
Kurzfassung

Der Trend der letzten Jahre und ebenso der für die Zukunft zeigt, dass sowohl auf der Straße, als auch der Schiene mit einer Steigerung des Güterverkehrsaufkommens zu rechnen ist. Dabei steigen die Gütermassen prozentual gegenüber dem Jahr 2005 bei beiden Verkehrsträgern gleich um rund 23% (Statistisches Bundesamt 2020a). In reinen Zahlen ausgedrückt sind das seitdem 700 Mio. Tonnen mehr auf der Straße und lediglich 70 Mio. Tonnen mehr auf der Schiene. Grund hierfür sind gesellschaftliche Ansprüche, welche Trends wie den Güterstruktur-, Logistik- oder den Integrationseffekt mit sich bringen (ifeu 2017, S. 9). Demnach gewinnen hochwertige Stückgüter immer mehr an Bedeutung, wobei Massengüter (wie bspw. Rohstoffe) hingegen an Bedeutung verlieren. Die hochwertigeren Güter erfreuen sich dabei an einem Produktionsprozess, der immer mehr Teilschritte mit sich bringt, welche auf mehr Hersteller aufgeteilt werden, zwischen denen immer größere Distanzen liegen.

Die Straße hat an der reinen Gütermenge [in Tonnen] dabei den mit Abstand größten Anteil mit rund 80% und an der Beförderungsleistung [in Tonnenkilometer] 70%. Die Schiene hingegen liegt bei lediglich 8% der Gütermenge und 19% der Beförderungsleistung (Statistisches Bundesamt 2020a).

Für die Verlagerung der Güter auf die Schiene sind viele Randbedingungen zu erfüllen, ehe diese vollzogen werden kann. Zurzeit lässt der grobe Ausbau auf sich warten. Engpässe sind oftmals vor allem an ausschlaggebenden Knotenpunkten anzutreffen, welche extrem hohe Relevanz für die Kapazität der Schiene haben. Das liegt auch daran, dass der Fokus meist auf dem Personenverkehr liegt, für den durch direktere Verbindungen immer kürzere Reisezeiten entstehen sollen, bei dem der Schienengütertransport, wie bei dem Neubau-Projekt Wendlingen - Ulm aktuell zu sehen ist, zur Nebensache wird. Seit der deutschen Bahnreform 1994 ist das Schienennetz insgesamt um 15% geschrumpft, wobei der Güterverkehr um 83% und der Personenverkehr um 40% gewachsen sind (Allianz pro Schiene 2018). Die Tatsache, dass das Schienennetz seitdem für alle geöffnet und seitdem ist der Anteil nichtbundeseigner Bahnen auf über 50% gestiegen ist, dämpft die Problematik in ihren Grundstrukturen nur geringfügig.

Das Ziel der Bundesregierung ist es bis 2050 treibhausgasneutral zu werden. Rund ein Fünftel der deutschlandweiten Treibhausgasemissionen lassen sich dabei auf den Verkehrssektor zurückführen, für den in allen Bereichen, ob motorisierter Individualverkehr, Güterverkehr oder öffentlicher Personenverkehr, Handlungsbedarf herrscht. Um dies für den Güterverkehr bewerkstelligen zu können kommen auf Straße und Schiene, neben anderen Ansätzen, aktuell vor allem zwei Möglichkeiten in Frage: Zum einen die Installation eines funktionierenden eHighway-Netzes und zum anderen die Förderung des Schienenverkehrs durch dessen Ausbau und somit der Verlagerung zu jenem.

Zwischen diesen beiden Maßnahmen bildet sich allerdings häufiger ein bildliches Gegeneinander: Geht es beispielsweise um die Förderung durch öffentlichen Mittel, dann entsteht in der Öffentlichkeit zum Teil die Wahrnehmung einer Konkurrenzsituation beider Maßnahmen.

Dabei ist das Zusammenspiel zwischen dem eHighway und der Schiene von großer Bedeutung. Die Unterstützung muss vor allem dort stattfinden, wo der Schienenausbau stockt.

Der größere Anteil an Transportleistung zeigt, dass auf der Schiene deutlich größere Strecken zurückgelegt werden. Gerade ab Strecken mit Entfernungen größer als 300 km stellt sich die Schiene als wirtschaftlicher als die Straße heraus. Diese Tatsache und der Fakt, dass der LKW-Verkehr auf längeren Strecken [pro Tonnenkilometer] rund dreimal umweltschädlicher als der Schienengüterverkehr sein kann (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. et al. 2016, S. 10), verdeutlichen, dass gerade auf den Kurz- und Mittelstrecken Handlungsbedarf vorherrscht.

Im Zuge des Projekts ELISA und dem darin mitinbegriffenen Auf- und Ausbaus der ersten eHighway-Anlage Hessens und auch den weiteren Anlagen in Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein, soll auch die Kopplung des elektrifizierten Straßengüterverkehrs mit dem des Schienenverkehrs genauer untersucht werden. Die Schnittstellen des intermodalen Verkehrs beider Verkehrsträger sind dabei die Umschlagterminals. Findet der Hauptlauf dabei auf der Schiene statt, dann vollziehen diese den Umschlag vom Zug hin zum LKW, welcher dann für den Vor- oder Nachlauf mit Container, Wechselbrücke oder Sattelaufleger beladen wird. Bleiben sowohl Vor- als auch Nachlauf unter 150 km, dann lässt sich dieser bimodale Verkehr unter den „Kombinierten Verkehr“ einstufen, welchem politische Vergünstigungen zukommen.

Das Ziel der Arbeit ist demnach die Verlagerung auf die Schiene zu gewähren, in dem deren Engpässe und fehlenden Kapazitäten vom eHighway unterstützt werden und somit eine umweltfreundlichere Entlastungsmöglichkeit bieten, als der reine Straßengüterverkehr. Dies soll unter dem Ziel des zukünftigen Erreichens von Klimaneutralität geschehen.

Auf Basis einer Literaturrecherche werden zuerst die wichtigsten Handlungsfelder beider Verkehrsträger abgearbeitet. Klare Stärken der Schiene gegenüber der Straße befinden sich bei einer geringeren Umweltbelastung, einer höheren Sicherheit durch Schienengebundenheit und geringerer Witterungsabhängigkeit, bei Massengütern und im Fernverkehr. Die Straße hingegen hat extreme Stärken vor allem in der Netzgröße und deren Reichweite, der Flexibilität und dem Nahverkehr. Chancen stehen auf Seiten der Schiene vor allem in einer positiveren Wahrnehmung der Bevölkerung, bevorteilende Gesetzgebungen, für welche allerdings noch großer Handlungsbedarf herrscht und von grenzübergreifenden Projekten, wie bspw. den europäischen Schienengüterverkehrs-Korridore, welche Europa auf der Schiene besser vernetzen sollen (Fraunhofer-Institut (ISI) 2020, S. 37). Auf Seiten der Straße sind die Chancen vor allem bei den aktuellen Marktentwicklungen zu sehen, wie dem Güterstruktureffekt.

Aus den Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken beider Verkehrsträger ergeben sich Handlungsmöglichkeiten für den eHighway. Eine davon ist der umweltfreundlichere Betrieb durch die OH-LKWs (Oberleitungs-Hybrid-LKWs) des eHighway. Sie können die Differenz der CO₂-Emissionen dabei verringern und den Güterverkehr der Schiene somit besser „abfangen“. Laut Berichten wie „StratON“ oder der „Roadmap für die Einführung der Oberleitungs-LKWs“ ist das Verringerungspotential bis 2030 dabei bei rund einem Viertel. Ebenso kann die schnellere Ausbauzeit der Oberleitung als Ansatz genommen werden, um lange Ausbauzeiten der Schiene und der Straße umgehen zu können. Strecken wie bspw. Karlsruhe-Basel zeigen bei beiden Verkehrsträgern, dass sich diese über Jahrzehnte hinauszögern können und dabei hohe Kosten in Milliardenhöhe erzeugen.

Vorstellbare Zukunftsszenarien des Zusammenspiels von eHighway und Schiene sind der eHighway als ergänzender Pendelverkehr, als Zubringer oder Abnehmer im bimodalen Verkehr, als Unterstützung reaktiverer oder neuer Strecken und dem als Komplettersatz. Vor allem das Szenario des Zubringers und Abnehmers hat sich dabei im Anfangsstadium des eHighway-Netzes als sinnvoll herausgestellt. Hierbei werden die OH-LKWs im Vor- und Nachlauf, gemäß dem intermodalen Güterverkehr zwischen Schiene und Straße, eingesetzt. Von den Umschlagterminals ausgehend sollen sie unter den Oberleitungen zu den Empfängern bzw. von den Absendern zu den Terminals fahren.

Dieses Szenario in ein realistisches Umfeld zu packen, wurde dann zwischen dem Ruhrgebiet und Münster ein Abschnitt der Autobahn 43 ausgewählt, welcher vor allem auf Grund seiner, parallel dazu laufenden, ausgelasteten Eisenbahnstrecke auffällig ist.

Basierend auf einer Vorteile-Nachteile-Analyse zeigt sich, dass dieser Abschnitt im Sinne der Zielsetzung gute Vorteile bringen kann. Dies liegt an den vergleichsweise wenigen Aussparungen auf der Strecke

selbst, der dort vorhandenen Einzugsgebiete und der Tatsache, dass sich die A43 hervorragend in das Basisnetz an der A1 und der A2 eingliedern lässt, welche den Berichten des Öko-Instituts, wie „StratON“ oder „BOLD“, zu Folge sehr hohe Potentiale für den Baubeginn eines eHighway versprechen. Die Strecke bietet sich ebenso gut dem bimodalen Verkehr an. Vor allem am südlichen Ende der Strecke liegen Umschlagterminals wie in Herne oder Dortmund, die genügend Kapazität aufweisen, um sie als Ausgangspunkt für zukünftige Gütertransporte in einer umweltfreundlichen Transportkette zusammen mit dem eHighway zu wählen.

Abschließend fasst eine Argumentensammlung von Pro- und Contra-Argumenten die komplette Arbeit zusammen. Darin sind sowohl die Kriterien der, sich aus SWOT-Analyse ergebenden, Handlungsfelder des eHighway als auch aus den Szenarien und den Ergebnissen des Umsetzungsbeispiels vorhanden. Die daraus resultierende Vorteile-Nachteile-Analyse besagt, dass der eHighway im Zusammenspiel mit der Schiene hauptsächlich Vorteile bringen kann.

Diese Arbeit dient dem Zusammenspiel zwischen eHighway und Schienengüterverkehr als Grundlagenwerk. Die darin mitinbegriffene aufwendige Literaturrecherche weist im Teil der Gegenüberstellung des Straßen- und Schienengüterverkehrs einen großen Umfang auf. Ohne zeitliche Einschränkungen ließe sich diese weiterführen und problemlos erweitern.

Die SWOT-Analyse dient dabei als optimale Methode die Grundlagen beider Güterverkehrsarten zu ermitteln und anhand gleicher Untersuchungskriterien, trotz Unterteilung in zwei verschiedene Unterkapitel, konnten diese miteinander verglichen werden.

Die teil-formalisierte Methode der Vorteile-Nachteile-Analysen des Umsetzungsbeispiels und der abschließenden Zusammenfassung wird gewählt, da sich viele Kriterien nicht für formalisierte Methoden monetarisieren lassen und auf hypothetischen Zukunftsannahmen beruhen. Trotzdem verschafft sie in ihrem Rahmen eine gute Einschätzung dessen, ob dem eHighway ein Nutzen abzugewinnen ist.

Abstract

The trend of the past few years and also that for the future shows that an increase in volume of freight transport is to be expected both on the roads and on the railways. Percentagewise the volume of goods transported by both modes of transport has risen by around 23 percent since 2005 (Statistisches Bundesamt 2020a). In pure figures, however, this means 700 million tonnes more by road and only 70 million tonnes more by rail. The reason for this are social demands, which do bring trends with them such as the „Güterstruktureffekt“ (goods structure effect), the „Logistikeffekt“ (logistics effect) or the „Integrationseffekt“ (integration effect) (ifeu 2017, S. 9). Therefore high-value general cargo is becoming increasingly important, while bulk goods (like raw materials) are losing significance. The higher-value goods enjoy a production process that involves more and more sub-steps, which are divided between more and more manufacturers, with ever greater distances between them.

Road transport has by far the largest share of the pure volume of goods [in tonnes] at around 80% and of the transport performance [in ton kilometres] at 70%. Rail, on the other hand, accounts for only 8% of the freight volume and 19% of the transport performance (Statistisches Bundesamt 2020a).

For the shift of goods to rail, many boundary conditions have to be fulfilled before this can be accomplished. As things stand, the rough expansion is still a long way off - bottlenecks are often found above all at crucial junctions, which are extremely relevant for the capacity of the railways. This is also due to the fact that the focus is mostly on passenger transport, for which shorter travel times are to be created through more direct connections, in which rail freight transport, as can currently be seen in the new Wendlingen - Ulm construction project, is degraded to a secondary matter. Since the German railway reform in 1994, the rail network as a whole has shrunk by 15%, with freight traffic growing by 83% and passenger traffic by 40% (Allianz pro Schiene 2018). The fact that the rail network has since been opened to all and that the share of non-federally owned railways has since risen to over 50% only slightly restrains the problem in its basic structures.

The goal of the German government is to become greenhouse gas neutral by 2050. Around one-fifth of Germany's greenhouse gas emissions can be traced back to the transport sector, for which there is a need for action in all areas, whether motorised private transport, freight transport or public passenger transport. In order to achieve this for freight transport, there are currently two main options for road and rail, among other approaches: On the one hand, the installation of a functioning eHighway network and, on the other hand, the promotion of rail transport by expanding it and thus shifting to it.

Between these two measures, however, there is often a conflict: If, for example, public fundings are involved, the public sometimes views the two measures as being in competition with each other.

Yet the interaction between the eHighway and rail is extremely important. Support must be provided at all places where rail expansions are lagging.

The larger share of transport performance shows that significantly greater distances are covered by rail. Especially from distances greater than 300 km, rail turns out to be more economical than the road. This fact and the fact that truck traffic on longer routes [per tonne-kilometre] can be around three times more harmful to the environment than rail freight traffic (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. et al. 2016) make it clear that there is a need for action, especially on short and medium distances.

In connection with the ELISA project and the construction and expansion of the first eHighway facility in Hesse and the other facilities in Baden-Württemberg and Schleswig-Holstein, the coupling of electrified road freight transport with rail transport is also to be investigated more closely. The interfaces of the intermodal transport of both modes are the transshipment terminals. If the main part of the transport is done by rail, these terminals handle the transfer from the train to the truck, which is then

loaded with containers, swap bodies or semi-trailers for the pre- or onward part. If both the pre-carriage and onward carriage are less than 150 km, this bimodal transport can be classified as "combined transport", which enjoys political benefits.

The aim of the thesis is to shift the traffic to the railways by supporting their bottlenecks and lacking capacities with the eHighway, thus offering a more environmentally friendly relief option than pure road freight transport. This is to be done with the aim of achieving climate neutrality in the future.

On the basis of a literature review, the most important fields of action for both modes of transport are first worked through. The clear strengths of rails compared to roads are a lower environmental impacts, greater safety due to being rail-bound and less dependence on weather conditions, for bulk goods and in long-distance transport. Roads, on the other hand, have extreme strengths in network size and its range, flexibility and local transport. On the rail side, opportunities lie in a more positive perception of the population, favourable legislation, for which there is still a great need for action, and in cross-border projects, such as the European rail freight corridors, which are intended to better connect Europe by rail (Fraunhofer-Institut (ISI) 2020, S. 37). On the road side, the opportunities are to be seen above all in the current market developments, such as the freight structure effect.

The strengths, weaknesses, opportunities and risks of both modes of transport result in possible approaches for the eHighway. One of them is the more environmentally friendly operation by the eTrucks (german: OH-LKWs) of the eHighway. They can reduce the difference in CO₂ emissions in the process and thus better "absorb" rail freight traffic. According to reports such as "StratON" or the "Roadmap für die Einführung der Oberleitungs-LKWs" (roadmap for the introduction of trolley trucks), the reduction potential by 2030 is about a quarter. The faster expansion time of the eHighway can also be taken as an approach to circumvent long expansion times for rail and road. Routes such as Karlsruhe - Basel show that both modes of transport can be delayed for decades, generating costs in the billions.

Conceivable future scenarios of the interaction of eHighway and rail are the eHighway as a supplementary commuter transport, as a feeder or customer in bimodal transport, as support for reactivated or new routes and as a complete replacement. Especially the scenario of feeder and customer has proven to be useful in the initial stage of the eHighway network. Here, the eTrucks are used in the pre- and on-carriage, in accordance with the intermodal freight traffic between rail and road. Starting from the transshipment terminals, they travel under the overhead lines to the recipients or from the senders to the terminals.

In order to put this scenario into a realistic environment, a section of the A43 motorway between the Ruhr area and Münster was selected, which is particularly noticeable because of its parallel, fully loaded rail line.

Based on an advantage-disadvantage analysis, it appears that this section can bring good benefits in terms of the objective. This is due to the comparatively few recesses on the route itself, the existing catchment areas there and the fact that the A43 can be excellently integrated into the basic eHighway network on the A1 and A2, which, according to the reports of the Öko-Institut, such as "StratON" or "BOLD", promise very high potentials for the construction of an eHighway. The route offers itself equally well to bimodal transport. Especially at the southern end of the route, there are transshipment terminals such as in Herne or Dortmund, which have sufficient capacity to be chosen as the starting point for future freight transport in an environmentally friendly transport chain together with the eHighway.

Finally, a collection of pro and con arguments summarises the complete work. It contains the criteria of the fields of action of the eHighway resulting from the SWOT analysis as well as from the scenarios and the results of the implementation example. The resulting advantage-disadvantage analysis states that the eHighway can mainly bring benefits in interaction with rail.

This thesis serves as a basic work on the interaction between eHighway and rail freight transport. The part of the comparison of road and rail freight transport contains a literature research with a large scope. It could be continued and expanded without any time constraints.

The SWOT analysis served as the optimal method to determine the basics of both freight transports and, based on the same investigation criteria, despite the division into two different subchapters, they could be compared with each other.

The "semi-formalised" method of the advantages-disadvantages analyses of the implementation example and the final summary were chosen because many criteria can't be monetised for formalised methods and are based on hypothetical future assumptions. Nevertheless, within its framework, it provides a good assessment of whether there are benefits to be gained from the eHighway.