

---

## Kurzfassung

---

Name: Philipp Krüger  
Thema: Analyse der Integrierbarkeit von Lkw-Platooning in das eHighway-System  
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze  
M.Sc. Danny Wauri

In den letzten Jahren ist ein stetiger Anstieg der Transportleistung im Straßengüterverkehr zu verzeichnen gewesen. Dieser Anstieg wird sich laut Prognosen des statistischen Bundesamtes in den nächsten Jahren auch nicht abschwächen. Dazu bei trägt die steigenden Nachfrage an hochwertigen Konsumgütern gegenüber Massengütern. Um dieser Nachfrage in Bezug auf Schnelligkeit und Termintreue gerecht zu werden, wird derzeit fast ausschließlich auf den Verkehrsträger Lkw zurückgegriffen. Der Antrieb der Lkw basiert heutzutage fast vollständig auf der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Um die durch die Ratifikation des Pariser Klima Abkommens gesteckten Klimaziele zu erreichen, ist es notwendig den CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf Grund von der Verbrennung fossiler Brennstoffen zu reduzieren. Eine Alternative zur Verbrennung fossiler Brennstoffe bietet das System eHighway.

Bei diesem werden Lkw mit einer Batterie, einem Pantographen und einem Elektromotor ausgestattet. Für Fahrten abseits des eHighway ist ein Dieselmotor vorhanden. Zusätzlich wird beim System eHighway über dem rechten Fahrstreifen eine Oberleitungsinfrastruktur installiert. Dementsprechend ist es den Hybrid-Oberleitungs-Lkw möglich während der Fahrt die mitgeführte Batterie aufzuladen und gleichzeitig rein elektrisch zu fahren. Diese Technik befindet sich derzeit auf einem Testabschnitt auf der Autobahn A5 in der Erprobungsphase. Um die Effizienz dieses Systems weiter zu steigern erscheint es sinnvoll die Integrierbarkeit von Lkw-Platooning in das eHighway-System zu untersuchen.

Um die Integrierbarkeit zu untersuchen wird in dieser Arbeit eine Simulationsumgebung mit dem Programm VISSIM der PTV Group geschaffen. In VISSIM wird die eHighway Teststrecke auf der A5 abgebildet. Anschließend werden Lkw-Platoons in VISSIM modelliert und diese über die Teststrecke fahren gelassen. Aus den daraus ableitbaren Einflüssen auf das Fahrverhalten, sowie den Verkehrsablauf kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob das Lkw Platooning in das System eHighway integrierbar ist oder nicht.

Im ersten Teil der Arbeit werden die Grundlagen des Systems eHighway vorgestellt. Dazu gehört die Infrastruktur des eHighway, welche sich in die Komponenten elektrische Energieversorgung, Gleichrichterunterwerke, Masten und Quertrageinrichtungen und Oberleitung untergliedert. Darüber hinaus wird auf den Fahrweg eingegangen. Er teilt sich in Schutzeinrichtungen am Fahrweg, sowie Signalisierung und Beschilderung auf. Anschließend wird auf die Fahrzeuge und deren Technik eingegangen.

Im zweiten Teil der Arbeit wird auf die Grundlagen des Verkehrsablaufs eingegangen. Dabei werden Kenngrößen herausgearbeitet, mit dessen Hilfe später in der Arbeit, entstanden Auswirkungen auf den Verkehrsablauf bewertet werden können. Diese Kenngrößen werden aus den Regelwerken HBS, HCM, EWS und RIN entnommen. Die ermittelten Kenngrößen werden einer Optimierung unterzogen, welche ebenfalls dazu beiträgt die ermittelten Auswirkungen auf den Verkehrsablauf einordnen zu können.

Im dritten Abschnitt der Arbeit wird die Funktionsweise des Lkw-Platooning untersucht. Zunächst wird dabei auf die Funktionsweise des Platooning eingegangen. Dabei wird auf die Parameter Geschwindigkeit, Platoonbildung- und Auflösung, Bremsen im Platoon und die Zielsetzung des Platooning eingegangen. Daran an schließen sich die fahrzeugseitigen Voraussetzungen des Lkw-Platooning. Hierbei wird auf die

---

Systemarchitektur und das Koordinatormodul, die Sensorik, die Aktorik, das Fahrerinformationssystem und auf die Voraussetzungen für das Beschleunigungs- und Bremsvermögen des Platoons eingegangen. Nachfolgend werden die infrastrukturseitigen Voraussetzungen betrachtet. Hierbei werden statische Lasten, dynamische Lasten und der Querschnitt betrachtet. Als letzte Kategorie bezüglich der Voraussetzungen werden die notwendigen legislatorischen Voraussetzungen erläutert.

Der wesentliche Teil des dritten Abschnitts ist jedoch die Bestimmung der Einflüsse und Auswirkungen des Platooning in Verbindung mit dem eHighway. In diesem Gliederungspunkt werden potentielle Auswirkungen auf das Fahrverhalten, den Verkehrsablauf sowie sonstige Auswirkungen ermittelt. Anschließend werden hieraus Hypothesen formuliert, welche es im darauffolgenden Kapitel zu überprüfen gilt. Es wird zwischen mit Hilfe von VISSIM überprüfbareren Hypothesen und nicht überprüfbareren Hypothesen unterschieden. Diese sind in einer zusammenfassenden Tabelle am Ende des Kapitels ersichtlich. Die aufgestellten Hypothesen werden in Form von Diagrammen miteinander verknüpft, um die Zusammenhänge zwischen Einflüssen, Wirkungen und Auswirkungen zu visualisieren.

Im darauffolgenden Kapitel wird Simulation des Verkehrsablaufs mittels PTV VISSIM beschrieben. Als erstes wird dabei auf die Parameter eingegangen, welche anzuwenden sind, um das vorliegende Szenario zu modellieren. Anschließend wird die Abbildung des elektrifizierten Autobahnabschnitts in VISSIM beschrieben. Bei der Erstellung dieses Simulationslayouts wurde sich darauf beschränkt, neben der Abbildung des eigentlichen eHighway nur den Parkplatz Täubcheshöhle und die Tank- und Rastanlage Gräfenhausen abzubilden. Dieses Vorgehen wurde gewählt, weil in der Studentenversion von VISSIM lediglich eine Fläche in Form eines Quadrats von einem Quadratkilometer Fläche zur Verfügung steht. Darüber hinaus bringt die Darstellung der restlichen Parkplätze keinen Erkenntnisgewinn gegenüber der gewählten Darstellungsform. Anschließend ist die Einbindung des Platooning in das Simulationslayout dargestellt. Als nächster Schritt werden die gewählten Werte für die Parameter der Simulation dargelegt. Hierbei wird unter anderem auf die Verkehrsbelastung, sowie auf die Fahrzeugklassen und Fahrzeugtypen eingegangen. Im Anschluss daran erfolgt die Kalibrierung und Validierung des Simulationsmodells. Diese Schritte sind notwendig, um zu gewährleisten, dass die Ergebnisse der Simulation auch auf die Realität anwendbar sind.

Daran an schließt sich die Analyse des Verkehrsablaufs. Um diese zu bewerkstelligen, wird die Simulation mehrfach hintereinander durchgeführt. Ein Intervall des gesamten Simulationslaufs ist auf eine Länge von 600 s begrenzt. Die Ergebnisse der einzelnen Simulationsintervalle werden als Einheit betrachtet und ergeben die Datenbasis für die Analyse des Verkehrsablaufs. Für die Erhebung der Analysedaten ist es Voraussetzung, dass Querschnittsmessstellen in das Simulationslayout hinzugefügt werden. Diese befinden sich nach dem Parkplatz Täubcheshöhle und nach der Tank- und Rastanlage Gräfenhausen. Somit kann bei den Einflüssen auf den Verkehrsablauf zwischen Einflüssen bei geschlossenem Platoon und aufgelöstem Platoon unterschieden werden.

Im weiteren Verlauf von Kapitel 5 werden die zuvor aufgestellten Hypothesen wieder aufgegriffen, um sie mit Hilfe der ermittelten Daten zu belegen oder zu widerlegen. Dazu wurden die Daten aus VISSIM in MS Excel importiert und ausgewertet. Darüber hinaus wurden die Messungen erneut mit anderen Anteilen von OH-Lkw durchgeführt. Das Ziel davon ist es, etwaige Abhängigkeiten der Simulationsergebnisse oder bei der Bewertung der Hypothesen identifizieren zu können. Hierbei konnten jedoch nur geringe Abweichungen festgestellt werden.

---

Im sechsten und letzten Kapitel werden die Erkenntnisse bezüglich der Integrierbarkeit des eHighway in das System eHighway dargestellt. Es wurden zwei verschiedene Kategorien von Auswirkungen identifiziert. Zum einen Auswirkungen auf das Fahrverhalten und zum anderen Auswirkungen auf den Verkehrsablauf. Bezüglich des Fahrverhaltens konnten eine erhöhte Anzahl von Überholmanövern der nachfolgenden Verkehrsteilnehmer ermittelt werden. Zusätzlich konnte eine Abnahme der momentanen Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer auf dem zweiten Fahrstreifen von rechts ermittelt werden.

Bezüglich des Verkehrsablaufs konnten ebenfalls Abweichungen identifiziert werden. Aus der Integration des Platooning folgt eine erhöhte Anzahl von Überholvorgängen durch nicht im Platoon gebundenen OH-Lkw. Darüber hinaus ist ein Anstieg der Verkehrsstärke auf den beiden linken Fahrstreifen zu verzeichnen. Im Zuge dessen geht die mittlere lokale Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer diesen Fahrstreifen zurück. Des Weiteren konnte eine Reduktion der mittleren lokalen Geschwindigkeit der konventionellen und der OH-Lkw bestimmt. Eine weitere Auswirkung im Zusammenhang mit dem Verkehrsablauf, ist die Reduktion der Fahrzeugreisezeit der Fahrzeugklassen Pkw, OH-Lkw und konventioneller Lkw. Die letzte identifizierte Auswirkung auf den Verkehrsablauf hängt mit der Neubildung von Platoons zusammen. Es kommt zu einer Störung der Neubildung, wenn platooningfähige OH-Lkw zum Einsatz kommen.

Abschließend ist festzustellen, dass die Integrierbarkeit von Platooning in das eHighway System nicht gegeben ist.