

---

## Kurzfassung

---

Name: Chiara Sass  
Thema: Einfluss von E-Scootern auf den Verkehrsablauf an innerstädtischen Knotenpunkten  
Betreuer: Prof. Dr. Ing. Manfred Boltze  
M.Sc. Danny Wauri  
M.Sc. Xiaochen Yu

---

Vor dem Hintergrund der steigenden Verkehrsleistung der letzten Jahre und den damit einhergehenden steigenden Emissionen, wurden im Rahmen des Pariser Klimaabkommens Reduzierungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bis zum Jahre 2050 beschlossen. Da der Verkehrsbereich zu den drei großen Emittenten von CO<sub>2</sub> zählt, gilt es, durch die Förderung des Umweltverbundes und der Schaffung neuer und innovativer Mobilitätskonzepte, welche mit bereits bestehenden Angeboten verknüpft werden sollen, die sogenannte Verkehrswende voranzutreiben. Dabei wird es auch als Ziel gesehen, das nach dem zweiten Weltkrieg etablierte Konzept der autogerechten Stadt zu überwinden und damit die derzeit vielerorts überlastete Infrastruktur zu entlasten. Ein Baustein der Verkehrswende können E-Scooter darstellen, die im Juni 2019 in Deutschland eingeführt wurden. Diese, mit einem Elektromotor angetriebene Tretroller mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h werden in vielen Städten weltweit im Sharing-Konzept angeboten. Grundsätze zum Betrieb und zur Zulassung sind in der dazu erlassenen Elektrokleinstfahrzeugverordnung (eKFV) niedergeschrieben.

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Einfluss von E-Scootern auf den Verkehrsablauf an innerstädtischen Knotenpunkten mit Hilfe einer Simulation mit der Studentenversion der Simulationssoftware PTV Vissim ermittelt. Darauf aufbauend werden Konzepte erarbeitet, die den Knotenpunkt unter Berücksichtigung der steigenden Verkehrsnachfrage leistungsfähig und sicher gestalten. Der Fokus liegt dabei auf der Verbesserung der Radinfrastruktur.

Um einen Einblick in die Wichtigkeit der Thematik zu bekommen, werden im ersten Schritt der Arbeit die Entwicklungen und Potentiale verschiedener, für die Simulation relevanten, Verkehrsträger im innerstädtischen Bereich betrachtet. Zu diesen zählen der motorisierte Individualverkehr, der innerstädtische Güterverkehr sowie der Fuß- und Radverkehr. Hierzu wird detailliert auf die unterschiedlichen Formen des Radverkehrs, wie E-Bikes und Lastenräder, eingegangen. Der ÖPNV wurde dabei, auf Grund der Datenverfügbarkeit nicht weiter berücksichtigt. Zur Vervollständigung des innerstädtischen Angebots werden außerdem Elektrokleinstfahrzeuge aufgegriffen. Diese beinhalten auch den in dieser Arbeit im Fokus stehenden E-Scooter.

Um einen detaillierten Einblick in die gesetzlichen Regelungen und die Funktionsweise des E-Scooters zu bekommen, wird im weiteren Verlauf der Arbeit zunächst der Begriff des E-Scooters bestimmt, bevor die wichtigsten legislatorischen Regelungen aufgegriffen und erläutert werden. Darauf aufbauend wird die Funktionsweise des E-Scooter-Sharings anhand der Tier-Mobility GmbH erläutert.

Um im weiteren Verlauf der Arbeit Szenarien für die Simulation entwickeln zu können, werden die Nutzungsentwicklungen von E-Scootern in den USA und in Frankreich näher betrachtet. Zum Abschluss

---

des Themenblocks werden Potentiale und Herausforderungen von E-Scootern beschrieben und die Szenarien aufgestellt.

Im Anschluss wird detailliert auf die Richtlinien zur Gestaltung von innerstädtischen Knotenpunkten eingegangen. Dabei wird nach der Infrastruktur für den motorisierten Verkehr, für den Fuß- und den Radverkehr unterschieden. Im Hinblick auf den Aufbau von Konzepten im weiteren Verlauf der Arbeit, werden Vorgehensweise zur Gestaltung der Radverkehrsinfrastruktur in den Ländern mit dem höchsten Radverkehrsanteil in Europa herangezogen. Daran anknüpfend werden Faktoren zum Fahrverhalten näher betrachtet. Im letzten Schritt des Kapitels werden für die Simulation relevante Kenngrößen des Verkehrsablaufs aufgegriffen.

Vor dem Aufbau der Simulation werden Hypothesen, unterteilt in die Kategorie Fahrverhalten und Verkehrsablauf erstellt. Diese werden im weiteren Verlauf der Arbeit mit der Simulationsumgebung PTV Vissim überprüft und zur Bewertung der Simulationsergebnisse herangezogen.

Bevor auf den Aufbau des Simulationsmodells eingegangen wird, wird die Studentenversion der Simulationssoftware PTV Vissim mit ihren Einschränkungen kurz erläutert. Der Aufbau des Modells erfolgt mit Hilfe der Hintergrundkarte, des Lageplans des Knotenpunkts und einer eigens durchgeführten Verkehrszählung. Nach dem Aufbau des Streckennetzes wird die LSA-Steuerung anhand der von der Stadt Darmstadt bereitgestellten Signalzeitenpläne hinterlegt. Die Verkehrsdaten werden auf Basis der Spitzenstunde in das Modell eingefügt. Im Anschluss werden die Parameter des Fahrverhaltens konfiguriert und die Messquerschnitte zur späteren Auswertung hinterlegt. Den Abschluss des Modellaufbaus bilden die Schritte der Kalibrierung und Validierung, wodurch sichergestellt wird, dass das Modell realitätsgetreu aufgebaut wurde.

Insgesamt wurden drei Szenarien mit der Simulationsumgebung PTV Vissim simuliert. Zunächst wurde das Szenario 0, das den Status-quo darstellt, als Grundlage der Auswertungen dargestellt. Dieses wurde im Anschluss anhand der Parameter Geschwindigkeit und Qualität bewertet. Die beiden weiteren Szenarien zeigen verschiedene Möglichkeiten der Abwanderung zum E-Scootern auf. Dabei wird in Szenario 1 von einer hohen Abwanderung vom MIV ausgegangen. Szenario 2 stellt die Abwanderung besonders aus dem Bereich des Umweltverbundes dar.

Die Auswertung und Analyse der Simulationsergebnisse erfolgt auf Grundlage der aufgestellten Hypothesen. Dabei zeigt sich, dass keine signifikanten Veränderungen der Kenngrößen, durch die Einführung von E-Scootern, am ausgewählten Knotenpunkt, auftreten. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Simulationen mit einer Studentenversion von PTV-Vissim durchgeführt werden, und es dabei zu einigen Einschränkungen kommt. Hierbei kann beispielweise nur über eine Zeit von 600 s simuliert werden, wodurch mögliche Stauzustände nicht abgebildet werden können.

Aufbauend auf den Simulationsergebnissen werden im letzten Schritt Maßnahmen und Konzepten zur Verbesserung der Radinfrastruktur an Knotenpunkten erarbeitet. Da die Ergebnisse keine Veränderungen in der Leistungsfähigkeit des Knotenpunktes durch die Einführung der E-Scooter aufweisen, wird der Fokus bei der Ausarbeitung auf den Aspekt der Sicherheit, der Umweltverträglichkeit und der Wirtschaftlichkeit gelegt.

---

Zunächst werden hierzu fünf Maßnahmen erarbeitet. Zu diesen zählt die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf Tempo 30, da die durchschnittlich gefahrene Geschwindigkeit in der Simulation in allen Szenarien 36 km/h beträgt. Weiterhin wird die getrennte Signalisierung des Radverkehrs und damit auch die Schaffung getrennter Radverkehrsanlagen empfohlen. In einem weiteren Schritt soll die Einführung einer City-Maut zu einer Reduzierung des Kfz-Aufkommens führen. Um die Sicherheit auch an Knotenpunkten mit einer geringen Flächenverfügbarkeit zu verbessern, wird in Anlehnung an ein Pilot-Projekt in Kopenhagen eine dynamische Verkehrsführung als Maßnahme empfohlen. Hierbei werden im Asphalt LEDs verbaut, wodurch entsprechend der unterschiedlichen Verkehrszeiten Fahrstreifen bedarfsgerecht geschaltet werden können. Durch diese Maßnahme, kann zumindest in der Nebenverkehrszeit auf die Bedürfnisse der Verkehrsteilnehmer des Umweltverbundes eingegangen werden.

Die aufgestellten Maßnahmen werden zunächst in Maßnahmenbündel zusammengefasst, bevor darauf aufbauend zwei Konzepte entwickelt werden. Das erste Konzept verfolgt die Umsetzung statischer Maßnahmen, das zweite Konzept legt den Fokus auf eine dynamische Regelung.

Beide Konzepte werden zunächst am zur Simulation verwendeten Knotenpunkt angewendet. Die daraus resultierenden Simulationsergebnisse werden denen der Szenarien 1 und 2 gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, dass beide erarbeiteten Konzepte ohne Einbußen der Leistungsfähigkeit umgesetzt werden können.

Zur Überprüfung der Übertragbarkeit der Konzepte werden in einem letzten Schritt der Arbeit drei weitere Knotenpunkte in Darmstadt ausgewählt, die sich in ihrem Aufbau und ihrer Bedeutung innerhalb des Netzes unterscheiden. Hierbei zeigt sich, dass das Konzept mit dynamischen Maßnahmen besonders an Knotenpunkten mit einer geringen Flächenverfügbarkeit und einem hohen Aufkommen empfohlen werden kann. Das statische Konzept ist an Knotenpunkten mit Hauptverkehrsachsen zu empfehlen, da dort hohe Konfliktflächen zwischen motorisierten und nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern auftreten.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Simulation an einem spezifischen Knotenpunkt in Darmstadt mit der Studentenversion von PTV-Vissim durchgeführt wurde. Zur Überprüfung der Ergebnisse wird daher empfohlen, eine solche Simulation mit einer Vollversion über einen bestimmten Streckenabschnitt mit mehreren Knotenpunkten durchzuführen.