen Gesprächen mit Branchenvertretern (hier insbesondere aus der Logistikdienstleistungs- sowie Verpackungswirtschaft) und langjähriger Erfahrung im Logistikumfeld, wird diese Zahl immer wieder validiert. Siehe dazu auch: https://www.epal-pallets.org/eu-de/das-erfolgssystem/epal-system.

Branche[12] – insbesondere aus dem E-Commerce [13, 14]. Andererseits sind hier verpackte, palettierbare Packstücke aus den Bereichen Lebensmittel, Getränke, Non-Food (FMCG), Heimwerken, Bauen, Garten sowie Textil und Gesundheit berücksichtigt. Nicht berücksichtigt sind dabei sogenannte Stück- und Schüttgüter bspw. aus den Branchen Stahl oder Chemie.[15]

2. Durchschnittlich sind 80 Packstücke auf einer Palette gebündelt, so dass sich 40 Milliarden Packstücken auf rund 500 Millionen Paletten bündeln lassen.
3. Diese 500 Millionen Paletten, die in Deutschland per anno umgeschlagen werden[16], dienen als Ausgangsbasis für die vorgenommene Disaggregation auf die Stadt Stuttgart.

Die Disaggregation der angenommenen Gesamtmenge an Paletten in Deutschland basiert auf der Bevölkerungszahl. Nach dem Statistischen Bundesamt, leben in Deutschland im Jahr 2019 rund 83,2 Millionen Menschen. Daraus ergibt sich eine theoretische Anzahl von 481 Packstücken und 6 Paletten je Einwohner per anno, die in Deutschland umgeschlagen werden. Die Stadt Stuttgart zählt rund 615.000 Einwohner. [17] Für Stuttgart kann somit in Summe, bezogen auf die Einwohnerzahl, auf rund 3,7 Millionen Paletten per anno verwiesen werden (siehe dazu Tabelle 2).

	National	Stuttgart
Packstücke p.a.	40.000.000.000	295.598.560
Packstücke je Palette	80	80
Paletten p.a.	500.000.000	3.694.982
Bevölkerung	83.166.711	614.599
Packstücke je Einwohner	481	
Palette je Einwohner	6	

Tabelle 2: Disaggregation: Packstücke und Paletten je Einwohner

Unter Berücksichtigung der vorhandenen „S21 Infrastruktur“ sieht die Arbeitshypothese der vorliegenden Studie vor, dass Teilbereiche des Hauptbahnhofes als sogenanntes „City-Hub“ umgenutzt werden. Von diesem City-Hub sind die Güter, auf der “letzten Meile“ feinzuverteilen und den Empfängern

[12] Sendungen im Bereich Kurier Express Paket (KEP) sind auf ein Gesamtgewicht von ca. 32,5 kg beschränkt.

[13] Hier werden Sendungen zwischen Hersteller/ Handel und Endkonsumenten (B2C) sowie zwischen Hersteller/ Handel und Unternehmenskunden (B2B) betrachtet.

[14] KEP-Studie 2020 – Analyse des Marktes in Deutschland; Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK) (https://www.biek.de/publikationen/studien.html)

[15] Fast Moving Consumer Goods (FMCG) sind sogenannte “Schnelldreher“ im Handel. Zu diesen Gütern gehören im Wesentlichen die Güter des täglichen Bedarfs, also das „typische Supermarktsortiment“.

[16] Unter „Umschlag“ ist in diesem Zusammenhang ein Vorgang zu verstehen, bei dem Güter das Transportmittel wechseln. Dabei sind außer- als auch innerbetriebliche Transporte, wie bspw. vom Schiff auf einen Lkw und vom Förderband auf einen Gabelstapler zu betrachten.

[17] https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/_inhalt.html

zuzustellen. Ebenso sollen Entsorgungsgüter vom City-Hub eingesammelt werden und aus der Innenstadt raustransportiert werden. Es ist anzustreben, dass diese Feinverteilung mit stadtverträglicheren Transportmitteln, wie bspw. E-Scooter, Elektro Lkw, Lastenfahrräder u.a. umgesetzt wird.

Um das potenzielle Transportvolumen auf einen Einzugsbereich eines am Hauptbahnhof gelegenen City-Hubs zu kalkulieren (und damit auch einen Zustell- und Abholbereich festzulegen) wurde ein erweiterter Innenstadtbereich abgegrenzt: Dieser umfasst die Stadtbezirke Stuttgart "Mitte", „Nord“, „Ost“, „Süd“, „West“ und „Botnang“, in denen zusammengenommen rund 211.000 Einwohner leben (siehe dazu Abbildung 5 und Tabelle 3).[18]

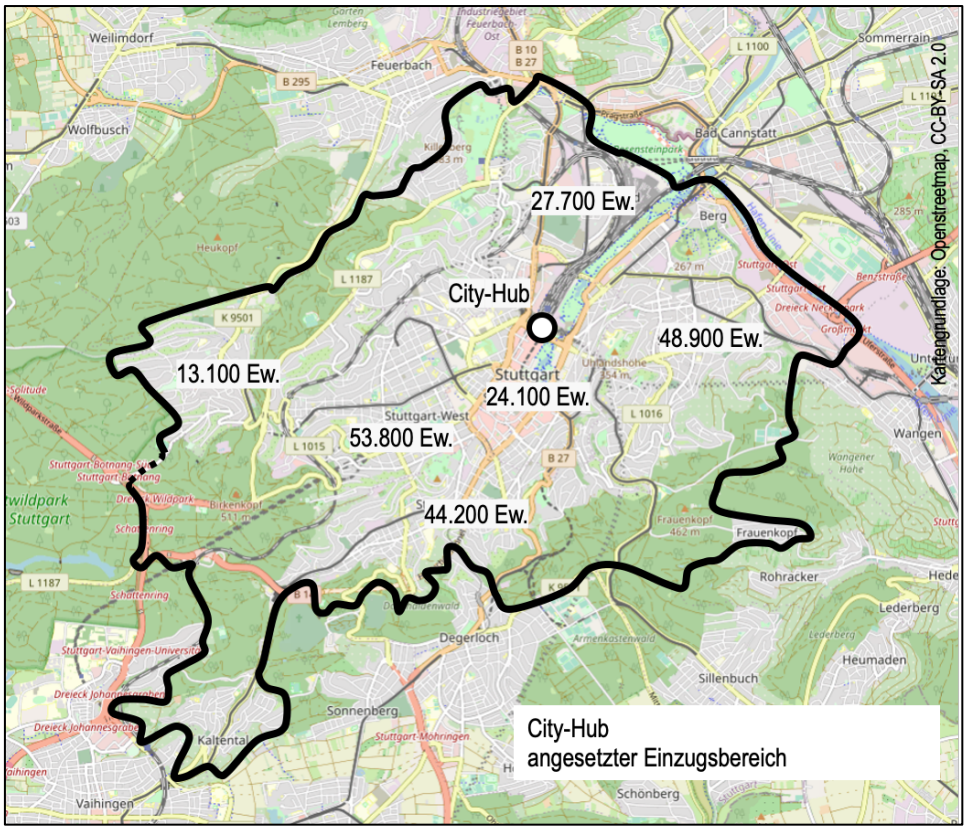


Abbildung 5: Einzugsbereich des City-Hubs mit Einwohnerdaten der zugrunde gelegten Stadtbezirke

[18] Statistik Atlas Stuttgart (https://statistik.stuttgart.de/statistiken/statistikatlas/atlas/atlas.html?indikator=i0&select=00)

Stadtbezirk	Einwohner
Mitte.	24.129
Nord	27.727
Ost	48.929
Süd	44.227
West	52.777
Botnang	13.102
Einzugsbereich	*210.891*

Tabelle 3: Einwohner in den Stadtbezirken und dem Einzugsbereich (Jahr 2019)

Der Einzugsbereich ermöglicht eine Annäherung an das potenzielle Transportvolumen für der erweiterte Innenstadt von Stuttgart: Es ergibt sich eine berechnete Anzahl an Paletten von rund 1,3 Millionen per anno. Um diese Anzahl weiter zu plausibilisieren, wird der Korrekturfaktor „Wirtschaftskraft" – gemessen als Bruttoinlandsprodukt (BIP) – herangezogen. Das BIP pro Kopf in Deutschland im Jahr 2019 betrug rund 41.000 Euro. Im Bundesland Baden-Württemberg (BW) erwirtschafteten die Einwohner ein BIP jeweils in Höhe von rund 47.000 Euro, die Einwohner in Stuttgart ein BIP jeweils in Höhe von rund 51.000 Euro und damit rund 119% im bundesweiten Vergleich.[19] Im Rahmen der Untersuchung wird unterstellt, dass sich diese Wirtschaftskraft im Konsum und damit in der Menge der umgestellten Güter widerspiegelt. Unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl sowie der Wirtschaftskraft ergibt sich eine kalkulatorische Menge an Paletten für den „Einzugsbereich City-Hub", von rund 121 Millionen Packstücken – das entspricht eine Anzahl von 1.509.000 Paletten (siehe Tabelle 4).

	National	Stuttgart	Einzugsbereich
Packstücke p.a.	40.000.000.000	295.598.560	101.430.487
Packstücke je Palette	80	80	80
Paletten p.a.	500.000.000	3.694.982	1.267.881
Bevölkerung	83.166.711	614.599	210.891
Packstücke je Einwohner	481		
Palette je Einwohner	6		
BIP pro Kopf (in Euro)	41.324	51.000	
Unterschied in %		+19%	+19%
Packstücke p.a. (Berücksichtigung BIP)			120.702.280
Paletten p.a. (Berücksichtigung BIP)			1.508.778

Tabelle 4: Packstücke und Paletten je Einwohner im Einzugsbereich und unter Berücksichtigung der Wirtschaftskraft

[19] https://www.statistik-bw.de/GesamtwBranchen/VGR/VW_wirtschaftskraft.jsp und https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/bip-bubbles.html

Für die weitere Betrachtung werden folgende Arbeitshypothesen zur „Röhrenkapazität“ der unterirdischen Distribution aufgestellt:

1. Der Transport der Waren erfolgt auf standardisierten Ladungsträgern (Paletten und Behältern) in beide Richtungen, d.h. es sind zwei Gleise je Röhre vorgesehen. Somit ist ein Röhrendurchmesser von vier Metern erforderlich.
2. Beim Einsatz geeigneter Fördertechnik[20] ist im Zweischichtbetrieb (2x 8 Stunden) von rund 5.000 Paletten am Tag auszugehen. Bei einem Betrieb an 300 Tagen im Jahr ergibt sich somit eine theoretische „Röhrenkapazität“ von rund 1.500.000 Paletten.

Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich für den definierten Einzugsbereich eines City-Hubs Stuttgart, unter Berücksichtigung der Wirtschaftskraft, eine kalkulatorische Menge von 1.508.778 Paletten per anno ergeben (siehe Tabelle 5), die potenziell auf einen unterirdisch Transport verlagert werden könnten. Dieses Gütervolumen entspricht in etwa der angenommenen Röhrenkapazität einer Relation im Zwei-Richtungsbetrieb (siehe Tabelle 6).

	Stuttgart	Einzugsbereich	Einzugsbereich mit Berücksichtigung Wirtschaftskraft
Packstücke p.a.	295.598.560	101.430.487	120.702.280
Paletten p.a	3.694.982	1.267.881	1.508.778

Tabelle 5: Zusammenfassung Packstücke und Paletten je Einwohner

	Röhrenkapazität
Paletten/ Tag	5.000
Arbeitstage	300
Paletten p.a	1.500.000

Tabelle 6: Angenommene Röhrenkapazität

Aufzeigen von möglichen Relationen

Das Bauvorhaben Stuttgart 21 projektiert eine Tunnelstrecke von 58,8 km. Von dieser projektierten Strecke sind aktuell 50,5 km vorgetrieben (09/2020). Die vorliegende Studie zur Potenzialabschätzung geht von der Annahme einer Umnutzung von Teilen der vorgetriebenen Tunnel für die unterirdische

[20] Siehe hierzu bspw. KION GROUP AG

Distributionslogistik aus. D.h. die Arbeitshypothese der Untersuchung besteht darin, dass die vorgetriebenen Tunnel als Ausgangsbasis für die Infrastruktur einer unterirdischen Güterlogistik herangezogen werden. Das Szenario sieht dabei den Transport palettierter Waren von einem Güterverteilzentrum (GVZ) an einer Stadtrandlage über einen bereits vorgetriebenen Tunnel zu einem sog. City-Hub am Hauptbahnhof in die Innenstadt vor. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich bei Betrachtungen mehrerer Relationen, das berechnete Transportvolumen entsprechend aufteilt.

Das Tunnelsystem von Stuttgart 21 erlaubt die Betrachtung von drei möglichen Relationen (siehe Abbildung 6):

1. Aus Richtung Nord in die Innenstadt über den Tunnel aus Feuerbach,
2. aus Richtung Ost über den Tunnel aus Untertürkheim sowie
3. aus Richtung Süden über den Fildertunnel.

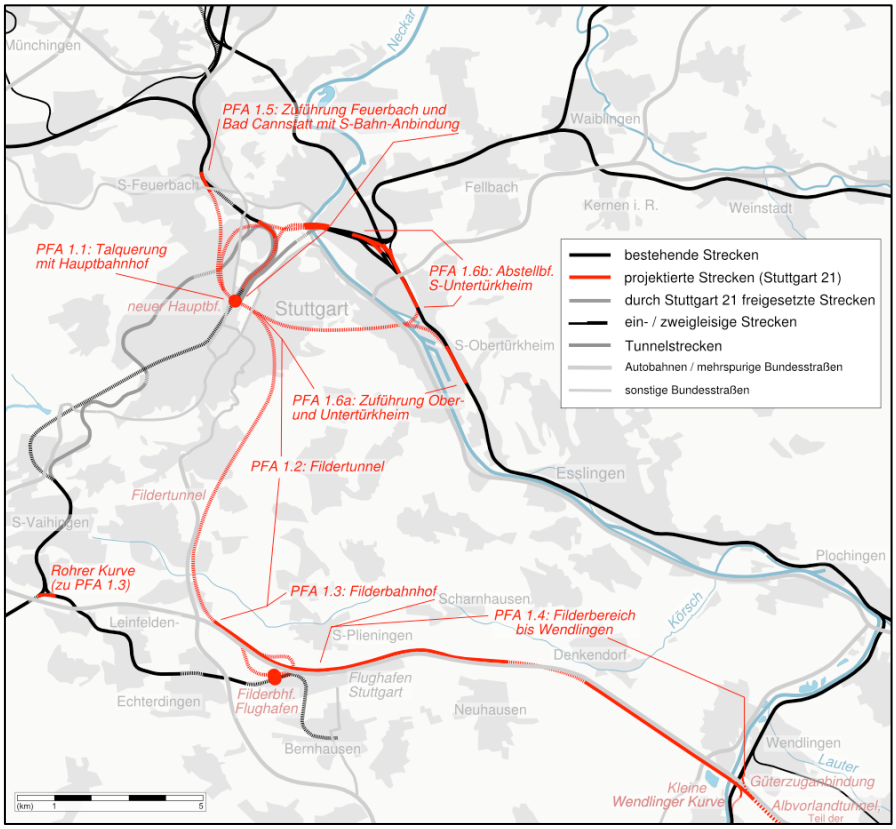


Abbildung 6: Planfeststellungsabschnitte (PFA) des Projekts Stuttgart 21[21]

[21] Jähne, Wikimedia Commons

Die weiteren Betrachtungen beziehen sich auf drei Varianten der Zuführung (Abbildung 7 bis Abbildung 9):

Relation A: Untertürkheim - Hauptbahnhof (Tunnel: 5,3 km; Straße ca. 6 km)

Relation B: A8 - Hauptbahnhof (Tunnel: 9,6 km; Straße ca. 11 km)

Relation A/B: Kombination A8 - Hauptbahnhof - Untertürkheim

Die Relation A soll die Zuführung paletierbarer Waren aus dem Osten über Obertürkheim abbilden, während Relation B aus Süden von der A8 kommenden die Waren zum City-Hub führt. Die Arbeitshypothese unterstellt, dass die Verlagerung von der Straße in das unterirdische Distributionssystem über ein GVZ erfolgt. Waren die bislang in die Innenstadt auf der Straße zugeführt wurden, werden dann zum GVZ über die bestehenden Tunnel transportiert. Das kann zu Umwegen für einige Transportströme führen, die das GVZ aus entgegengesetzten Richtungen anfahren. Aus diesem Grund wurde die Relation A/B aufgenommen. Die Relation A/B kombiniert die Zufuhr von Waren aus Richtung Osten und Süden. Zudem wird mit der Relation A/B annäherungsweise die Systemwirkung einer Kombination von zwei Relationen abgebildet.

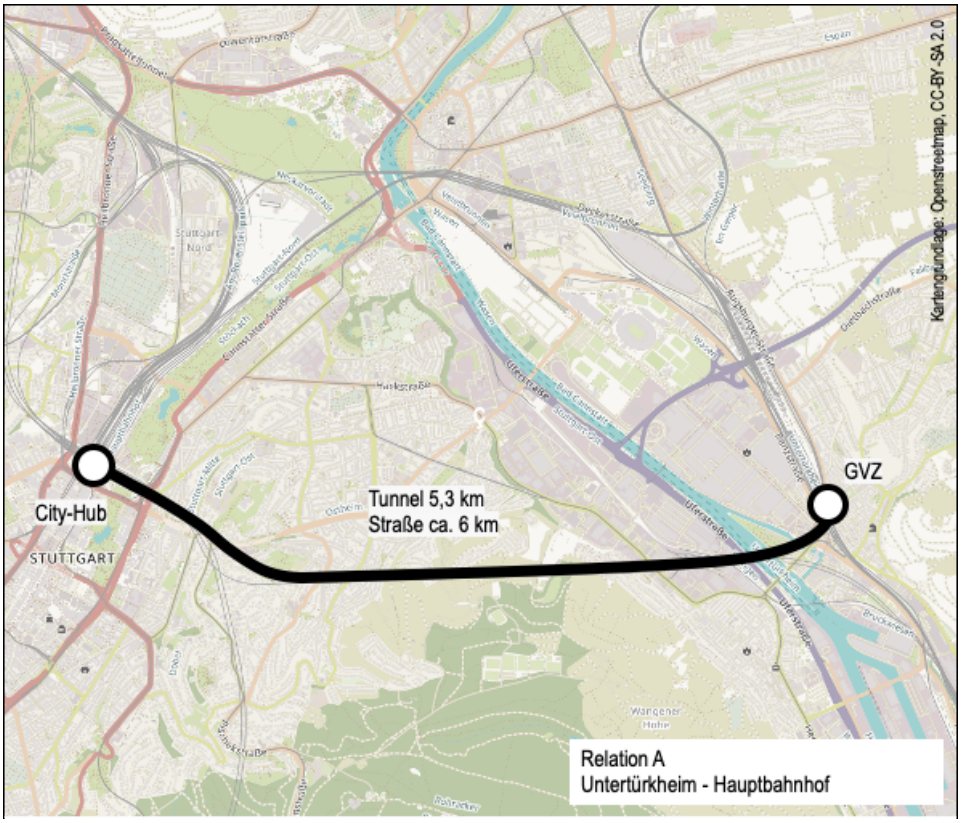


Abbildung 7: Relation A: Untertürkheim - Hauptbahnhof

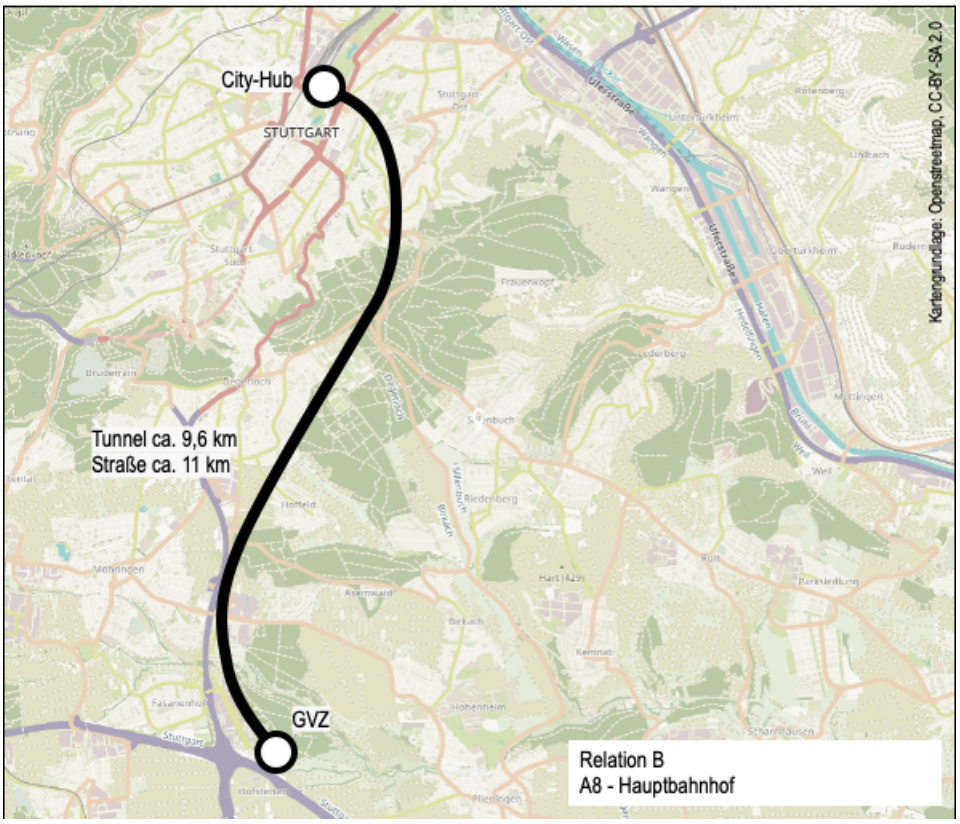


Abbildung 8: Relation B: A8 - Hauptbahnhof

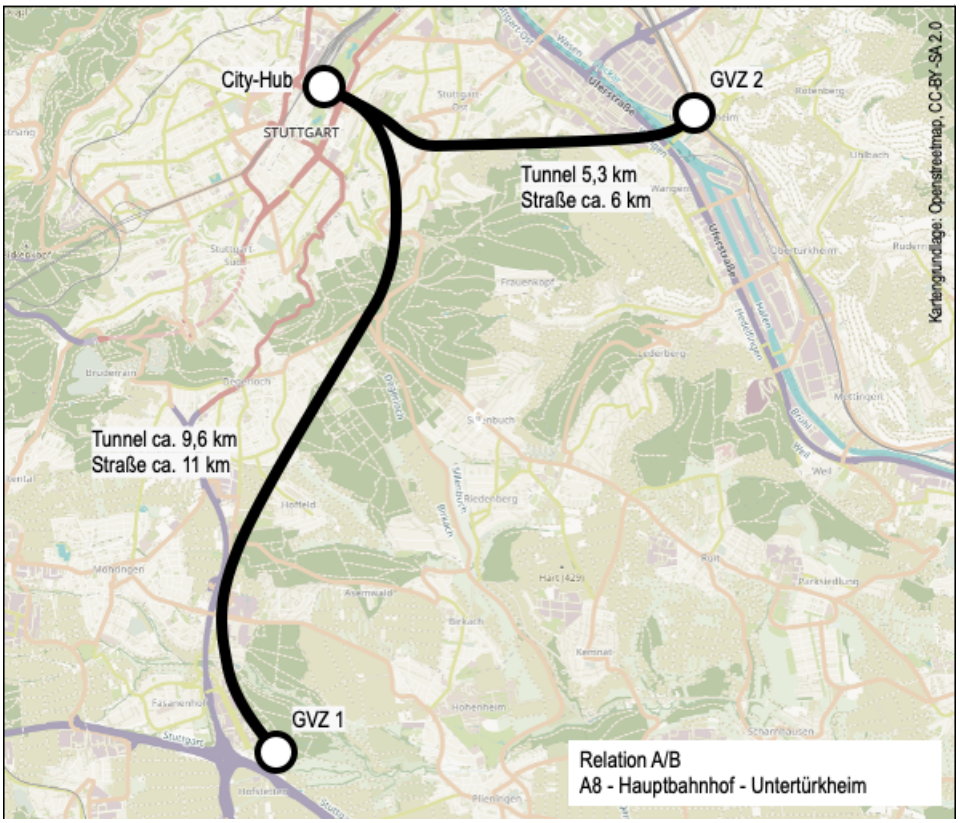


Abbildung 9: Relation A/B: Kombination A8 - Hauptbahnhof - Untertürkheim

IV Abschätzung der Wirtschaftlichkeit

Die Berechnungen des vorherigen Arbeitsschrittes ermöglichen eine überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die im Folgenden aufgestellte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt einerseits (a) die Aufwände und andererseits (b) mögliche, kalkulatorische Erträge. Bei den Aufwänden handelt es sich um Investitionen, die Absetzung für Abnutzung (Afa), Zinszahlungen sowie operative Kosten. Die Erträge bilden einen notwendigen Mindestumsatz je Palette ab.

Die exemplarische Kalkulation bezieht sich wiederum auf die jeweiligen Übergabepunkte der Güter in einem definierten Güterverteilzentrum (GVZ) und dem City-Hub. D.h. für die Abbildung insbesondere der Investitionen und der operativen Kosten werden die Tunnellängen der betrachteten Relationen herangezogen.

Investitionen

Die wesentlichen Investitionen betreffen den Bau des Tunnels und notwendiger Peripherie (wie Be- und Entlüftung, Rettungswege, u.a.), die Fördertechnik sowie die IT-Infrastruktur und Software. Es ist davon auszugehen, dass ein Tunnelneubau zzgl. Peripherie rund 24 Millionen Euro je km kostet.[22] Dabei verteilen sich ca. 2/3 der Kosten auf den Bau des Tunnels und ca. 1/3 auf den Bau der Zu- und Ausgänge. Da die Arbeitshypothese im betrachteten Fall die vorhandene Infrastruktur als gegeben annimmt, werden deren Herstellungskosten aus der Kalkulation herausgenommen. Die Anpassung bzw. Konfiguration der Röhre werden allerdings mit 10% der Tunnelbaukosten (ohne Zu- und Abgänge) angesetzt. Somit ergeben sich je Tunnel-km kalkulatorische Investitionskosten in Höhe von rund 9,6 Millionen Euro. Für die Fördertechnik ist eine Investition in Höhe von 3 Millionen Euro je km und für die IT Infrastruktur zzgl. lizenzabhängige Software eine Investition in Höhe von 600.000 Euro zu kalkulieren.

[22] Aus Gesprächen mit Branchenvertretern, hat sich dieser Kostensatz konkretisiert. Im nächsten Schritt des Gesamtvorhabens ist dringend zu empfehlen, ein Gutachten zu den Investitionserfordernissen erstellen zu lassen. Ein möglicher Ansprechpartner ist das Unternehmen WTM Engineers GmbH. Siehe dazu: https://www.wtm-engineers.de/.

Afa und Zinsen

Die Investition des Tunnelbaus sind über 30 Jahre, die Fördertechnik über 10 und die IT Infrastruktur sowie Software über 7 Jahre abzuschreiben.[23] Die Zinsbelastung ist abhängig von der Kapitalstruktur: Für die hier vorgenommene Kalkulation wird eine Förderung durch das Land Baden-Württemberg, den Bund sowie der EU in Höhe von 50% angenommen und ein Fremdkapitalanteil von 50% bei einem Zins von 2%.[24] Sollten andere Fördermittelanteile angesetzt werden, variieren die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gemäß der Anteilsverschiebung. Entsprechend der Kalkulation der zu tätigenden Investitionen je Tunnel-km ergeben sich Kosten für Afa und Zins in Höhe von rund 838.000 Euro per anno.

Operative Kosten

Im laufenden Betrieb fallen Kosten für Energie, Instandhaltung, Personal und IT an. Diese belaufen sich je km auf 216.000 Euro per anno (siehe dazu Tabelle 7).

	Investition (in Euro)	Afa (p.a. in Euro)	Zinsen (p.a. in Euro)	operative Kosten (p.a. in Euro)
Tunnel & Peripherie	9.600.000	320.000		
Fördertechnik	3.000.000	300.000		
IT Infrastruktur & Software	600.000	86.000		
Energie				60.000
Instandhaltung				40.000
Personal				100.000
IT				16.000
Summe	*13.200.000*	*706.000*	*132.000*	*216.000*

Tabelle 7: Exemplarische Kalkulation der Investitionsmittel und operativen Kosten je km

[23] Siehe „Bundesministerium der Finanzen“, AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV"), Aktenzeichen IV D 2-S 1551-188/00, B/2-2-337/2000-S 1551A, S 1551-88/00, AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Personen- und Güterbeförderung (im Straßen- und Schienenverkehr)" sowie https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Steuern/Steuerverwaltungu-Steuerrecht/Betriebspruefung/AfA_Tabellen/afa_tabellen.html

[24] Im Rahmen einer ausführlichen Machbarkeitsuntersuchung ist zu empfehlen, sämtliche Kapitalkosten (Weighted Average Cost of Capital – WACC) zu berücksichtigen. Neben den Fremdkapitalkosten (Zins) sind bei Investitionsentscheidungen auch sogenannte Eigenkapitalkosten zu kalkulieren.

Szenarien der Verlagerung

Entsprechend der zuvor definierten Szenarien A, B und C werden im Folgenden die Berechnungen zu den Verlagerungseffekten angestellt. Die Szenarien berücksichtigen Annahmen der Auslastung des unterirdischen Transportsystems sowie der Strecke entsprechend der aufgezeigten Relationen im Abschnitt III. Folgende drei Szenarien dienen als weitere Arbeitshypothese:

Szenario A:

- Relation A: Untertürkheim – Hauptbahnhof mit einer Tunnelstrecke von 5,3 km
- 100 % Auslastung der „Röhrenkapazität“

Szenario B:

- Relation A: Untertürkheim – Hauptbahnhof mit einer Tunnelstrecke von 5,3 km
- 70 % Auslastung der „Röhrenkapazität“

Szenario C:

- Relation A: Untertürkheim – Hauptbahnhof mit einer Tunnelstrecke von 5,3 km
- 30 % Auslastung der „Röhrenkapazität“

Erträge/ Mindestumsatz je Palette

Je nach Auslastung ergibt sich ein unterschiedlicher Kostensatz je Palette. Unter Berücksichtigung einer geplanten Marge für den Betreiber des Systems von 15%, ist es möglich, sich kalkulatorisch dem Mindestumsatz je transportierter Palette anzunähern. Gemäß den Annahmen, die über die drei Szenarien aufgestellt wurden, und entsprechender Menge an zu transportierenden Paletten ergeben sich Mindestumsätze (Einstandspreise) je Palette in einer Spannbreite von 4,28 Euro bis 14,19 Euro. Die Berechnungsergebnisse je Szenario sind in der nachstehenden Tabelle 8 dargestellt:

	Investition (in Euro)	Afa (p.a. in Euro)	Zinsen (p.a. in Euro)	operative Kosten (p.a. in Euro)
Tunnel & Peripherie	48.000.000	1.600.000		
Fördertechnik	15.000.000	1.500.000		
IT Infrastruktur & Software	3.000.000	429.000		
Energie				300.000
Instandhaltung				200.000
Personal				500.000
IT				80.000
Summe	66.000.000	3.529.000	660.000	1.080.000
Palettenbetrachtung	Szenario A	Szenario B	Szenario C	
Paletten p.a	1.500.000	1.056.145	452.634	
Kostensatz je Palette	3,72 €	5,29 €	12,34 €	
Marge	15%	15%	15%	
Mindestumsatz je Palette	4,28 €	6,08 €	14,19 €	

Tabelle 8: Kalkulation je Szenario auf Palettenebene

Interpretation der Berechnungen

Die Berechnungen basieren auf einigen Arbeitshypothesen, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Zum einen sind es die Investitionssummen, Afa und Zinsen sowie die operativen Kosten. Zum anderen wird angenommen, dass Fördermittel in Höhe von rund 50% zur Finanzierung des Vorhabens gewonnen werden können. Des Weiteren wirkt sich die Höhe der Marge unmittelbar auf den Kostensatz je Palette aus. Beispielsweise lässt sich durch die Reduktion der Marge um 5%-Punkte auf 10%, bei einer Auslastung des Systems von 70%, ein Preis von 5,82 Euro je Palette erzielen. Marktübliche Frachtkosten für einen „Gesamtprozess“[25] liegen je nach Relation zwischen 25 Euro und 50 Euro je Palette. Entsprechend sind rund 6 Euro je Palette ein wettbewerbsfähiger Preis für die im Rahmen des Vorhabens betrachtetet „Vorletzte Meile“.

[25] Unter Gesamtprozess ist in diesem Zusammenhang Vor-, Haupt- und Nachlauf zu verstehen.

V Mögliche Effekte hinsichtlich der Verlagerung von Verkehrsströmen

Die Abschätzung von Verlagerungseffekten nimmt die Ergebnisse der Potentialberechnung als wesentliche Eingangsgröße zur Grundlage und legt sie auf die Verkehrsleistung im Lkw-Verkehr um. Idealerweise nutzt die Kalkulation von Verlagerungseffekten ein differenzierte Verkehrssimulation. Ein solche Simulation war für die vorliegende Studie nicht verfügbar, weswegen wiederum über Annahmen ein Mengenmodell aufgestellt wurde. Die Modellberechnung geht dabei in mehreren Stufen vor:

1. Zunächst werden in einem ersten Schritt die Anzahl der abgeschätzten Paletten auf verschiedene Lkw-Klassen umgelegt,
2. im zweiten Schritt rechnet das Modell die Anzahl der Kilometer hoch, die die Fahrzeuge für den Transport der Paletten auf der gewählten Relation zurücklegen würden, um
3. im dritten Schritt mit diesem Mengengerüst eine Hochrechnung eingesparter CO_2 Emissionen bei einer Verlagerung in den Untergrund vorzunehmen.

Da ein solches Vorgehen allenfalls eine Spannbreite möglicher Verlagerungen aufzeigen kann, geht das Verfahren von verschiedenen Zuständen aus, die als Szenarien ausgestaltet sind.

Annahmen der Modellberechnung zur Abschätzung von Verlagerungseffekten

Für den Gütertransport im Stadtgebiet von Stuttgart wird angenommen, dass sich die Fahrzeugflotte der verschiedenen Lkw-Gewichtsklassen (von 3,5 bis 40 Tonnen) im gleichen Verhältnis zusammensetzt, wie sie die Statistik der Fahrzeugzulassung für den Bestand an Nutzfahrzeugen bundesweit ausgibt – die Annahme nimmt den Anteil gemeldeter Lkw-Klassen und legt sie als prozentuale Verteilung im Güterkraftverkehr um. Eine Besonderheit liegt dabei bei der Lkw-Gewichtsklasse bis 3,5 Tonnen. Die Fahrzeuge dieser Gewichtsklasse werden im besonderen Maße für eine Vielzahl an Zwecke eingesetzt, ein Bruchteil dient ausschließlich dem Gütertransport. Für die Berechnung wird ein Anteil von 20% der zugelassenen Fahrzeuge der Gewichtsklasse 3,5 t für den Transport palitierbarer Güter geschätzt und in der weiteren Kalkulation berücksichtigt. Aus der Zulassungsstatistik ergibt sich die in Tabelle 9 aufgeführten Annahmen zur prozentualen Verteilung der Gewichtsklassen im Güterkraftverkehr.

Lkw-Klasse	Anteil	Paletten je Fzg. (100%)	Paletten je Fzg. (70%)
3,5 t	49%	8	6
7,5 t	30%	15	11
12 t	9%	18	13
40 t	11%	34	24

Tabelle 9: Annahme der prozentualen Verteilung der Gewichtsklassen im Güterkraftverkehr (eigene Berechnung, Schätzung: 20% anteilig gemeldeter Fahrzeuge < 3,5t. Daten: Kraftfahrtbundesamt)

Ebenfalls enthält Tabelle 9 die durchschnittlichen Kapazitäten je Lkw-Klasse für den Transport an Paletten, und zwar bei einer Auslastung von 100% und 70%. Die angenommene Auslastung ist ein zweiter Schätzwert. Da nicht von einer durgehenden Vollauslastung ausgegangen werden kann, nimmt das Modell eine Auslastung von 70% der Beförderungskapazitäten je Lkw-Klasse an.

Szenarien der Verlagerung

Die Abschätzung verlangt Annahmen für weitere Unbekannte: Neben der Auslastung handelt es sich dabei um den Anteil der Paletten, die künftig ein unterirdisches Transportsystem aufnimmt (vgl. auch die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im vorangegangenen Abschnitt). Die Höhe des Anteils verlagerter Paletten wird dabei wesentlich von verschieden Randbedingungen beeinflusst. Das können begleitende Maßnahmen der Stadt oder des Landes sein, die den Transport auf der Straße verteuern oder erschweren und damit eine Verlagerung begünstigen. Um die Spannbreite möglicher Effekte aufzeigen zu können, geht das Verfahren von Szenarien der Verlagerung aus. Für jede der betrachteten Relationen werden dabei folgende drei Bedingungen angenommen:

Szenario A:

- 100 % Verlagerung potenzieller Paletten auf ein unterirdisches Transportsystem
- 70 % Auslastung der Lkw, deren Güter verlagert werden

Szenario B:

- 70 % Verlagerung potenzieller Paletten auf ein unterirdisches Transportsystem
- 70 % Auslastung der Lkw, deren Güter verlagert werden

Szenario C:

- 30 % Verlagerung potenzieller Paletten auf ein unterirdisches Transportsystem
- 70 % Auslastung der Lkw, deren Güter verlagert werden

Die Distanz der Verlagerung ist gleich der Distanz, die auf der Straße zwischen den angesetzten Güterzentrum (Einstiegspunkt) zum City-Hub (Ausstiegspunkt) zurückgelegt werden müsste:

Relation A: Untertürkheim-Hauptbahnhof: 6 km

Relation B: A8-Hauptbahnhof: 11 km.

Ermittlung möglicher eingesparter Treibhausgasemissionen

Die möglichen Effekte bei den Treibhausgasemissionen wurden über Umrechnungsfaktoren abgeschätzt. Ausgangsgrößen sind dabei die ermittelte Verkehrsleistung, durchschnittliche Verbrauchswerte je Lkw-Klasse sowie spezifische Emissionsfaktoren. Bei den Emissionsfaktoren wurden die Kennwerte für Dieselkraftstoff mit 6% Volumenanteil Biodiesel angesetzt: 3,16 kg CO_2e/l Well-to-Wheel (W2W) sowie 2,51 kg CO_2e/l Tank-to-Wheel (T2W).[26,27] Alle zugrundeliegenden Faktoren können der Tabelle 10 entnommen werden.

Lkw-Klasse	Verbrauch l je 100 km	kg CO_2e auf 100 km (W2W)	kg CO_2e auf 100 km (T2W)
3,5 t	13	41	33
7,5 t	16,9	53	42
12 t	19,3	61	48
40 t	22,07	70	55

Tabelle 10: Faktoren zur Abschätzung der THG-Emissionen: angenommener spezifischer Kraftstoffverbrauch (Diesel)[28] und THG-Emissionen auf 100km je Lkw-Gewichtsklasse

Zusammenfassung der Berechnungsergebnis

Die Berechnung geht von einem Potential an ca. 1.509.000 Paletten für das erweiterte Stadtzentrum von Stuttgart aus (siehe Abschnitt III). Die überschlägige Modellberechnung der Verlagerung von der Straße auf ein unterirdisches Transportsystem kommt zu folgenden Ergebnissen:

[26] Faktoren aus: Deutsches Institut für Normung e. V. (2012): Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr); Deutsche Fassung EN 16258:2012

[27] Der „Well-to-Wheel“ Ansatz berücksichtigt auch die Emissionen, die im Zusammenhang mit den Energieprozessen der bei Fahrzeugen eingesetzten Kraftstoffe verwendet werden (also einschließlich etwa von Produktion und Verteilung von Kraftstoffen). Der „Tank-to-Wheel“ Ansatz berücksichtigt die Emissionen, die allein beim Verbrauch der Kraftstoffe durch ein Fahrzeug anfallen – der Tank-to-Wheel Faktor ist deswegen kleiner.

[28] Verbrauchswerte aus: Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (2013): Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258, Bonn

Relation A (6 km)

- Vermeidung von Lkw km p.a.: 699.000 bis 2.331.000 km
- Vermeidung von THG-E W2W p.a.: 322 bis 1.070 t CO_2e

Relation B (11 km)

- Vermeidung von Lkw km p.a.: 1.282.000 bis 4.274.000 km
- Vermeidung von THG-E W2W p.a.: 590 bis 1.970 t CO_2e

Relation A (6 km, 40%) und B (11 km, 60%)

- Vermeidung von Lkw km p.a.: 1.049.000 bis 3.497.000 km
- Vermeidung von THG-E W2W p.a.: 383 bis 1.278 t CO_2e

Die Berechnungsergebnisse je Relation und Szenario sind in den Tabelle 11 bis Tabelle 19 auf den folgenden Seiten enthalten.

Die Reduktion von Treibhausgasemissionen ist allein ein Effekt im Stadtverkehr, der sich aus der Verlagerung ergeben würde. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Vermeidung von 699.000 bis 4.274.000 zurückgelegten Lkw-km pro Jahr im erweiterten Innenstadtbereich von Stuttgart sich entsprechend auf die Werte für Lärm und Feinstaubwerten sowie der Verkehrsbelastung auswirkt. Um auch zu diesen Effekten verlässliche Aussagen generieren zu können, ist eine Verkehrssimulation mit Mengendaten erforderlich.

Verlagerungspotenzial von Lkw-km und Einsparpotential von THG-Emissionen

Relation A: Untertürkheim-Hbf.

Anzahl Paletten: 1.508.778			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	1.593.777	654.723	520.049
7,5t	517.328	276.274	219.446
12t	133.928	81.680	64.879
40t	86.586	60.386	47.965
Gesamt:	*2.331.619*	*1.073.064*	*852.339*

Tabelle 11: Szenario 1 - 100% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A

Anzahl Paletten: 1.056.145			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	1.115.644	458.306	364.035
7,5t	362.130	193.392	153.612
12t	93.750	57.176	45.415
40t	60.610	42.270	33.576
Gesamt:	*1.632.133*	*751.145*	*596.637*

Tabelle 12: Szenario 2 - 70% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A

Anzahl Paletten: 452.634			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	478.133	196.417	156.015
7,5t	155.199	82.882	65.834
12t	40.178	24.504	19.464
40t	25.976	18.116	14.390
Gesamt:	*699.486*	*321.919*	*255.702*

Tabelle 13: Szenario 3 - 30% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A

Relation B: A8-Hbf.

Anzahl Paletten: 1.508.778			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	2.921.924	1.200.326	953.424
7,5t	948.435	506.502	402.317
12t	245.535	149.747	118.944
40t	158.742	110.708	87.936
Gesamt:	*4.274.635*	*1.967.284*	*1.562.621*

Tabelle 14: Szenario 1 - 100% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation B

Anzahl Paletten: 1.056.145			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	2.045.347	840.228	667.397
7,5t	663.905	354.552	281.622
12t	171.874	104.823	83.261
40t	111.119	77.496	61.555
Gesamt:	*2.992.245*	*1.377.098*	*1.093.835*

Tabelle 15: Szenario 2 - 70% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation B

Anzahl Paletten: 452.634			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	876.577	360.098	286.027
7,5t	284.531	151.951	120.695
12t	73.660	44.924	35.683
40t	47.622	33.212	26.381
Gesamt:	*1.282.391*	*590.185*	*468.786*

Tabelle 16: Szenario 3 - 30% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation B

Relation A/B: Kombination A8-Hbf.-Untertürkheim

Anzahl Paletten: 1.508.778			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	2.390.665	982.085	780.074
7,5t	775.993	414.411	329.168
12t	200.892	122.520	97.318
40t	129.879	90.579	71.948
Gesamt:	*3.497.429*	*1.609.596*	*1.278.508*

Tabelle 17: Szenario 1 - 100% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A/B

Anzahl Paletten: 1.056.145			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	1.673.465	687.460	546.052
7,5t	543.195	290.088	230.418
12t	140.624	85.764	68.123
40t	90.916	63.406	50.363
Gesamt:	*2.448.200*	*1.126.717*	*894.956*

Tabelle 18: Szenario 2 - 70% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A/B

Anzahl Paletten: 452.634			
Lkw-Klasse	**Lkw-km**	**kg CO_2e (W2W)**	**kg CO_2e (T2W)**
3,5t	717.199	294.626	234.022
7,5t	232.798	124.323	98.750
12t	60.268	36.756	29.195
40t	38.964	27.174	21.584
Gesamt:	*1.049.229*	*482.879*	*383.552*

Tabelle 19: Szenario 3 - 30% Verlagerung potenzieller Paletten im Einzugsgebiet City-HUB, Relation A/B

VI Rahmenbedingungen

Unabhängig der Modellbetrachtung zur Abbildung von Plausibilitäten, können einige Rahmenbedingungen für eine unterirdische Distributionslogistik festgehalten werden, die sich insbesondere aus der Situation bereits hergestellter, umfangreicher Infrastruktur in Stuttgart ergeben.

Erweiterung auf ein System

Die bereits hergestellte, umfangreiche S21-Infrastruktur erlaubt, das Szenario auf eine unterirdischen Distributionslogistik für Stuttgart mit Netzcharakter auszuweiten. Die bisherige Arbeitshypothese geht von ein bis zwei Relationen mit einem City-Hub am Hauptbahnhof aus. Das potentiale Transportvolumen ist dabei vor allem durch den Einzugsbereich des City-Hubs determiniert.

Sollten die entsprechenden Voraussetzungen gegeben sein, könnten die vorhandenen Tunnelanlagen für die hier angedachte unterirdische Distributionslogistik über mehrere Ausbaustufen in ein System überführt werden. Das Tunnelsystem von Stuttgart 21 erlaubt drei mögliche Hauptrelationen zwischen von der Peripherie in das Stadtzentrum: Aus Richtung Nord in die Innenstadt über den Tunnel aus Feuerbach, aus Richtung Ost über den Tunnel aus Untertürkheim sowie aus Richtung Süden über den Fildertunnel (siehe Abbildung 6 in Abschnitt III).

Eine unterirdische Distributionslogistik mit Netzcharakter könnte folgende Elemente integrieren:

1. Zwischenanschläge entlang der Strecke könnten wiederum die Potentiale weiterer Stadtbezirke heben. Denkbar wäre etwa ein Zu- und Ausgangschacht im Verlauf des Fildertunnels zur Erschließung des Stadtbezirks Degerloch mit 16.700 Einwohnern. Aber auch dieser Ansatz bedarf einer genaueren Untersuchung hinsichtlich technischer und wirtschaftlicher Machbarkeit.
2. Die weitere Betrachtung sollte den Anwendungsfall auf die verladene Industrie inklusive der Werksverkehre der Stuttgarter Industrieunternehmen erweitern. Hier sind eigene Betrachtungen notwendig, um ggf. entsprechende Potenziale aufzeigen zu können.
3. Die im System integrierten GVZ können ihre originäre Funktion – Umschlag auf das unterirdische System – ergänzen, indem es auch als eigenes Distributionszentrum einen eigenen Einzugsbereich erschließt. Die Waren also nicht allein in das unterirdische System umschlägt,

sondern Güter, deren Sendungsziel im Einzugsbereich des GVZ liegen, bereits auf Fahrzeuge der letzten Meile zur Verteilung für Fahrzeuge der letzten Meile bereitstellt.

4. Letztlich eröffnet die hergestellte Infrastruktur und die Dimensionierung der Tunnel auch die Szenarien mit weiteren Nutzungsfunktionen – so könnten Rohrleitungen Flüssiggüter aufnehmen oder ein paralleles, unabhängiges System übernimmt den Transport von Abfällen. Welche Funktionen konkret möglich sind und ob sie sich technisch wie wirtschaftlich umsetzen lassen, wäre Aufgabe weiterer Betrachtungen.

Voraussetzung für die Beurteilung, ob sich die unterirdische Distributionslogistik als System aus diesen drei Hauptrelationen oder möglichen weiteren Relationen betreiben ließe, besteht vor allem in einer Überprüfung der gegebenen Transportströme in Stuttgart und deren Potential für eine Verlagerung, die über die Modelbetrachtung hinausgehen.

Betreibermodelle

Für den Betrieb der Infrastruktur und die Durchführung der Transportdienstleistung sind prinzipiell vier Betreibermodelle vorstellbar. Grundlegend ist dabei die Rolle der öffentlichen Hand, also ob die technischen Komponenten, vor allem die Tunnel, als öffentliche oder als private Infrastruktur angelegt sind. Von dieser Teilung ausgehend lassen sich folgende vier Betreibermodelle andenken:

1. *Logistikdienstleister:* Betrieb der Infrastruktur und die Durchführung der Transportdienstleistung liegt in der Hand eines Transportdienstleisters (oder mehrerer), welches die Dienstleistung auf eigenes Risiko und mit eigenen Mitteln erbringt – ggf. wird der Logistikdienstleistung durch Investoren finanziell unterstützt.
2. *Konsortium aus Verlader, Dienstleister und Investoren:* Die verladende Industrie, Einzelhandel, Transportdienstleister und Investoren schließen sich zu einem Konsortium zusammen, gründen ggf. ein gemeinsames Tochterunternehmen, das den Betrieb und die Dienstleistung übernimmt.
3. *Private-Public-Partnership:* Der Betrieb erfolgt in Form eines Joint Ventures zwischen Privatunternehmen und öffentlicher Körperschaft.
4. *Öffentliche Körperschaft:* Infrastruktur und Betrieb liegt bei der öffentlichen Hand, ggf. delegiert die öffentliche Körperschaft über ein Lizenzmodell die Transportdienstleistung an ein Privatunternehmen.

Verkehrspolitische Steuerungsmaßnahmen

Neben der monetären Betrachtung in Abschnitt IV, sind qualitative Aspekte einer unterirdischen Distributionslogistik und der damit einhergehenden Verkehrsverlagerung zu berücksichtigen. Es ist mit einem weiteren Anstieg des Verkehrsaufkommens auf Deutschlands Straßen und insbesondere im Raum Stuttgart zu rechnen.[29] Entsprechend ist davon auszugehen, dass eine unterirdische Distribution von Gütern zu einer verkehrlichen Wirkung, in Form der Entlastung der Straßeninfrastruktur, beiträgt. Neben einer Verkehrsreduktion und Stauvermeidung ist davon auszugehen, dass auf Grund der separaten Infrastruktur nur für Güter, sich die Güterzustellprozesse sehr viel effizienter (verbindlich und pünktlich) gestalten lassen. Das ifo Institut München stellt in einer veröffentlichen Studie, die Empfehlung einer City Maut vor, die die Studie als „Anti-Stau-Gebühr" bezeichnet.[30] Diese und ähnliche Instrumente der Verkehrssteuerung – bis hin zu (weiteren) Fahrverboten – sind bei der Gesamtbetrachtung eines unterirdischen Systems zu berücksichtigen.

[29] Siehe dazu beispielsweise die „Verkehrszählungen am Stuttgarter Kesselrand" vom Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, Landeshauptstadt Stuttgart.

[30] ifo Institut, München: ifo Forschungsberichte / 115 / 2020 - Verkehrliche Wirkungen einer Anti-Stau-Gebühr in München.

VII Unterirdische Distributionslogistik für Stuttgart – Zusammenfassende Beurteilung der Plausibilität und Ausblick

Die vorliegende Studie hat den Auftrag, eine Untersuchung anzustellen, inwieweit alternative Nutzungskonzepte für die bereits hergestellte Infrastruktur des Bahnprojektes „Stuttgart 21“ in Frage kommen. Dabei ist zu prüfen, ob eine auf die Stadt Stuttgart ausgelegte unterirdische Güterlogistik für die sog. „Vorletzte Meile“ unter Nutzung der vorhandenen Infrastruktur des S21 Projektes plausibel erscheint. Ziel der Untersuchung ist es, eine erste Beurteilungsgrundlage für die Plausibilität eines unterirdischen Gütersystems zu schaffen.

Zusammenfassende Beurteilung und Empfehlungen

Aus den Untersuchungsergebnissen der vorliegende Plausibilitätsstudie „Nutzung des Stuttgart 21-Systems für die unterirdische Güterlogistik im Sinne einer „Vorletzten Meile““ ergibt sich die folgende zusammenfassende Beurteilung:

- Das abgebildete Mengengerüst des potentiellen Transportvolumens lässt es zu, über weitere Schritte in Richtung eines unterirdischen „City-Logistik Systems“ nachzudenken.
- Es ist zu erwarten, dass das errechnete Transportvolumen für den definierten Einzugsbereich von ca. 1,5 Millionen Paletten pro Jahr, in den nächsten Jahren weiter ansteigen wird.
- Unter Annahme des abgebildeten Mengengerüstes, der notwendigen Investitionen sowie möglichen Erträge, ist davon auszugehen, dass sich das dargestellte System wirtschaftlich betreiben lässt.
- Die damit möglichen einhergehenden Verlagerungseffekte können als signifikanter Beitrag zur Reduzierung von Emissionen gewertet werden. Neben den dargestellten Emissionseffekten, ist davon auszugehen, dass sich eine Entlastung der Straßeninfrastruktur einstellen lässt. Die Verlagerungseffekte können durch die Einführung einer „City Maut“ oder/und anderen verkehrspolitischen Steuerungsmaßnahmen verstärkt werden.

Sollte die Idee einer unterirdischen Distributionslogistik unter Berücksichtigung der vorhandenen Infrastruktur des Projektes Stuttgart 21 aufgegriffen werden, lassen sich auf Basis der Beurteilung folgende zwei Schritte aufzeigen, mit denen die Machbarkeit verifiziert werden sollte:

1) Durchführung einer detaillierten technischen Machbarkeitsuntersuchung: Eine Machbarkeitsuntersuchung müsste die technischen Voraussetzungen prüfen, und zwar mit dem Ziel das vorhandene „Stuttgart 21-System“ konkret und detailliert hinsichtlich der Eignung und notwendigen Anpassung zu beurteilen. Daran anschließend lassen sich konkrete Prozessabläufe im System simulieren.
2) Untersuchung von „Industrie-Relationen“ im Großraum Stuttgart: Es ist davon auszugehen, dass sich Werkverkehre, d.h. Güterkraftverkehr zwischen den Standorten der im Großraum Stuttgart ansässigen Industrieunternehmen, für die Verlagerung im Sinne des vorgestellten Systems eignen. Inwiefern hier Verlagerungspotenziale gehoben werden können sollte Ziel eine eigenen Betrachtung von „Industrie-Relationen“ sein.

Ausblick

Aufgrund steigender Anforderungen an eine nachhaltige, stadtverträgliche City-Logistik, begeben sich einige, vor allem größere Städte, auf die Suche nach Möglichkeiten der Güterdistribution jenseits etablierter Lösungen. Eine unterirdische Distributionslogistik fügt sich in diese übergeordneten Transformationsprozesse ein. Die Grundideen neuerer Ansätze zur Umgestaltung der Güterdistribution sind dabei vergleichbar: Einerseits ist ein Umschlag der Güter in GVZ am Stadtrand vorgesehen, um die belastenden Verkehre schwerer Transportfahrzeuge aus der Stadt herauszuhalten. Andererseits findet die Feinverteilung der Waren mittels kleinerer Transportgefäße mit möglichst nachhaltigen Antrieben auf der Letzten Meile statt – wie etwa mittels Elektrofahrzeuge oder Lastenräder. Technisch sind so gut wie alle Ansätze nachhaltiger City-Logistik ausgereift. Die Herausforderung besteht im Zusammenwirken der Akteure, in der Organisation und dem Betrieb der Abläufe. Auch eine unterirdische Distributionslogistik steht vor solchen Herausforderungen.
Als eine visionäre Lösung kann das „Szenario 1 – Das Logistik-Stadtwerk“ der Studie „What Cities Want“ herangezogen und für den Raum Stuttgart erwogen werden (siehe Abbildung 10). Im Kern zeigt diese Darstellung zum einen die Möglichkeiten einer unterirdischen Distribution (hier „unsichtbare Logistik!“) und zum anderen die der „Vorletzten Meile“ sowie „Feinverteilung“ (hier die Verteilung und Zustellung in die „Bezirk-Lager-Hubs“ sowie „Verteilung in die Bezirke – Depots vor Ort“ – die vergleichbar sind mit den hier vorgeschlagenen GVZ und City-Hubs) im Sinne des in der vorliegenden Studie untersuchten City-Logistik Konzepts.

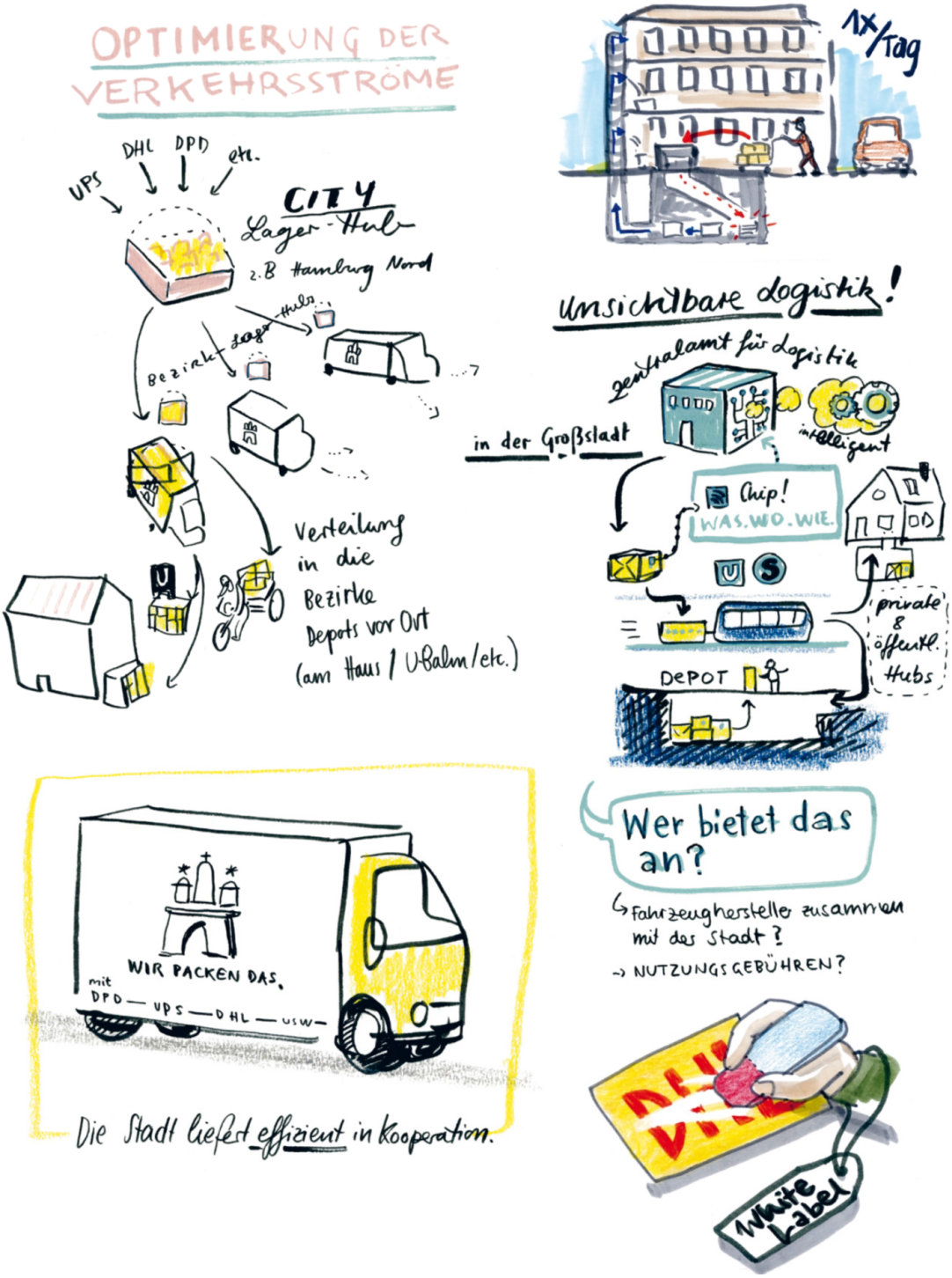


Abbildung 10: Kommunale Verwaltung der Zustellung (MAN Truck & Bus AG, What Cities Want, S. 17)

Neben der Idee der Feinverteilung von Waren aus City-Hubs heraus in die Bezirke, zu den Endkunden, wird in der Studie insbesondere auf die Frage eines geeigneten Betreibermodells eingegangen. Entsprechend der Abbildungsbezeichnung „Kommunale Verwaltung der Zustellung“ wird eine Form einer „Private-Public-Partnership“ als Betreibermodell vorgestellt (siehe dazu den Abschnitt

„Betreibermodelle“ in Kapitel VI). Dabei werden die sogenannten Hauptläufe von kommerziellen Logistikdienstleistern durchgeführt – bspw. bis zu GVZ an die Stadtgrenzen einer Großstadt wie Stuttgart. Die „Vorletzte“ Meile – auf der Straße als auch unterirdisch – übernimmt dann die Stadt gemeinsam mit privaten Partnern – im Sinne von „Wir packen das“.

Vor dem Hintergrund des zunehmenden Transportvolumens und einhergehenden steigenden Verkehrsaufkommens (nicht zuletzt auch getrieben durch die gegenwärtig steigenden Liefermengen aufgrund der Corona-Pandemie) und möglicher verkehrspolitischen Steuerungsmaßnahmen (siehe dazu Kapitel VI) zeichnet sich die Grundidee der dargestellten Abbildung als durchaus realistisch ab. Das Szenario unterstreicht die dringende Notwendigkeit, neue und innovative Konzepte der innerstädtischen Logistik zu entwickeln.

Quellen

Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, Landeshauptstadt Stuttgart: Verkehrszählungen am Stuttgarter Kesselrand (https://statistik.stuttgart.de/statistiken/tabellen/1905/jb1905.php)

BIEK - Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (Hrsg.) (2020): KEP-Studie 2020 – Analyse des Marktes in Deutschland, Berlin, verfügbar unter ; Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK) (https://www.biek.de/publikationen/studien.html. Zugegriffen am 10. September 2020.)

BMBF - Bundesministerium der Finanzen: AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV"), Aktenzeichen IV D 2-S 1551-188/00, B/2-2-337/2000-S 1551A, S 1551-88/00, AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Personen- und Güterbeförderung (im Straßen- und Schienenverkehr)". Verfügbar unter: https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Steuern/Steuerverwaltungu-Steuerrecht/Betriebspruefung/AfA_Tabellen/afa_tabellen.html. Zugegriffen 12. September 2020.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2020): Beförderungsmenge und Beförderungsleistung nach Verkehrsträgern. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/Tabellen/gueterbefoerderung-lr.html. Zugegriffen 20. September 2020.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2020): Bevölkerung. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/_inhalt.html. Zugegriffen 20. September 2020.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2020)https://www.statistik-bw.de/GesamtwBranchen/VGR/VW_wirtschaftskraft.jsp und Bruttoinlandsprodukt (BIP). https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/bip-bubbles.html. Zugegriffen 20. September 2020.https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/bip-bubbles.html

Deutsche Post AG (2012): „Delivering Tomorrow, – Logistik 2050, – eine Szenariostudie. Bonn. Verfügbar unter https://www.post-und-telekommunikation.de/PuT/1Fundus/Dokumente/Studien/Postdienste/Zukunftsstudie_Logistik_2050/Zukunftsstudie_Logistik_2050.pdf, Zugegriffen 20. September 2020.“

Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (2013): Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258, Bonn

Deutsches Institut für Normung e. V. (2012): Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr); Deutsche Fassung EN 16258:2012

EKUPAC GmbH (2018): Entwicklungen und Trends im Markt der Mehrweg-Transportverpackungen, Köln.

European Pallet Association e.V. (EPAL) (2020): https://www.epal-pallets.org/eu-de/das-erfolgs-system/epal-system

Goldlücke, S. (2020): Cargo sousterrain, Vortragsunterlagen, Handelslogistik Kongress Köln

ifo Institut (2020): ifo Forschungsberichte / 115 / 2020 - Verkehrliche Wirkungen einer Anti-Stau-Gebühr in München, München (https://www.ifo.de/publikationen/2020/monographie-autorenschaft/verkehrliche-wirkungen-einer-anti-stau-gebuehr)

MAN Truck & Bus AG (2018): What Cities Want, Relevante und nachvollziehbare Zukunftsentwürfe für die Citylogistik im Jahr 2030 – Eine Szenarioforschungsstudie von Kantar TNS im Auftrag von Volkswagen Nutzfahrzeuge und MAN Truck & Bus, München.

SmartCityLoop GmbH (2020): Machbarkeitsstudie Hamburg Ergebnisse. Verfügbar unter: https://www.smartcityloop.de/2020/06/09/machbarkeitsstudie-hamburg/. Zugegriffen 20. September 2020.

Stadt Stuttgart (2019): Statistikatlas Stuttgart, Bevölkerung im Überblick 2019. Verfügbar unter https://statistik.stuttgart.de/statistiken/statistikatlas/atlas/atlas.html?indikator=i0&select=00. Zugegriffen am 15. September 2020.

Statistik BW - Statistisches Landesamt Baden-Würtenberg (2020): Bruttoinlandsprodukt je Einwohner (Wirtschaftskraft). https://www.statistik-bw.de/GesamtwBranchen/VGR/VW_wirtschaftskraft.jsp. Zugegriffen 20. September 2020.

Stein, D. (2009): CargoCap, Automatischer Gütertransport im Untergrund. Verfügbar unter: https://www.ppp-schweiz.ch/de/veranstaltungen-des-vereins/view/events/ppp-im-guetertransport-swiss-cargotube-als-ergaenzung-zu-bahn-und-strasse/?file=tl_files/Veranstaltungen/Attachements/2009/Medienorientierung%2C%20D.%20Stein.pdf. Zugegriffen am 10. September 2020.

Watzlawek, G. „CargoCap kommt auf den Prüfstand“. Bürgerportal Bergisch Gladbach, 29. April 2019, https://in-gl.de/2019/04/29/fantastisches-verkehrssystem-nimmt-naechste-huerde/. Zugegriffen 20. September 2020.