

---

---

## Kurzfassung

---

<b>Name:</b>	Tobias Aiko Monzert
<b>Thema:</b>	Entwicklung eines Verfahrens zur Planung von Ladestationen für Oberleitungs-Lkw im Fernstraßennetz.
<b>Betreuer:</b>	Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze, M.Sc. Kevin Rolko

---

Um die Emissionen von Kraftfahrzeugen zu senken, wurden in den vergangenen Jahren vermehrt politische Ziele vereinbart, die durch die Industrie umgesetzt werden sollen. Nicht zuletzt durch verschiedene Abgasskandale in jüngster Zeit stehen konventionelle Antriebe, insbesondere der Dieselmotor, in zunehmender Kritik. Im Fokus der Betrachtungen stehen dabei zumeist Pkw und deren mögliche alternative Antriebe wie rein elektrisch angetriebene oder Hybrid-Fahrzeuge.

Durch das hohe Aufkommen an dieselbetriebenem Schwerverkehr im Transportsektor ist aber auch die Forschung für künftige Antriebsmodelle von Lkw von hoher Dringlichkeit. Durch seine hohe Flexibilität und niedrigen Kosten wird der Lkw als Verkehrsmittel auch in Zukunft eine tragende Rolle im Transportgewerbe einnehmen.

Im Kontext staatlicher Emissionsminderungsziele wird daher derzeit die abschnittsweise Ausstattung von Straßen mit Oberleitungs-Ladestationen diskutiert. Oberleitungs-Hybrid-Lkw (OH-Lkw) können so während der Fahrt Energie zuführen, die verbauten Batterien werden nur für den Nahbereich benötigt. Zur Planung der Standorte dieser Anlagen sind Kenntnisse über die räumliche Struktur der Güterverkehrsnachfrage essentiell.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, ein Verfahren zu entwickeln, das es ermöglicht, die Länge und Lage von Oberleitungs-Ladestationen auf der Straßenverkehrsinfrastruktur aus simulierten, aber realistischen Fahrtverläufen schwerer Nutzfahrzeuge abzuleiten.

Im ersten Abschnitt der Arbeit sollen die Rahmenbedingungen für das zu entwickelnde Verfahren geprüft und auf ihren Einfluss für das Modell untersucht werden.

Hierbei wird zunächst der Stand der Forschung zu OH-Lkw betrachtet. Es wird geschildert wie das Funktionsprinzip aufgebaut ist, welche baulichen Aspekte bei der Verfahrensentwicklung zum Tragen kommen und inwiefern die elektrische Sicherheit Einfluss auf das System hat.

Im Weiteren werden Vor- und Nachteile des Systems aufgezeigt und aktuelle Teststrecken vorgestellt.

Das Verfahren soll auf einem Modell aufbauen, welches das Verhalten von OH-Lkw im Einsatz innerhalb einer Lieferkette simuliert. Dazu werden sowohl die technischen Grundlagen von OH-Lkw untersucht, als auch der generische Modellbildungsprozess dargestellt, an dem sich die Modellentwicklung orientiert.

Vor der Modellbildung wird der Leser über die agentenorientierte Modellierung sowie über die Mehrmethoden-Software AnyLogic informiert, die den Entwicklungsraum des Modells darstellen.

---

Im Rahmen der Modellbildung werden zunächst die Anforderungen an einem ersten Prototyp erarbeitet, der zur Fahrtensimulation eingesetzt werden soll. Durch einen Modelscope wird genauer definiert, was die Aufgaben des Prototyps sind.

Zu Beginn der Modellbildung werden zunächst die Eingangsparameter untersucht. Mit Hilfe von Quellen des Systemherstellers können aus empirischen Daten lineare Zusammenhänge hergeleitet werden, die im Prototyp Anwendung finden.

Neben dem Lade- und Entladeverhalten der Batterien werden u.a. auch die Masse der OH-Lkw sowie Betriebs- und Umschlagszeiten im Modell berücksichtigt.

Im Kapitel „Modellstruktur“ wird der Aufbau des Modells und die uugrunde liegenden Logiken erläutert. Es wird dargestellt, wie sich Aktivitätsfolgen der OH-Lkw zusammensetzen, deren gesammelte Informationen dazu dienen können, Daten zu Lage und Länge von benötigten Oberleitungen herzuleiten.

Ein großer Teil der Arbeit wird anschließend von der Beschreibung der Modellimplementierung eingenommen. Die Funktionen und Beziehungen der einzelnen Agenten werden näher beleuchtet und ihre Aufgaben im Prototypen herausgestellt.

Der entwickelte Prototyp kann für zwei verschiedene Lieferketten angewendet werden. Im ersten Fallbeispiel wird ein OH-Sattelzug simuliert, der volle und leere Trailer zwischen Ober-Ramstadt im Kreis Darmstadt-Dieburg und Frankfurt am Main transportiert. Dem gegenübergestellt ist ein Fallbeispiel, das eine Lieferkette mit einem kleineren OH-Lkw darstellt. Bei diesem Fallbeispiel wird neben der Simulation von Oberleitungsladestationen auch eine lokale Energieversorgung im Distributionsgebiet untersucht.

In ersten Untersuchungen werden für beide Fallbeispiele Standardfälle gebildet. Anschließend werden Eingangsparameter wie Batteriekapazität und Ladefaktoren durch Veränderung in verschiedenen Szenarien auf ihre Sensitivität hin untersucht.

Die Ergebnisse aller Fälle werden in Tabellen exportiert, die wiederum von einer weiteren implementierten Anwendung in AnyLogic grafisch ausgelesen werden können. Auf diese Weise lassen sich die Anforderungspunkte von OH-Lkw für Ladestationen auf einer Karte direkt betrachten.

Der Modellprototyp enthält lediglich quantitative Eingangsparameter und stellt somit noch kein selbstständiges Verfahren zur Planung von Lage und Länge für Oberleitungsladestationen dar. Zum Zweck der Verfahrensbildung werden daher in einem weiteren Schritt qualitative Einflussfaktoren gesucht.

In der Kombination mit den aus dem Grundlagenteil angesprochenen Faktoren werden mögliche Einflussfaktoren vorgestellt. Diese werden in die vier grundsätzlichen Zielbereiche des Verkehrs – Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit – aufgliedert.

---

Aus der Kombination von quantitativen und qualitativen Daten wird ein Verfahren entwickelt, an dessen Ende eine Empfehlung zu Lage und Länge von Oberleitungsladestationen in einem betrachteten Bereich ausspricht.

Das entworfene Verfahren setzt sich aus fünf Stufen zusammen. Auf der ersten Stufe werden zunächst mit Hilfe des Modellprototyps quantitative Daten erzeugt.

Diese generierten Daten werden auf der zweiten Stufe gesichtet und strukturiert.

Auf der dritten Stufe erfolgt eine Bewertung der Ergebnisse auf Basis der qualitativen Einflussgrößen. Auf dieser Stufe sollen möglichst alle Interessen der Systemteilnehmer berücksichtigt werden, um sowohl die Effektivität wie auch Akzeptanz der Oberleitungspositionen zu maximieren.

Stufe vier dient dazu, aus den verbliebenen Möglichkeiten von Oberleitungspositionierungen unterschiedliche Varianten zu bilden. Diese Varianten können dann in eigenen Simulationen überprüft werden.

Auf Stufe fünf werden die Ergebnisse der Variantensimulationen miteinander verglichen und es wird eine Variantenempfehlung ausgesprochen.

Um das entwickelte Verfahren zu testen, wird es am Ende der Arbeit anhand eines aktuellen Projektes durchgeführt.

Als Abschluss der Arbeit, werden die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst und ein Ausblick für weitere Forschungsmöglichkeiten zu OH-Lkw gegeben.