
Kurzfassung

Name: Xiaoyu Yang

Thema: Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen unter Berücksichtigung des Systems „eHighway“

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

Der Gütertransport spielt eine große Rolle in einer modernen Volkswirtschaft. Allerdings können die Veränderungen der Güterstruktur sowie die zunehmende Verflechtung regionaler, nationaler und internationaler Wirtschaftsbeziehungen zu einem deutlich wachsenden Güterverkehr führen. Der Straßengüterverkehr hat vor allem in den vergangenen Jahrzehnten folglich seiner räumlichen und zeitlichen Flexibilität signifikant zugenommen und wird noch in Zukunft wachsen. Aufgrund des Wachstums des Straßengüterverkehrs steht die Gesellschaft vor großen Herausforderungen. Er ist fast vollständig von Erdöl abhängig, das zunehmend knapper wird und häufig in politisch wenig stabilen Regionen vorkommt. Trotz des Wachstums muss auch der Straßengüterverkehr einen maßgeblichen Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen leisten, um die international vereinbarten Klimaschutzziele zu erreichen. Darüber hinaus müssen lokalen Lärm- und Schadstoffemissionen von Straßengüterverkehr vor allem in den weltweit stetig wachsenden Ballungsräumen noch signifikant verringert werden. Als mögliche Lösungen für die ökologischen und ökologischen Probleme im Straßengüterverkehr kommen neue Antriebstechnologien im Bereich Güterverkehr in Frage. Eine davon ist das Mobilitätskonzept „eHighway-System“, das von Siemens AG auf Basis der erprobten Technologie aus der Bahnelektrifizierung entwickelt wird. E-LKW kann während der Fahrt auf Autobahnen über die Oberleitung mit Strom versorgt werden.

Derzeit wird die abschnittsweise Ausstattung von Fernstraßen mit Oberleitungs-Ladestation (eHighway) auf einem Streckenabschnitt der Bundesautobahn A5 in Hessen erprobt. Aber bisher existieren nur wenige Kenntnisse bezüglich der grundsätzlichen Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer des Systems „eHighway“. Die daraus veränderten Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer können unmittelbar auf den bestehenden Verkehrsablauf der Teststrecke auswirken. Die Auswirkungen von den veränderten Verhaltensweisen müssen vorher ermittelt werden, so dass ein möglichst beeinträchtigungsfreier Verkehrsablauf zu gewährleisten ist.

Das Ziel dieser Arbeit, ist es der Verkehrsablauf auf Autobahnen unter Berücksichtigung des Systems „eHighway“ durch Simulation anschaulich darzustellen. Durch Auswertung der Simulation können die Auswirkungen von dem System „eHighway“ auf den bestehenden Verkehrsablauf ermittelt werden. Anschließend sind die erforderlichen Verkehrsmanagementansätze auf der „eHighway“ Teststrecke zu definieren, mit den den auftretenden, den Verkehr negativ beeinflussenden Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer entgegengewirkt werden kann.

Zunächst wird das System „eHighway“ auf Basis bisheriger Veröffentlichungen vorgestellt. Das System „eHighway“ besteht aus den vier Teilsystemen Oberleitungsinfrastruktur, Fahrweg, elektrisches Fahrzeug und Anlagenbetrieb. Im Gegensatz wird der Status Quo des in dieser Arbeit untersuchten Streckenabschnitts ohne Einbindung des Systems „eHighway“ vorgestellt. Dazu gehören bestehende tägliche Verkehrsstärke, Schwerverkehrsanteil, Straßenbauliche Beschreibung sowie ökologische und ökonomische Zustände der Strecke. Anschließend werden Grundlagen zur Beschreibung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen, Verkehrsmanagementansätze sowie Verkehrsflusssimulation angeführt. Auf Basis der Grundlagen ist die Simulation im weiteren Verlauf der Arbeit zu entwickeln.

Danach werden die Einflüsse des Systems „eHighway“ auf die Verkehrsteilnehmer analysiert. Durch Vergleich des Systems „eHighway“ mit dem Status Quo der Strecke sind können die Einflüsse ermittelt werden. Ferner werden die Einflüsse des Systems „eHighway“ durch Durchführung einer Probefahrt aus Sicht eines Fahrers untersucht. Sowohl die Einflüsse von der Oberleitungsinfrastruktur als auch von der neuen Verkehrsteilnehmer E-LKW werden in dieser Arbeit berücksichtigt. Zu den Einflüssen der Oberleitungsinfrastruktur zählen Einflüsse von Masten, Ausleger sowie Fahrdrathleitungen. Die neuen Verkehrsteilnehmer E-LKW können auch den Verkehrsablauf beeinflussen, weil sie aus wirtschaftlichen Gründen mit niedrigerer Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke fahren könnten, um die Batterie länger über die Oberleitung aufgeladen werden zu können.

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die Auswirkungen des Systems „eHighway“ auf die Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer auf Basis der ermittelten Einflüsse untersucht. Zuerst werden die Verkehrsteilnehmer auf Autobahnen in verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen aufgeteilt., weil die Verhaltensweisen sich zwischen Verkehrsteilnehmergruppen unterscheiden können. Zudem werden die Verhaltensweise zwischen Verkehrsteilnehmergruppen unterschiedlich von dem System „eHighway“ verändert. Zu den Verhaltensweisen auf Autobahnen zählen Geschwindigkeitswahl, Überholverhalten, Abstandverhalten, Spurwechselverhalten, Autobahn-Auffahren und Autobahn-Ausfahren. In dieser Arbeit werden die Veränderungen der vorgenannten Verhaltensweisen getrennt analysiert. Dann werden die veränderten Verhaltensweisen nach Verkehrsteilnehmergruppen in einer Tabelle zusammengefasst, damit die Auswirkungen des Systems „eHighway“ auf die Verhaltensweisen aller Verkehrsteilnehmer anschaulich aus der Tabelle identifiziert werden können.

Der Verkehrsablauf wird auf Basis der Verhaltensweise des einzelnen Fahrzeuges simuliert. Für die Simulation wird die Software PTV VISSIM (PTV Group) ausgewählt. In dieser Arbeit werden zuerst die Vorteile von PTV VISSIM gegenüber der Software Paramics für die gezielte Simulation vorgestellt. Die Parameter von allen in dieser Arbeit definierten Verhaltensweisen auf Autobahnen können in der PTV VISSIM selbst eingestellt werden. Darauf können die ermittelten Veränderungen der Verhaltensweisen vollständig in die Simulation eingebunden werden. Außerdem kann PTV VISSIM gegenüber Paramics den Verkehrsablauf auf Autobahnen realisierter abbilden, weil mehrere realisierten Verhaltensweise bei der Entwicklung der PTV VISSIM berücksichtigt werden.

Dann wird die Simulation auf Basis der ermittelten veränderten Verhaltensweisen aller Verkehrsteilnehmergruppe entwickelt. Die Simulation erfolgt in vier Schritten. Schritt 1 wird der Verkehrsablauf des untersuchten Streckenabschnitts auf der Bundesautobahn A5 ohne Einbindung des Systems „eHighway“ simuliert. Danach wird die entwickelte Simulation kalibriert. Schritt 2 wird das System „eHighway“ und die veränderten Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer in die Simulation eingebunden. Die entwickelten Simulationen werden anschließend sowohl auf makroskopischer Ebene als auch auf mikroskopischer Ebene ausgewertet. Durch Vergleich der ausgewerteten Verkehrsparameter der Strecke mit „eHighway“ und ohne „eHighway“ ist zu sehen, dass der gesamte Verkehrsablauf sich aufgrund des Systems „eHighway“ fast nicht verändert, weil die mittlere Reisezeit, die mittlere Geschwindigkeit sowie die mittlere Verlustzeit sich nur wenig verändern. Aber zugleich erhöht sich die Anzahl überholender Fahrzeuge auf den zwei rechten Fahrstreifen in zwei Kilometern ab dem Anfang „eHighway“ um 20 Prozent, weil die Verkehrsteilnehmer auf der einzelnen Fahrstreifen unterschiedlich von dem System beeinflusst werden. Schritt 3 werden die Zeithorizonte von sechs Monaten sowie einem Jahr unter Berücksichtigung der Veränderung von Verhaltensweisen in die Simulation eingebunden. Das Ergebnis der Simulation zeigt, dass das Systems „eHighway“ im Lauf der Zeit immer weniger Einflüsse auf den Verkehrsablauf hat. Nach einem Jahr kann die Veränderung des Verkehrsablaufs nicht mehr auf dem Streckenabschnitt auftreten. Schritt 4 werden erforderliche Verkehrsmanagementansätze in der Simulation definiert, damit die negative Verhaltensweisen durch entsprechende Maßnahmen entgegengewirkt werden können. Nach der Untersuchung über Autobahnunfälle spielt Fehler beim Überholen als dritter großer Faktor der Unfallursachen. Dazu wird eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h auf der zwei-Kilometer-Strecke ab dem Anfang „eHighway“ eingesetzt. Das Ergebnis der Simulation zeigt, dass die Anzahl überholender Fahrzeuge durch die Geschwindigkeitsbeschränkung um 25 Prozent verringert werden kann.

Am Ende dieser Arbeit werden die Auswirkungen des Systems „eHighway“ und die Verwendbarkeit der entwickelten Simulation auf Autobahnen mit zwei oder drei Fahrstreifen weiter diskutiert. Für Autobahnen mit drei Fahrstreifen muss nur der linke Fahrstreifen von der Simulation gelöscht werden. Für Autobahnen mit zwei Fahrstreifen müssen zugleich die Verkehrsteilnehmergruppen der Simulation angepasst. Der Verkehrsablauf auf Autobahnen mit zwei oder drei Fahrstreifen könnte stärker von dem System „eHighway“ beeinflusst. Die Ursache ist, dass höhere Anteil von Verkehrsteilnehmern auf diesen Autobahnen ihre Verhaltensweisen aufgrund des Systems „eHighway“ verändern könnten, weil die Anteil der Verkehrsteilnehmer auf den zwei rechten Fahrstreifen höher ist. Die Auswirkungen des Systems „eHighway“ auf den Verkehrsablauf können besonders auffällig erscheinen, wenn das System auf Autobahnen mit zwei Fahrstreifen eingerichtet wird. Trotzdem können die Auswirkungen durch die definierte Verkehrsmaßnahme verringert werden, wenn die Verhaltensweisen aller Verkehrsteilnehmer durch die einheitliche Geschwindigkeitsbeschränkung gleich geregelt werden.

Abstract

Name: Xiaoyu Yang

Topic: Simulation of Traffic Flow on Highways in Consideration of „eHighway“-System

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

Freight transport plays an important role in modern economy. However, the changes in the structure of goods and the increasing interdependence of regional, national and international economic relations can lead to a significant increase in freight transport. Road freight transport has thus increased significantly in terms of its spatial and temporal flexibility over recent decades and will continue to grow in the future. Due to the growth of road freight transport, society faces an enormous challenge. It relies almost entirely on oil, which is increasingly scarce and often found in politically unstable regions. As road freight increases, it must also contribute significantly to reducing carbon dioxide emissions in order to achieve the internationally agreed climate protection goals. In addition, local noise and pollutant emissions from road freight transport must be substantially reduced, especially in the world's growing metropolitan areas. New power technologies in the freight sector as possible solutions to economic and ecological problems in road freight transport come into question. One of them is the mobility concept “eHighway-System”, which is being developed by Siemens AG on the basis of proven technology from railway electrification. The E-truck is able to be powered through catenary while on the highway.

At present, the partial equipment of highway with catenary-charging station (eHighway) are being tested on a section of the A5 highway in Hessen. But there is currently only little expertise about the fundamental acceptance of the “eHighway” system’s traffic participants. The changed behavior of road users can directly affect the existing traffic running of the test section. The influence of the changed behavior must be made clear in advance to ensure that traffic running is as free of damage as possible.

The purpose of this paper is to illustrate the traffic running on the highway by simulation with consideration of the system “eHighway”. Through the evaluation of simulation, the influences of the system “eHighway” on the existing traffic running can be made clear. Subsequently, the necessary traffic management methods on the test section of the “eHighway” are defined to counteract the behavior of the road users, that have the adverse influence on traffic.

First, the “eHighway” system will be presented on the basis of previous publications. The “eHighway” system, like every electrical traffic system, consists of the four subsystems of catenary equipment, roadway, electric vehicle and plant operation. In contrast, the status quo of the research section in this paper is presented without the involvement of the “eHighway” system, which includes the existing daily traffic intensity, the proportion of heavy cargo transportation, road construction description and ecological and economic conditions on this section. Then, the basis for the description of the traffic running on highways, traffic management approaches as well as traffic running simulation are given. On this basis, the simulation will be developed in the further process of this paper.

Afterwards the influences of the system “eHighway” on the road users are analyzed. By comparing the system “eHighway” with the status quo of the route, the influences are to be determined. Furthermore, the influences are studied through a test drive from the driver’s perspective. Both the influences of the catenary equipment and the new road users E-trucks are considered in this paper. The influence of the catenary equipment includes the influence of the mast, the outriggers and the trolley cables. The new road users E-trucks could also affect the traffic flow because they travel on the route at low speeds for economic reasons, in order to be able to charge longer through the catenary.

In the further process of this paper, the effects of the "eHighway" system will be studied on the basis of the determined influences on the behavior of road users. First, the road users on the highway are divided into different groups, and their behavior varies between different groups. At the same time, behaviors between road user groups are changed differently due to the “eHighway” system. These behaviors of road users include speed selection, overtaking behavior, distance keeping, lane change behavior, highway ramping, and highway extension. The changes of all the behaviors mentioned above, which due to the “eHighway” system, will be analyzed separately. Subsequently, the changed behaviors are grouped through road user group in a table to clearly identify the effect of the “eHighway” system on the behaviors of all road users.

The traffic flow is simulated on the basis of the behavior of the individual vehicle. For this the software PTV VISSIM (PTV Group) is selected to use. In this thesis the advantages of PTV VISSIM against the software Paramics for the targeted simulation will be presented. The parameters of all the aforementioned behaviors on the highway can be set in PTV VISSIM itself. The determined changes of behavior can then be fully integrated into the simulation. In addition, PTV VISSIM against Paramics can more realistically imitate the traffic running on the highway, because PTV VISSIM takes more practical behaviors into consideration.

Then the simulation continues on the basis of the determined changed behavior of all road users. The simulation is done in four steps. Step 1 simulates the traffic flow of the studied section of the A5 highway without the involvement of the “eHighway” system. Then the developed simulation will be calibrated. Step 2 integrate the “eHighway” system and the changed behaviors in the simulation. The developed simulations are then evaluated both at the macroscopic level and at the microscopic level. By comparing the evaluated traffic parameters of the route with “eHighway” and without “eHighway”, it can be seen that the entire traffic running almost does not change due to the “eHighway” system, because the average travel time, average speed and average loss time change only slightly. But at the same time, due to the existence of the different behavior on each lane, the number of overtaking vehicles on the two right-hand lanes will increase by 20 per cent in two kilometers from the beginning “eHighway”. Step 3 integrates the time horizons of six months and one year into the simulation, taking into account the change in behavior. The result of the simulation shows that the system "eHighway" has less and less influence on the traffic running over time. A year later, this weak deviation of the traffic running can no longer appear on the road. Step 4 defines necessary traffic management methods in the simulation so that the negative behaviors can be counteracted by the management methods. According to an investigation into the causes of highway accidents, mistakes in overtaking is the third leading cause of accidents. To prevent this, add a speed limit of 100 km / h on the two-kilometer route from the beginning “eHighway”. The number of overtaking vehicles through this speed limit has been reduced by 25 percent.

Finally, the influences of the system “eHighway” and the availability of the simulation on highways with two or three lanes are also discussed. For highways with three lanes, only has to be deleted the left lane of the simulation. For highways with two lanes, must be adjusted the road user groups in the simulation at the same time. The traffic running on highways with two or three lanes could be more influenced by the “eHighway” system. The reason is that a higher proportion of road users on these highways could change their behavior due to the “eHighway” system because the proportion of road users on the two right lanes is higher. The effect of the “eHighway” system on traffic can be particularly noticeable, when the system is set up on two-lane highways. Nevertheless, the effect can be reduced through the defined traffic measure if the behaviors of all road users are equally regulated by the uniform speed limit on the route.