



In dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Forschungsprojekt „Elektrischer, innovativer Schwerverkehr auf Autobahnen“ (ELISA II-B) wird der Realbetrieb einer Pilotstrecke mit oberleitungsgebundener Energieversorgung und der Nutzung durch elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge im öffentlichen Straßenraum erprobt. ELISA zeichnet sich unter anderem durch einen ganzheitlichen, interdisziplinären Evaluationsansatz des eHighway-Systems im Zusammenwirken mit seiner Systemumwelt aus. Das notwendige Fundament hierfür bildet der Feldversuch, für den ein Teilabschnitt der Bundesautobahn BAB 5 zwischen Frankfurt am Main und Darmstadt beidseitig mit einer Oberleitung über je fünf Kilometer Länge ausgestattet wurde. Über den Untersuchungszeitraum zwischen Mai 2019 und Juni 2022 wurde das eHighway-System fahrzeug- und infrastrukturseitig getestet und eine Vielzahl relevanter verkehrs- und energietechnischer, ökologischer, ökonomischer und aktorenspezifischer Aspekte, die für einen möglichen Ausbau des Systems relevant sein können, gemeinsam mit Wissenschafts- und Industriepartnern evaluiert.

Dieses Hinweispapier richtet sich an Fahrzeughersteller. Relevante Kernergebnisse aus dem Projekt ELISA werden aufgezeigt. Insbesondere werden technische Eigenschaften der OH-Lkw dargelegt. Hierbei werden Hinweise zur Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von OH-Lkw und des Stromabnehmers (Pantograph) zusammengetragen, als auch Hinweise zum Instandhaltungskonzept, zur Spurtreue und den Auswirkungen von Pantographenupdates ausgesprochen. Darüber hinaus wird der Aufwand der Integration von Pantographen in verschiedene Fahrzeugtypen behandelt sowie die Auswirkungen auf Zusatzgewicht und Gewichtsverteilung sowie die Umweltwirkungen eines OH-Lkws aufgezeigt.

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	1
2. Systembeschreibung eHighway	1
3. Hinweise für Fahrzeughersteller	3
4. Schlussfolgerungen und Ausblick.....	5
5. Schrifttum und weiterführende Literatur	6
6. Autorinnen und Autoren des Hinweispapiers ..	6
7. Beteiligte Institutionen.....	6

2. Systembeschreibung eHighway

Der fortwährende Klimawandel erfordert zügiges Handeln. Zukunftsfähige Lösungen werden benötigt. Hiervon betroffen ist vor allem der Verkehrssektor, im Speziellen der Transportsektor. Viele Lösungsansätze werden diskutiert und derzeit erprobt. Als besonders interessant zeigt sich mehr und mehr die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs mittels Oberleitungen. Die Kombination der Effizienz der Schiene mit der Flexibilität der Straße nutzt das als „eHighway“ bezeichnete System zur kontinuierlichen Stromversorgung von Lastkraftwagen während der Fahrt geschickt aus: Sogenannte Oberleitungs-Hybrid-Lastkraftwagen (OH-Lkw) werden neben ihrem traditionellen Verbrennungsmotor mit einer elektrischen Maschine, einer Batterie sowie einem

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



Erneuerbar
mobil

Stromabnehmer – dem sogenannten Pantograph – ausgestattet. Straßenseitig wird eine Oberleitungsinfrastruktur errichtet. Sobald ein Streckenabschnitt mit verfügbarer Oberleitungsinfrastruktur von einem OH-Lkw erreicht wird, wird durch den Pantographen eine kraftschlüssige Verbindung zwischen OH-Lkw und Oberleitung hergestellt – das Fahrzeug bezieht nun Strom aus der Oberleitung und fährt elektrisch. Zeitgleich wird die im Fahrzeug verbaute Batterie geladen. Endet der mit dem eHighway-System ausgestattete Streckenabschnitt oder soll ein vorausfahrendes, langsames Fahrzeug überholt werden, wird der Pantograph abgesenkt. Der OH-Lkw bezieht seine Energie nun aus der aufgeladenen Batterie. Aufgrund der Feldversuchscharakteristik ermöglicht derzeit noch ein Verbrennungsmotor die Überwindung auch größerer Entfernungen – perspektivisch wird dieser mit einem fortschreitenden Netzausbau an Bedeutung verlieren und später nicht mehr notwendig sein. Eine Dekarbonisierung des aktuell noch immer durch den Verbrennungsmotor geprägten Straßengüterverkehrs rückt durch einen effizienten Ausbau des eHighway-Systems in greifbare Nähe [Lehmann et al. 2021].

Das eHighway-System wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Deutschland auf drei Teststrecken untersucht. Vor allem die hessische Teststrecke („ELISA“) nimmt eine Vorreiterrolle ein: Als erste seiner Art wird hier das eHighway-System im realen Straßenverkehr umfassend evaluiert.



Bild 1: ELISA-eHighway-Teststrecke BAB 5 zwischen Frankfurt am Main und Darmstadt [IVV, 2021]

Die auf der ELISA-Teststrecke errichtete Oberleitungsinfrastruktur bezieht elektrische Energie aus zwei Gleichrichterunterwerken, welche an das Mittelspannungsnetz angeschlossen sind. Die eigentliche Oberleitungsanlage setzt sich u.a. zusammen aus Masten, Ausleger, Tragseil und

Fahrdrabt. Insgesamt sind etwa fünf Kilometer Autobahnstrecke je Fahrtrichtung zwischen der Anschlussstelle Langen/Mörfelden und der Anschlussstelle Weiterstadt mittels Fahrdrabt elektrifiziert. Hierzu wurden in einem Abstand von bis zu 57 Metern insgesamt 223 Masten parallel zum äußeren Fahrbahnrand und 6 Masten im Bereich der Tank- und Rastanlage Gräfenhausen in Mittellage errichtet [Giebel, Hahn 2021]. Eine einseitige Erweiterung der ELISA-Teststrecke in Fahrtrichtung Süden um etwa 7 Kilometer wird bis Mitte 2023 realisiert.

Zwischen Mai 2019 sind schrittweise fünf OH-Lkw der ersten Generation in den Realbetrieb bei fünf diversifizierten Transportunternehmen gestartet. Bei den OH-Lkw der ersten Generation handelt es sich um Sattelzugmaschinen der Scania Baureihe R450 A4x2NB R17N. Diese sind mit einem parallelen Hybridantrieb ausgestattet. Im Wesentlichen besteht die in den OH-Lkw verbaute Technik aus einem 450 PS starken Verbrennungsmotor, einer 130 kW starken E-Maschine, einer 18,5 kWh-Batterie und dem Pantographen.

Bezeichnung	OH-Lkw-Konfiguration
Generation	Generation 1.1 und 1.2
Fahrzeugtyp	Scania R450 A4x2NB
Fahrerkabine	R17N (nur Notliege)
Antrieb	Parallelhybrid
Leistung des Verbrennungsmotors (Diesel)	450 PS (Tankgröße: 300 dm ³)
Leistung der E-Maschine	130 kW
Batterie	18,5 kWh
Abmessung	Gesamtlänge inkl. Sattelaufleger: 16,85 m Höhe: 3,95 m Länge: 6,1 m Breite: 2,55 m
Leergewicht der Sattelzugmaschine	9,1 - 9,2 t
Zulässiges Gesamtgewicht des Sattelzugs	41,786 t (KV: 44 t)

Tabelle 1: Technische Informationen der ersten OH-Lkw-Generation [IVV, 2021]

3. Hinweise für Fahrzeughersteller

3.1. Technikbewertung von OH-Lkw

Für den Einsatz von OH-Lkw im Realbetrieb ist eine hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit für den Fahrzeughersteller von besonderer Wichtigkeit. Bei den aktuell im Feldversuch ELISA eingesetzten OH-Lkw handelt es sich um Prototypen der ersten OH-Lkw Generation, die in Deutschland im Alltagsbetrieb erprobt wird. Während des Feldversuchs wurde festgestellt, dass neben den geplanten Wartungs-, Inspektions- und Reparaturterminen außerdem ungeplante Fahrzeugausfällen auftraten, wodurch die OH-Lkw entweder nur im eingeschränkten Betrieb z.B. ohne Einsatzmöglichkeit des Pantographen eingesetzt werden konnten oder z. T. für mehrere Tage die Werkstatt zur Reparatur aufsuchen mussten. Es erwies sich jedoch, dass insbesondere die ungeplanten Fahrzeugausfälle, z.B. aufgrund des Ausfalls eines Sensors nicht bei allen OH-Lkw gleichermaßen auftraten. Im Vergleich weist der als fünftes ausgelieferte OH-Lkw, eine Verfügbarkeit im Mittel von über 80 % auf. Der als drittes ausgelieferte OH-Lkw hingegen nur eine Verfügbarkeit von im Mittel ca. 59%. Mittelt man die Verfügbarkeitswerte über alle OH-Lkw stellt sich ein Wert von ca. 75% für die Verfügbarkeit ein (Betrachtungszeitraum: 06/2019 – 06/2022).

Zur Bewertung der Zuverlässigkeit wurde der „Mean time between failures (MTBF)“ und der der „Mean time to recover (MTTR)“ für alle OH-Lkw bestimmt. Die Auswertung des MTTR zeigt, dass für die meisten Ausfallzeiten sich der Zeitraum auf einen Tag beschränkt. Vereinzelt waren die OH-Lkw für mehrere Tage in der Werkstatt oder konnten nur eingeschränkt eingesetzt werden. Die durchschnittliche Dauer der Ausfallzeiten unterscheidet sich stark zwischen den OH-Lkw. Für den als fünftes ausgelieferten OH-Lkw ist sie am geringsten. Die Ergebnisse zum MTBF zeigen auf, dass die Spanne der Zeit zwischen Ausfällen zwischen einem oder mehr als 20 Tagen liegen kann. Im Mittel ergibt sich beispielhaft für den als fünftes ausgelieferten OH-Lkw eine durchschnittliche Zeitspanne zwischen zwei Ausfällen von ca. 24 Tagen.

Vergleicht man das Instandhaltungskonzept von OH-Lkw mit einem konventionellen Lkw, lässt sich feststellen, dass diese voneinander abweichen. Zurückzuführen ist dies auf den Prototypenstatus der OH-Lkw und die zusätzlich verbauten Komponenten, wie z.B. Pantograph oder Batteriesystem, welche bei konventionellen Lkw nicht vorhanden sind. Bis zur Serienreife des OH-Lkws bedarf es einer

Weiterentwicklung des Wartungs- und Instandhaltungskonzepts, welches sowohl den Pantographen als auch die Komponenten des Antriebsstrangs beinhaltet, um den Transporteuren ein vergleichbares Produkt zum konventionellen Lkw bereitstellen zu können. Für eine Serienproduktion von OH-Lkw sollte im Zuge der Weiterentwicklung der Fahrzeuge mindestens eine Verfügbarkeit von 95% erreicht werden. Lediglich reguläre Wartungs- und Instandhaltungstermine sollten sich bei Erreichen der Serienreife auf den Verfügbarkeitswert auswirken.

Für den dauerhaften Betrieb eines OH-Lkw an einer elektrischen Oberleitung ist die zentrale Positionierung des OH-Lkw direkt unter dem Fahrleitung entscheidend. Das Fahrzeug muss bei der Befahrung der Oberleitungsstrecke in einem seitlichen Toleranzband von ca. 40 cm zu jeder Seite unter der Fahrleitung positioniert sein, ansonsten kann der Pantograph den elektrischen Kontakt nicht aufrechterhalten. Um die OH-Lkw-Fahrenden bei dieser Aufgabe zu unterstützen hat der Fahrzeughersteller einen erweiterten Spurhalteassistenten, den sogenannten „Catenary Keep Assist“ (CKA) entwickelt. Zum aktuellen Zeitpunkt basiert der CKA auf einer in die Frontscheibe des Fahrzeugs integrierten Kamera die mittels Sensoren die Fahrbahnmarkierung erkennt. Dabei kann die Kamera jedoch nur zwischen Schwarz und Weiß unterscheiden. Insbesondere wenn die OH-Lkw-Fahrenden sich in Fahrsituationen mit starkem Regen oder Schneefall befinden, bei dem entweder die Erkennbarkeit der Fahrbahnmarkierung oder die Sicht der Kamera behindert ist, kann der CKA den Fahrer nicht mehr bei dem Halten der Spur unterstützen.

3.2. Technikbewertung des Pantographen

Wenngleich die zurzeit im Feldversuch ELISA eingesetzte Pantographengeneration noch als prototypisch anzusehen ist, zeichnet sie sich bereits jetzt durch eine sehr hohe Verfügbarkeit aus. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Die Pantographenverfügbarkeit, gemittelt über die fünf Fahrzeuge El Leon, El Fidel, El Salto, El Femina und El Fondo, weist einen Wert von 91% bezogen auf die Durchfahrten unter dem Oberleitungssystem auf (Zeitraum 2020-2022; Bild 3).

Durch Weiterentwicklungen und wurde eine Hochrüstung des ursprünglich aufgebauten Pantographen mit der Version 3.0.1 auf die Version 3.0.2 bei allen in ELISA eingesetzten Fahrzeugen durchgeführt. Dieses Update am Pantographen umfasst die

Weiterentwicklungen folgender Komponenten und Funktionen:

- Automated Dropping Device (ADD)
- Overhead Catenary Detection (OCD)
- Limit Switch Collector Head (LCH)
- Inner Horn Detection (IHD)
- Kabelhalterungen

Nach der Weiterentwicklung des Pantographen sind Störungen, die z.B. auf das Automated Dropping Device zurückzuführen waren, deutlich seltener bis gar nicht mehr aufgetreten. Das Update führte in Summe zu einer erhöhten Zuverlässigkeit des Pantographen. Überdies wird deutlich, dass in der aktuellen Ausführung des Pantographen eine deutlich höhere flottenweite Verfügbarkeit erreicht werden konnte.

Lediglich und in Relation zur noch kurzen Streckenlänge, nehmen die An- und Abbügelvorgänge des Pantographen sowie der ungenutzte Teil der Oberleitung am Anfang und am Ende der Streckenabschnitte aufgrund der in den Lkw hinterlegten Freigabekorridore noch viel Zeit ein (ist Bestandteil des hellgrünen Bereiches, Bild 3). Die dargelegte Statistik berücksichtigt nicht die geplanten und ungeplanten Abschaltzeiten der Anlage, weshalb der hellgrüne Bereich noch einen recht großen Anteil trägt. Dieser ungenutzte Anteil wird bei zukünftig längeren elektrifizierten Strecken (z.B. durch die Erweiterung mit ELISA III) weiter an Bedeutung verlieren. Allgemein ist eine positive Tendenz hin zu einem höheren Oberleitungs-Nutzungsgrad der eHighway-Fahrzeuge nachweisbar (dunkelgrün dargestellte Produktivzeit). Zum einen ist dies auf die erfolgte Optimierung der Freigabekorridore zurückzuführen, zum anderen auf die Reduzierung

von ungewollten Abbügelvorgängen, die im Betrachtungszeitraum hauptsächlich im Zusammenwirken des Pantographen mit der Oberleitungsanlage in Systemfehlern der eHighway-Fahrzeuge sowie im Fahrverhalten der OH-Lkw-Fahrer begründet waren.

Neben den Weiterentwicklungen des Pantographen wurden zyklisch kleinere und größere Inspektionen durchgeführt, die die festgelegten Wartungsintervalle ergänzten. Detektierten Auffälligkeiten aus den Inspektionsprotokollen ist zu entnehmen, dass einige im Pantographen verwendete Materialien den besonderen Anforderungen auf dem Lkw auf die Dauer nicht standhalten können. Hier sind im Besonderen die Isolatoren mit Beschädigungen und Absplitterungen zu erkennen, aber auch andere Komponenten, wie das Kniegelenk und der Toleranzausgleich, die deutliche Korrosionsspuren aufweisen. Auf der anderen Seite sind auch weniger wichtige Bauteile, wie die Verkleidungstür mit Scherstellen, Rissbildung und losen Dichtungen aufgefallen, die für die einwandfreie Funktion des Pantographen nicht ausschlaggebend sind, aber trotzdem einen Handlungsbedarf mit sich brachten.

Der Fahrzeugbetrieb der fünf Feldversuchsfahrzeuge ist aktuell noch durch auftretende Fehlfunktionen geprägt, die über die normalen Wartungszyklen der Fahrzeuge hinaus Aufenthalte in den Werkstätten nötig machen, so dass aktuell noch nicht von normalen Service- und Wartungsaktivitäten ausgegangen werden kann. Durch die durchgeführten Wartungen konnte die Verfügbarkeit des Pantographen jedoch auf einem konstant hohen Niveau gehalten werden.

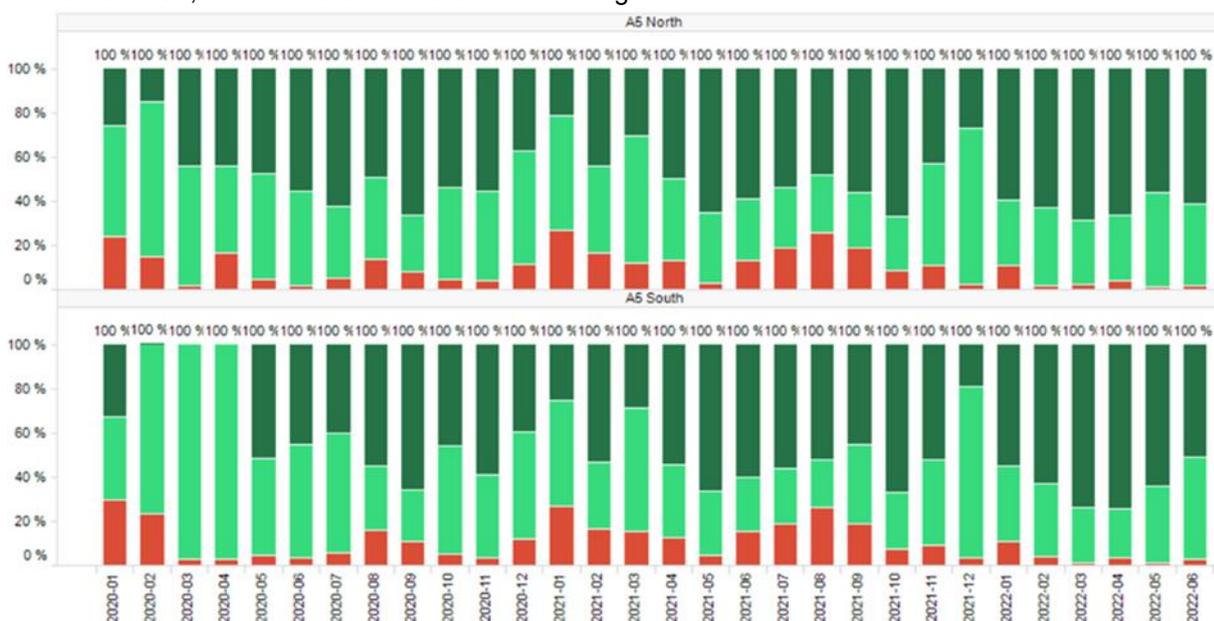


Bild 3: Trendreport für die Pantographen (01.01.2020 – 30.06.2022) [Siemens, 2022]**3.3. Herstellungsaufwand**

Im ELISA-Feldversuch werden bislang ausschließlich Sattelzüge eingesetzt. Durch das Verschieben der Sattelplatte nach hinten entsteht ausreichend Platz hinter der Fahrerkabine, um das Traggestell für den Pantographen zu installieren. Dies hat zwar den Nachteil, dass mit verschobener Sattelplatte der gesamte Sattelzug um diese Verschiebung verlängert wird, allerdings sind dadurch keine baulichen Veränderungen an der Zugmaschine notwendig.

Bei Lkw mit einem Kastenaufbau zieht die Integration eines Pantographen eine bauliche Veränderung des Kastenaufbaus mit sich, wodurch der verfügbare Laderaum für den Kastenaufbau entsprechend der Grundfläche des Pantographentragrahmens verkleinert werden muss, sofern eine Verlängerung des Fahrzeugrahmens nicht in Frage kommt. Die Platzierung des Pantographen ist identisch zu den Sattelzugmaschinen direkt hinter der Fahrendenkabine vorgesehen. Da hinter der Fahrendenkabine der Kastenaufbau bis an die Fahrendenkabine heranreicht, hat die Installation eines Pantographen eine Auswirkung auf den dann verfügbaren Platz für einen neuen, kürzeren Kastenaufbau und auf das einhergehende Ladevolumen der Lkw (eine unveränderte Rahmenlänge vorausgesetzt). Werden im ELISA-Feldversuch bislang lediglich Sattelzüge betrieben, zeigt sich, dass mit diesem Zugeständnis an reduziertem Ladevolumen auch ein Lastwagen mit Kastenaufbau mit einem Pantographen ausgestattet werden kann.

Die Basisfahrzeuge, für die eine Installation eines Pantographen sinnvoll ist, sind Fahrzeuge, die schon

mit einem entsprechend leistungsfähigen elektrischen Antrieb und eventuell auch mit einem entsprechend dimensionierten Batteriesystem ausgestattet sind. Auf solchen Fahrzeugen ist nicht nur die Integration eines Pantographen einfach zu bewerkstelligen, sondern auch die Zuführung der elektrischen Energie zum Antrieb einfach möglich. Solche Fahrzeuge benötigen keine Anpassung der Fahrzeuggrundausrüstung. Eine umfassende Modifikation im Antriebsstrang ist somit nicht erforderlich.

Die Installation eines Pantographen auf die Basisfahrzeuge mit den erforderlichen Zusatzkomponenten bringt eine geringe Erhöhung des Leergewichtes für das Fahrzeug mit sich. Da der Pantograph direkt hinter der Fahrerkabine installiert wird, wirkt sich das zusätzliche Gewicht verstärkt auf die Vorderachse aus und lediglich gering auf die Hinterachse, auf die bei einer Zugmaschine der Auflieger über die Sattelplatte aufgenommen wird. Im Auflieger selbst wird somit weder wertvolles Frachtvolumen noch Frachtgewicht reduziert. Lediglich der Gesamtverband des Sattelzuges bzw. des Gliederzuges wird durch die Installation des Pantographen erhöht und übersteigt somit das in Deutschland gesetzlich zulässige Gesamtgewicht für Sattelzüge von 40 t.

Über die Möglichkeit einer Ausnahmegenehmigung in Form von Übergewicht bzw. Überlänge für die heute im Einsatz befindlichen Fahrzeuge wird dieser zusätzliche Platz- und Gewichtsbedarf freigegeben und stellt somit keine Beschränkung für die Fahrzeuge dar. Damit können die heutigen Fahrzeuge nicht mittels Standardzulassung in den Straßenverkehr gebracht werden.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Als erster deutscher eHighway-Feldversuch liefert das Projekt ELISA auf Basis einer langfristigen, systemübergreifenden und interdisziplinären Begleitforschung wichtige Erkenntnisse mit Blick auf die vorhandene technische wie betriebliche Reife des eHighway-Systems und zeigt gleichermaßen notwendige weitere Entwicklungs- und Forschungsbedarfe auf.

Mittels der kontinuierlichen wissenschaftlichen Begleitung des Realbetriebs war es möglich, in Zusammenarbeit mit Siemens und Scania geplante und ungeplante Ausfallzeiten der ersten fünf OH-Lkw zu dokumentieren und zu analysieren. Technische Unterschiede und deren Auswirkung auf die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit konnten herausgearbeitet werden und eine bei einzelnen OH-Lkw vorhandene Erhöhung der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit wurde festgestellt.

Mit Blick auf das Pantographensystem lässt sich für den Betrachtungszeitraum festhalten, dass es gelungen ist, den Betrieb dieser neuartigen Pantographengeneration (PAN Gen.3) von Beginn der Betriebserprobung an bis zum heutigen Zeitpunkt durch den Einsatz von verbesserten Komponenten und die intensiven

Inspektions- und Wartungsintervalle performant sicherzustellen. Da es sich bei den für das Projekt ELISA bereitgestellten fünf Pantographen um die ersten ausgelieferten Exemplare dieser prototypischen Baureihe handelte, war diese von Beginn an hohe Verfügbarkeit keinesfalls eine Selbstverständlichkeit.

Auf Seiten der Fahrzeughersteller ergibt sich die Notwendigkeit den benötigten Bauraum für die Installation eines Pantographen auf ein Fahrzeug bereitzustellen. Bei Zugmaschinen kann dieser Einbaureaum einfach durch die Verstellung der Sattelplatte geschaffen werden, bei Lastwagen mit Kastenaufbau hat dies aber Auswirkungen auf die Größe des Kastenaufbaus, ist aber mit überschaubarem Aufwand realisierbar. Das zusätzliche Gewicht für den Pantographen auf den Fahrzeugen spielt eine untergeordnete Rolle für die Fahrzeuge selbst und bringt außer beim Kastenaufbau keine Beeinträchtigung des Ladevolumens und der Zuladung mit sich. Da sich das Gesamtgewicht entsprechend erhöht und die heute gültige Obergrenze des Gesamtgewichtes von Lkw von 40 t übersteigt, muss über die organisatorische Maßnahme einer Ausnahmegenehmigung dieses höhere Gesamtgewicht freigegeben werden.

5. Schrifttum und weiterführende Literatur

Giebel, S.; Hahn, G. (2021): B.4 Technische Gestaltung. In: Elektrifizierung von Autobahnen für den Schwerverkehr. Umsetzung des Systems eHighway. M. Boltze, M. Lehmann, G. Riegelhuth, H. Sommer, D. Wauri (Hrsg.), Kirschbaum Verlag, Bonn (2021), 150-153.

Lehmann, M.; Wauri, D.; Sommer, H.; Boltze, M. (2021): A.1 Systemdefinition und Systemüberblick zum eHighway. In: Elektrifizierung von Autobahnen für den Schwerverkehr. Umsetzung des Systems eHighway. M. Boltze, M. Lehmann, G. Riegelhuth, H. Sommer, D. Wauri (Hrsg.), Kirschbaum Verlag, Bonn (2021), 150-153.

Schöpp, F.; Öztürk, Ö.; Linke, R.; Wilke, J.; Boltze, M. (2021): Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs. Kraftstoff- und Stromverbrauchsanalyse von Oberleitungs-Hybrid-Lastkraftwagen. In: Internationales Verkehrswesen, Ausgabe 3 | 2021.

NOW GmbH (2023): Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr [Online]. Verfügbar unter: <https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2023/03/Marktentwicklung-klimafreundlicher-Techn.-im-schweren-Strassengueterverkehr-BARRIEREFREI.pdf>

6. Autorinnen und Autoren des Hinweispapiers

Regina Linke, Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Özgür Öztürk, Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Eva Kaßens-Noor, Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Danny Wauri, Siemens Mobility GmbH
Werner Pfliegl, Siemens Mobility GmbH
Bernhard Mayer, Siemens Mobility GmbH
Holger Sommer, Siemens Mobility GmbH

7. Beteiligte Institutionen

Die Autobahn GmbH des Bundes
 Geschäftsbereich Verkehrsmanagement,
 Verkehr und Betrieb
 Abteilung Verkehrsmanagement –
 Verkehrszentrale Deutschland
 Bessie-Colemann-Straße 7
 60549 Frankfurt am Main

Siemens Mobility GmbH
 Siemenspromenade 6
 91052 Erlangen

Technische Universität Darmstadt
 Institut für Verkehrsplanung und
 Verkehrstechnik
 Otto-Berndt-Straße 2
 64287 Darmstadt

e-netz Süd Hessen AG
 Forschung & Entwicklung
 Frankfurter Straße 110
 64293 Darmstadt