
Kurzfassung

Name: Sven-Martin Lieb

Thema: Simulation des Verkehrsablaufs bei Leistungen des Straßenbetriebsdienstes und infolge Sondersituationen auf eHighways

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
M.Sc. Danny Wauri

Der Güterverkehr in Deutschland ist in den letzten Jahren und Jahrzehnten stetig gestiegen. Diese Zunahme des Güterverkehrs gilt auch für den Güterverkehr auf der Straße. Die Verkehrsprognose 2030, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, prognostiziert einen Anstieg der Güterverkehrstransportleistung auf der Straße um 39% gegenüber dem Basisjahr 2010.

Gleichzeitig gibt es in Deutschland ein wachsendes Umweltbewusstsein in der Gesellschaft und die sichtbaren Folgen des Klimawandels führen zu der Suche nach Möglichkeiten, Güter umweltverträglicher zu transportieren. Auch um die international vereinbarten Klimaschutzziele zu erreichen, sind Reduzierungen der Emissionen im Verkehrssektor von großer Bedeutung. So suchen Politik, Industrie und Wissenschaft unter anderem nach Möglichkeiten, die konventionellen Diesel-Lkw durch Fahrzeuge mit alternativen Antriebstechnologien zu ergänzen und langfristig zu ersetzen. Im Bereich der Nutzfahrzeuge gibt es bislang allerdings nur wenige Lkw mit reinem Elektroantrieb. Vor allem Batterie-basierte Antriebsstränge sind durch die großen Strecken, die Lkw zurücklegen, schwer realisierbar, da entsprechend große Batterien benötigt werden. Diese würden durch ihr Gewicht die Ladekapazität der Lkw deutlich senken und die Wirtschaftlichkeit mindern. Auch die Ladezeit der Batterie ist deutlich höher als bei Elektrofahrzeugen für den Pkw Bereich.

Ein Ansatz, der es möglich machen kann, diese Defizite zu mildern, ist der Aufbau einer elektrischen Oberleitungsinfrastruktur auf bestehenden Bundesfernstraßen. Eine solche Struktur kann von Oberleitungs-Hybrid-Lkw (OH-Lkw) genutzt werden. Diese verfügen über eine Batterie, einen Elektromotor sowie ein herkömmliches Diesellaggregat. Auf Streckenabschnitten in denen Kontakt mit der Oberleitung besteht, können sie mit dem Elektromotor angetrieben und gleichzeitig die Batterie geladen werden.

Die betriebliche Integrierbarkeit eines solchen eHighway-Systems in den Realbetrieb wurde bereits untersucht. Eine genaue Betrachtung des Verkehrsablaufs bei der Durchführung von Leistungen des Straßenbetriebsdienstes und bei Sondersituationen oder Störfällen auf Bundesfernstraßen, die mit diesem System ausgestattet sind, ist bislang jedoch noch nicht erfolgt.

In dieser Thesis wird daher der Frage nachgegangen, ob die Einrichtung und Nutzung eines eHighways mit seiner Oberleitungsinfrastruktur zu Lasten der Kapazität auf Bundesfernstraßen geht. Als Grundlage dient das ELISA Pilotprojekt im Bundesland Hessen, in dessen Rahmen eine elektrische Oberleitungsinfrastruktur auf der Bundesautobahn A5 installiert wurde, die aktuell im Betrieb getestet wird. Gerade auf dieser vielbefahrenen Strecke (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke ca. 135.000 Kfz/Tag, Schwerverkehrs-Anteil ca. 10%) sind Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit bei der Abwicklung des täglichen Verkehrs wichtig, vor allem auch während Leistungen des Straßenbetriebsdienstes und in Sondersituationen oder Störfällen. Ziel der Thesis ist es, diese Situationen auf den Verkehrsablauf für die eHighway-Teststrecke in der Simulationsumgebung PTV Vissim abzubilden und zu bewerten. Dabei werden Ergebnisse mit und ohne Integration des eHighway-Abschnittes gegenübergestellt.

Um die Simulation durchführen zu können, wird zunächst das eHighway-System in seiner Gesamtheit betrachtet und Einflüsse auf das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer auf der Autobahn, sowohl bei freier Strecke als auch an Arbeitsstellen, werden untersucht. Anschließend werden Kenngrößen des Verkehrs und Modelle zur Beschreibung des Verkehrsablaufs vorgestellt.

Es werden allgemein Leistungen des Straßenbetriebsdienstes sowie Sondersituationen vorgestellt und Einflüsse des eHighways auf diese identifiziert. Es zeigt sich, dass vor allem Leistungen betroffen sind, die im direkten Umfeld der Oberleitungsmasten durchgeführt werden, z.B. das Mähen umliegender Grasflächen. Der höhere Zeitaufwand bei der Durchführung dieser Leistungen hat zur Folge, dass die Arbeitsstellen (z.B. Sperrung einzelner Fahrstreifen) länger bestehen bleiben. Letztlich wird der Verkehrsablauf durch die verlängerte Reduzierung der Kapazität auf der Strecke beeinflusst. Analog verhält es sich bei Sondersituationen und Störfällen. Durch die Integration des eHighways entstehen neue potentielle Sondersituationen, wie beispielsweise die Beschädigung der Oberleitung.

Um den realen Verkehrsablauf in PTV Vissim simulieren zu können, werden verschiedene Annahmen für das Fahrzeugfolgeverhalten, den Fahrstreifenwechsel und die Wunschgeschwindigkeiten der Fahrzeuge getroffen. Die Verkehrsstärke, Fahrzeugzusammensetzung und die Fahrzeugtypen gründen sich auf realen Verkehrsdaten des Streckenabschnitts der Bundesautobahn A5. Diese Verkehrsdaten werden ausgewertet und die Verkehrsstärke der Spitzenstunde als Eingangsgröße in das Simulationsmodell verwendet. Um alle Gegebenheiten der Fallbeispiele abzubilden, werden insgesamt fünf unterschiedliche Modelle simuliert und anschließend die Ergebnisse miteinander verknüpft.

Bei der Abbildung der Teststrecke im Simulationsmodell (PTV Vissim) werden zunächst Ergebnisse mit und ohne Implementierung des eHighway-Abschnittes hinsichtlich der Reisezeiten und den mittleren Geschwindigkeiten verglichen, ohne Bestehen von Sondersituationen. Es zeigt sich, dass die reine Integration des eHighways mit den OH-Lkws (Anteil 15%) keine signifikante Änderung des Verkehrsablaufs mit sich bringt. Ein Einfluss der wenigen OH-Lkw lässt sich, unter Berücksichtigung der stochastischen Schwankung der Simulation, nicht feststellen.

Anschließend werden zwei unterschiedliche Fallbeispiele aus den Leistungen des Straßenbetriebsdienstes und den Sondersituationen bzw. Störfällen ausgewählt und in der Simulation abgebildet. Zum einen wird die Beschädigung der Oberleitung und zum anderen das Mähen des Mittelstreifens zwischen den Fahrbahnen, bei einer Positionierung der Masten im Mittelstreifen, betrachtet.

Es zeigt sich, dass beim Bestehen der Sondersituation im eHighway, gegenüber dem Status quo ohne Sondersituation, ein deutlicher Einfluss auf den Verkehrsablauf festzustellen ist. Die mittlere Reisezeit der Fahrzeuge steigt um bis zu 25% an und gleichzeitig sinkt die Kapazität der Strecke signifikant. Bei der Leistung des Straßenbetriebsdienstes kann ebenfalls ein Einfluss auf den Verkehrsablauf der Strecke erkannt werden. Dieser ist aber nur sehr gering, die Reisezeit steigt um ca. 2% an und die Kapazität sinkt etwas. Die Simulation des Verkehrsablaufs bei Leistungen des Straßenbetriebsdienstes und infolge von Sondersituationen auf eHighways zeigt, dass die Integration einer Oberleitungsinfrastruktur einen messbaren Einfluss auf die Reisezeit und den Verkehrsablauf besitzt. Des Weiteren kann die Durchführung der Leistungen des Straßenbetriebsdienstes eingeschränkt werden und der Verkehrsablauf durch neue Sondersituationen und Störfälle aufgrund des eHighways beeinträchtigt werden.

Abschließend werden die Simulationsergebnisse eingeordnet und Aussagen für die Übertragbarkeit in die Realität gegeben.

Abstract

Name: Sven-Martin Lieb

Thema: Simulation of Traffic Flow during Maintenance Services and during Special Situations on eHighways

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
M.Sc. Danny Wauri

The freight transport in Germany has increased steadily in the recent years. This increase also applies to freight transport by road. A traffic forecast study for 2030 commissioned by the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, predicts a 39% increase in road freight transport performance compared to the year 2010. At the same time, there is growing environmental awareness in Germany. The consequences of climate change are leading to the search for ways to transport goods in a more environmentally friendly way.

Furthermore, it is inevitable to reduce emissions in the transport sector in order to achieve the internationally agreed climate protection objectives. As a result, politics, industry and science are looking for ways to supplement conventional diesel trucks with vehicles run by alternative driving technologies and to replace them in the long term. However, there are only a few commercial vehicles run by electric powertrains. Battery-based powertrains, in particular, are difficult to implement due to the large distances covered by trucks, since correspondingly large batteries are required. Due to battery weight, the loading capacity would be reduced significantly which is consequently noticeable in the trucks' profitability. The charging time of those batteries is also significantly longer than batteries used in the common car sector.

One approach is to set up an electrical overhead line infrastructure on federal highways, which can be used by overhead line-hybrid-trucks (OH-trucks). Those trucks have a battery, an electric engine and a conventional diesel engine. By contact with the overhead line, the trucks can be powered by the electric motor and the battery can be charged at the same time.

The integrability of such an eHighway system into federal highways has already been investigated. However, disruptive effects like road services, accidents and special situations on the flow of traffic on federal highways equipped with this system have not been closely examined.

This thesis deals with the question of whether the implementation and use of an eHighway is at the expense of capacity on federal highways. As a basis serves a pilot project named ELISA in the

federal state of Hesse. In its context, an electrical overhead line infrastructure was installed on the highway A5, which has already been put in operation and is currently being tested.

Especially, on a busy highway as the A5 (average daily traffic volume approx. 135,000 vehicles/day, and a share of heavy traffic approx. 10%), the road safety as well as performance is important. Also, the traffic flow has to be ensured during road maintenance services, accidents and special situations. The scope of this thesis is to simulate and assess these situations on the traffic flow for the eHighway test track in the software PTV Vissim. The results are compared between two software models. One with a fully integrated eHighway system and one without.

In order to be able to carry out the simulation, the eHighway system is first of all examined in its entirety and influences on the driving behaviour of road users on the motorway, both on free stretches of road and at work places, are examined. Afterwards, traffic parameters and models to describe the traffic flow are presented.

The road maintenance service as well as special situations are presented in general. Furthermore, the influences of the eHighway on those services and situations are identified. It is observed that especially services are affected, which are carried out near the overhead lines (e.g. the mowing of surrounding grass areas). The higher expenditure of time when performing these services means that the working sites (e.g. blocking individual lanes) remain longer. Ultimately, the traffic flow is influenced by the extended reduction in traffic capacity. This also applies to special situations and accidents. By integrating eHighways, new special situations like the damage on overhead lines are created.

To be able to simulate the real traffic flow in PTV Vissim, various assumptions are made for vehicle following behaviour, lane changes and desired vehicle speeds. The traffic volume, vehicle composition and vehicle types are based on real traffic data of the section of the A5 motorway. These traffic data are evaluated, and the traffic intensity of the peak hour is used as input into the simulation model. In order to map all the circumstances of the case studies, a total of five different models are simulated and the results are then linked together.

When modelling the test track in the simulation (PTV Vissim), results with and without the implementation of the eHighway section are compared in terms of travel times and average speeds, but without the existence of special situations. The analysis suggests that the mere integration of the eHighway with the OH-trucks (15% share) does not result in a significant change in the traffic flow. Accounting for the stochastic fluctuation of the simulation, an influence of the few OH-trucks cannot be determined.

Subsequently, two different case examples are selected from the road maintenance services and the special situations or incidents and are modelled in the simulation. On the one hand, a damage to the overhead line and, on the other hand, the mowing of the central strip between the carriageways when the masts are positioned in the central strip are considered.

It can be seen that the existence of the special situation in the eHighway, compared to the status quo without the special situation, has a clear influence on traffic flow. The average travel time of vehicles increases by up to 25% and at the same time the capacity of the route decreases significantly. An influence on the traffic flow of the route can also be detected in the performance of the road maintenance service. However, this is only very small, the travel time increases by about 2% and the capacity decreases slightly. The simulation of the traffic flow for road maintenance services and due to special situations on eHighways shows that the integration of an overhead line infrastructure has a measurable influence on travel time and traffic flow. Furthermore, the performance of road maintenance services can be limited, and traffic flow can be impaired by new special situations and incidents due to the eHighways.

Finally, the simulation results are classified, and statements are made regarding their transferability to reality.