

Hinweispapier für die Gesellschaft

Betrachtungszeitraum: 05.2019 – 06.2022



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 die Gesellschaft. Relevante Kernergebnisse aus dem Projekt ELISA werden aufgezeigt. Hinweise zur Zuverlässigkeit des Gesamtsystems werden gegeben sowie Nachnutzungsmöglichkeiten und Entwicklungspotentiale der Teststrecke aufgezeigt. Erkenntnisse zur Akzeptanz auf Seiten der Verkehrsteilnehmenden, der Rettungskräfte sowie der Öffentlichkeit werden dargelegt. Weiterhin werden Hinweise zur Streckenerweiterung aufbereitet.

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	1
2. Systembeschreibung eHighway	1
3. Hinweise für die Gesellschaft	3
4. Schlussfolgerungen und Ausblick.....	9
5. Schrifttum und weiterführende Literatur	10
6. Autorinnen und Autoren des Hinweispapiers	10
7. Beteiligte Institutionen.....	11

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 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

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.

Tabelle 1: Technische Informationen der ersten OH-Lkw-Generation

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)

3. Hinweise für die Gesellschaft

3.1. Zuverlässigkeit des Gesamtsystems

Für die Analyse der Zuverlässigkeit des Gesamtsystems wurde in den bereits durchgeführten Untersuchungen die Verfügbarkeit der Anlage betrachtet. Hierzu wurden die Abweichungen der realisierten Betriebszeiten in Bezug auf die geplanten Betriebszeiten der Oberleitungsanlage ausgewertet. Im ersten Betriebsjahr (06.05.2019 bis 31.12.2019) umfassten die geplanten Betriebstage lediglich den Zeitraum von 08:00 bis 16:00 Uhr an Arbeitstagen (tägliche geplante Betriebsdauer von 8 Stunden im 8/5-Betrieb – montags bis freitags). Im Regelbetrieb (ab 01.01.2020) werden hingegen alle Kalendertage über den gesamten Tageszeitraum betrachtet (24/7-Betrieb).

Die Betriebszeiten der Oberleitungsanlage sowie die Betriebsunterbrechungen werden im Anlagenbetriebstagebuch dokumentiert und beschrieben. Insgesamt lassen sich sechs Kategorien von Betriebsunterbrechungen unterscheiden, wodurch eine strukturierte Analyse der Verfügbarkeitszeiten der Oberleitungsanlage ermöglicht wird. Die sich ergebenden Betriebsunterbrechungen untergliedern sich in:

- **Störungsbedingte Betriebsunterbrechungen:** Ungeplante Abschaltungen infolge von allgemeinen Störungen an der Oberleitungsanlage.
- **Witterungsbedingte Betriebsunterbrechungen:** Ungeplante Abschaltungen infolge von Wetterereignissen (bspw. Sturm).
- **Inspektions- und wartungsbedingte Betriebsunterbrechungen:** Geplante Abschaltungen infolge von Inspektions- und Wartungsarbeiten der Oberleitungsanlage selbst.
- **Unfallbedingte Betriebsunterbrechungen:** Ungeplante Abschaltungen infolge von Unfällen mit/oder ohne Schäden an der Oberleitungsanlage. Dazu zählen auch Arbeiten von Rettungskräften, bei denen die Gefahrenabwehrbehörden eine Abschaltung der Oberleitungsanlage angefordert haben.
- **Betriebsorganisatorischbedingte Betriebsunterbrechungen :** Ungeplante Abschaltungen der Oberleitungsanlage sowie Abschaltungen infolge von Feier- oder Brückentagen, Abwesenheiten von Anlagen-Betriebsverantwortlichen oder Störungen in der Betriebszentrale.
- **Arbeitenbedingte Betriebsunterbrechungen:** Geplante und ungeplante Abschaltungen der

Oberleitungsanlage infolge von allgemeinen Arbeiten im Bereich der Oberleitungsanlage. Darunter fallen auch Reparatur- und Ausbesserungsarbeiten am Straßenbelag und an Brückenbauwerken im Bereich der Fahrleitungsanlage.

Der Betrieb der Oberleitungsanlage umfasste im Jahr 2019 etwa 1.055 Stunden von 1.376 geplanten Betriebsstunden, wodurch sich eine realisierte Anlagenverfügbarkeit A von etwa 76,7 % für beide Fahrtrichtungen ergibt. Im Jahr 2020 wurde eine realisierte Betriebszeit von etwa 6.080 Stunden in die südliche Fahrtrichtung ($A = 69,2$ %) und von etwa 7.850 Stunden in die nördliche Fahrtrichtung ($A = 89,4$ %) gegenüber einer geplanten Betriebszeit von 8.784 Stunden erreicht. In den Jahren 2021 und 2022 konnte die Anlagenverfügbarkeit auf bis zu 96,4 % gesteigert werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anlagenverfügbarkeit (07.05.2019 bis 31.06.2022)

Jahr	Fahrtrichtung	Anlagenverfügbarkeit
2019	FR Süd	76,7 %
	FR Nord	76,7 %
2020	FR Süd	69,2 %
	FR Nord	89,4 %
2021	FR Süd	80,0 %
	FR Nord	81,3 %
2022	FR Süd	95,6 %
	FR Nord	96,4 %

Die erfassten Betriebsunterbrechungen für die Jahre 2021 und 2022 sind in Tabelle 3 in Abhängigkeit der jeweiligen Kategorie dargestellt. Während in 2019 bedienungs- und systembedingte (etwa 140 Stunden je Fahrtrichtung) sowie störungs- und witterungsbedingte Betriebsunterbrechungen (etwa 102 Stunden je Fahrtrichtung) maßgeblich die Verfügbarkeit der Oberleitungsanlage reduzierten, sind für das Jahr 2020 insbesondere die unfallbedingten Betriebsunterbrechungen aufgrund eines Zwischenfalls (Beschädigung der Oberleitungsanlage durch ein Fahrzeug mit nicht gesichertem Ausleger) maßgebend. Im Jahr 2021 kam es aufgrund einer streusalzbedingten Korrosion einiger Isolatoren zu längeren Abschaltzeiten, um die korrodierten Isolatoren auszutauschen. Die Verlängerung der Teststrecke (arbeiten-bedingte Betriebsunter-

brechung) und die vorsorgliche Abschaltung der Anlage (witterungsbedingte Betriebsunterbrechung) aufgrund einer Wetterwarnung sind als besondere Gründe im Jahr 2022 aufzuführen.

Tabelle 3: Übersicht der Verteilung der Betriebsunterbrechungen in 2021 und 2022.

Betriebsunterbrechungskategorie	2021		2022	
	FR Süd	FR Nord	FR Süd	FR Nord
Summe [h]	1748	1635	191	154
Störungsbedingt	64,06 %	61,96 %	0,00 %	0,00 %
Witterungsbedingt	0,00 %	0,00 %	34,01 %	42,04 %
Inspektions- und wartungsbedingt	0,00 %	0,00 %	8,74 %	3,99 %
Unfallbedingt	6,80 %	7,81 %	26,16 %	41,72 %
Betriebsorganisatorischbedingt	27,70 %	29,63 %	2,44 %	1,56 %
Arbeitenbedingt	1,44 %	0,60 %	28,66 %	10,69 %

Seit dem 14.02.2020 ist es möglich, die Oberleitungsanlage halbseitig in Betrieb zu nehmen, wodurch bereits erfolgreich zusätzliche Betriebsunterbrechungen unterbunden werden konnten. Diese positiven Effekte spiegeln sich letztlich in der hohen Anlagenverfügbarkeit wider, welche im Jahr 2020 lediglich durch einen Zwischenfall mit langwierigen Auswirkungen maßgeblich reduziert wurde. Schließt man den Zwischenfall aus der Betrachtung aus, ergeben sich vergleichsweise sehr hohe Werte bezüglich der Anlagenverfügbarkeit in südliche Fahrtrichtung ($A = 97,4\%$) und in nördliche Fahrtrichtung ($A = 95,7\%$). Ähnliche Werte lassen sich auch für die Jahre 2021 und 2022 darstellen. Es kann zukünftig davon ausgegangen werden, dass insbesondere die unfallbedingten (nicht planbar) und arbeitenbedingten (planbar) Unterbrechungen den größten Einfluss auf die Anlagenverfügbarkeit und die Zuverlässigkeit der Anlage aufweisen.

3.2. Nachnutzung Teststrecke

Die Nachnutzung der Teststrecke umfasst die Bewertung des Streckenausbaus im Zusammenhang mit dem Potenzial der Anlagennutzung durch die unterschiedlichen Logistikdienstleister und Trans-

portunternehmen. Ein wichtiger Grundstein zur Bewertung des Streckenausbaus stellt das bereits in ELISA eingesetzte und im Rahmen des Projekts weiterentwickelte Bewertungsmodell von Teilstrecken und Streckenelementen hinsichtlich ihres Ausstattungspotentials mit Oberleitungen (BeTSIE+) dar [Rolko 2020; Rolko et al. 2021]. Um das Nachfragepotenzial abschätzen zu können, wurde die Bundesautobahn BAB 5 in Hessen zunächst auf Basis von zwei unterschiedlichen Bewertungskriterien analysiert.

- **Nähe zu Logistikstandorten:** Entfernung eines Streckenelements zu den Logistikstandorten in Metern.
- **Schwerverkehrsaufkommen:** Absolute Anzahl der erfassten Fahrzeuge des Schwerverkehrs in einem Streckensegment.

Insgesamt wurde eine Streckenlänge von etwa 178 Kilometern in Zusammenhang mit der ELISA-Teststrecke untersucht. Hierzu wurde die BAB 5 auf Basis georeferenzierter Daten in 100 Meter lange Streckenelemente segmentiert und die jeweiligen Entfernungen der Streckenelemente zu den bekannten Logistikstandorten ermittelt. Bezüglich des Schwerverkehrsaufkommens wurde auf die Verkehrsdaten der automatischen Zählstellen aus dem Jahr 2019 der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zurückgegriffen [BASt 2021]. Um eine entsprechende Untersuchung auf Grundlage der Bewertungskriterien durchführen zu können, wurde ein fünfstufiges Bewertungssystem bzgl. des Nachfragepotenzials (von sehr gering bis sehr hoch) gebildet und angewendet.

Tabelle 4: Identifizierte Streckenabschnitte zur Abschätzung der Nachfrage auf Basis der angewendeten Bewertungskriterien [IVV 2021]

Nr.	Von	Bis
1	Hattenbacher Dreieck	Alsfeld West
2	Alsfeld West	Reiskirchener Dreieck
3	Reiskirchener Dreieck	Gambacher Kreuz
4	Gambacher Kreuz	Bad Homburger Kreuz
5	Bad Homburger Kreuz	Darmstädter Kreuz
6	Darmstädter Kreuz	Seeheim-Jugenheim
7	Seeheim-Jugenheim	Landesgrenze

Mit Hilfe der Untersuchungen konnten sieben Streckenabschnitte entlang der BAB 5 identifiziert

werden, welche auf Basis der angewendeten Bewertungskriterien im Streckenverlauf ähnliche Merkmale aufweisen. Das Ergebnis der Untersuchung der Streckenabschnitte ist in Bild 2 aufgeführt.

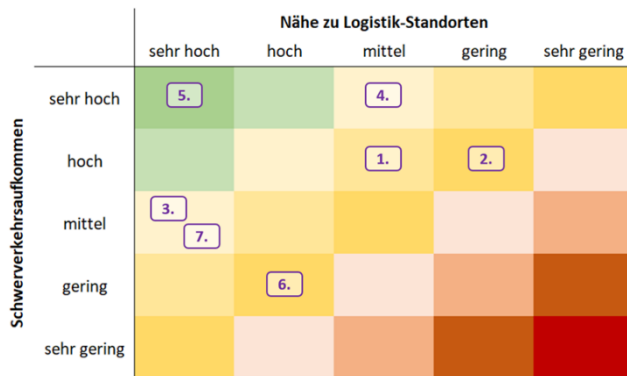


Bild 2: Gegenüberstellung der Kriterien zur Abschätzung des Nachfragepotenzials [IVV 2021]

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen auf, dass insbesondere für den Streckenabschnitt zwischen dem Bad Homburger Kreuz und dem Darmstädter Kreuz ein sehr hohes Nachfragepotenzial vorhanden ist. Alle anderen Streckenabschnitte weisen in mindestens einem Kriterium nur eine maximal mittlere Bewertungsstufe auf. Dennoch kann für die BAB 5 abschließend festgehalten werden, dass im gesamten Streckenverlauf ein mindestens mittleres Nachfragepotenzial besteht. Der Bereich ab dem Reiskirchener Dreieck bis zur Landesgrenze Baden-Württemberg (etwa 118,5 km Länge) weist ein generell höheres Nachfragepotenzial auf, als der Bereich vom Reiskirchener Dreieck bis zum Hattenbacher Dreieck (etwa 59,5 km Länge). Die Lage der bereits bestehenden ELISA-Teststrecke ist in Bezug auf das Nachfragepotenzial positiv zu bewerten. Neben dem sehr hohen Nachfragepotenzial im Straßengüterverkehr verkehrt auch der (bisher nicht mit einem Pantographen ausgestattete) AirLiner auf dem bereits elektrifizierten Streckenabschnitt, wodurch wichtige Voraussetzungen für eine Nachnutzung der Teststrecke vorhanden sind. Der AirLiner ist eine Direktbuslinie der HEAG mobilo GmbH in Darmstadt und verbindet die Darmstädter Innenstadt über den Darmstädter Hauptbahnhof mit dem Frankfurter Flughafen. Weiterhin ist die BAB 5 Teil des Kernnetzes des Transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN-V), der Korridore Rhein – Alpen und Rhein – Donau. Die Integration der ELISA-Teststrecke in ein übergreifendes Gesamtnetz ist anzustreben.

3.3. Akzeptanz auf Seiten der Verkehrsteilnehmenden

Eine erfolgreiche Umsetzung einer Oberleitungsanlage für O-Lkw wird erst durch die entsprechende Akzeptanz der beteiligten Akteure möglich. Gerade deshalb stellt die Akzeptanz einen wichtigen Faktor für einen flächendeckenden Systemausbau dar. Vor der großflächigen Ausstattung von Bundesfernstraßen ist demnach von hoher Bedeutung, die Akzeptanz derartiger Oberleitungsanlagen auch auf Seiten der Verkehrsteilnehmenden zu untersuchen und hierbei im Besonderen zu analysieren, ob sich Veränderungen im Verkehrsverhalten abzeichnen lassen.

Die Akzeptanz von Oberleitungsanlagen auf Seiten der Verkehrsteilnehmenden wurde anhand einer digitalen Personenbefragung erhoben, deren Fokus auf Fragestellungen zum individuellen Verkehrsverhalten unter dem Einfluss einer Oberleitungsinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum lag (Verhaltensakzeptanz). Folglich stellt diese Untersuchung eine Momentaufnahme der subjektiven Empfindungen zum eHighway dar. An der Personenbefragung nahmen 306 Personen teil, der Anteil der Teilnehmenden zwischen 25 und 34 Jahren lag dabei bei 46,5%. Jedoch handelt es sich fast ausschließlich um Pkw-Fahrende (95%), was im Umkehrschluss die statistische Aussagekraft zur Akzeptanz auf Seiten der Pkw-Fahrenden stärkt.

Im Allgemeinen konnte bei den Teilnehmenden eine äußerst positive Grundeinstellung zu technischen Neuerungen und zur Elektromobilität festgestellt werden. Ein leicht verändertes Bild zeigt sich bei näherer Betrachtung der eingeschätzten Sinnhaftigkeit des Feldversuchs ELISA. Grund für diese leichte Diskrepanz kann u. a. an dem zum aktuellen Zeitpunkt noch relativ geringen Kenntnisstand über das eHighway-System und dem Feldversuch liegen. Knapp zwei Drittel der Befragten gaben an, den Feldversuch ausschließlich aufgrund eines Befahrens des Streckenabschnitts wahrgenommen zu haben.

Allgemein ist festzustellen, dass die Verkehrsteilnehmenden den ELISA-Feldversuch als sinnvoller ansehen, je mehr Informationen sie bereits über das eHighway-System und/oder die ELISA-Oberleitungsanlage erlangt haben. Dabei wird deutlich, dass Personen zumeist einen größeren Kenntnisstand besitzen, je näher sie im Umfeld der ELISA-Teststrecke leben. Personen aus den neuen Bundesländern hingegen fühlen sich weniger gut über das System und den Feldversuch informiert, was sich auch in der spezifischen Akzeptanz widerspiegelt.

Der weniger ausgeprägte Kenntnisstand in Verbindung mit der Wahrnehmung des eHighway-Systems

spiegeln eine geringere Einstellungsakzeptanz (i. ü. S. Grundeinstellung) gegenüber dem eHighway-System im Vergleich zu technischen Neuerungen wider. Dennoch zeigte die Befragung, dass die Verkehrsteilnehmenden ihre Geschwindigkeit trotz des eHighway-Systems nur bedingt anpassen. In etwa jede(r) Dritte tut dies aus Gründen der Neugier, um nach O-Lkw Ausschau zu halten oder sich die Fahrzeuge und die Oberleitungsanlage genauer anzusehen. Ein Zusammenhang zu Befürchtungen aufgrund des eHighway-Systems kann nicht hergestellt werden.

Dies belegen auch Analysen der Verkehrsdaten auf dem ELISA-Streckenabschnitt. Auswertungen von 2017 bis einschließlich 2021 zeigten, dass sich die mittlere (fahrstreifenspezifische) Geschwindigkeit auf dem ELISA-Streckenabschnitt nicht signifikant ändert. Deutlich wird dabei ein als Gewöhnungseffekt zu bezeichnender Aspekt, bei dem sich die mittleren (fahrstreifenspezifischen) Geschwindigkeiten nach der Errichtung der Oberleitungsanlage 2019 leicht reduzieren und bis 2021 wieder nahezu an ihrem ursprünglichen Wert von 2017 annähern.

Schlussendlich ist nach bisherigem Kenntnisstand davon auszugehen, dass das eHighway-System von der Mehrheit der Verkehrsteilnehmenden akzeptiert wird (Einstellungsakzeptanz) und auch keine wesentlichen Veränderungen im Verkehrsverhalten (Verhaltensakzeptanz) zu erwarten sind.

3.4. Akzeptanz auf Seiten der Rettungskräfte

Grundsätzlich kommt den Rettungskräften eine maßgebende Aufgabe zu – die Gefahrenabwehr. Sie ist definiert als das Maßnahmenbündel, das aktiviert wird, um einen potenziellen Schaden von vorneherein zu vermeiden beziehungsweise einen bereits eingetretenen Schaden in seiner Intensität zu minimieren.

Auch wenn das eHighway-System zunächst eine Neuartigkeit im Straßenverkehr darstellt, lassen sich einige Parallelen zu bereits bekannten oberleitungsgebundenen Verkehrsträgern bzw. Verkehrsmitteln ziehen (beispielsweise Schiene/ Straßenbahn/O-Bus). Um Rettungskräfte grundsätzlich mit dem eHighway-System aber vertraut zu machen, wurden theoretische und praktische Schulungen mit Einsatzkräften durchgeführt, unter anderem direkt an einem ELISA-Feldversuchsfahrzeug, aber auch an einer eigens für den Feldversuch errichteten Übungs-Erdungsanlage auf dem Betriebshof der Berufsfeuerwehr Darmstadt (siehe Bild 3). Die Schulungen wurden durch die Teilnehmenden positiv aufgenommen, Interesse bestand sowohl an konkreten Auswirkungen des eHighway-Systems auf Rettungs-

einsätze, als auch am eHighway-System im Allgemeinen. Der Schulungsbedarf hängt dabei vor allem von der jeweiligen Feuerwehr sowie ihrem bisherigen Einsatzumfeld und den Erfahrungswerten ab. Grundsätzlich sollten die theoretischen und praktischen Schulungen in regelmäßigen Abständen wiederholt werden.

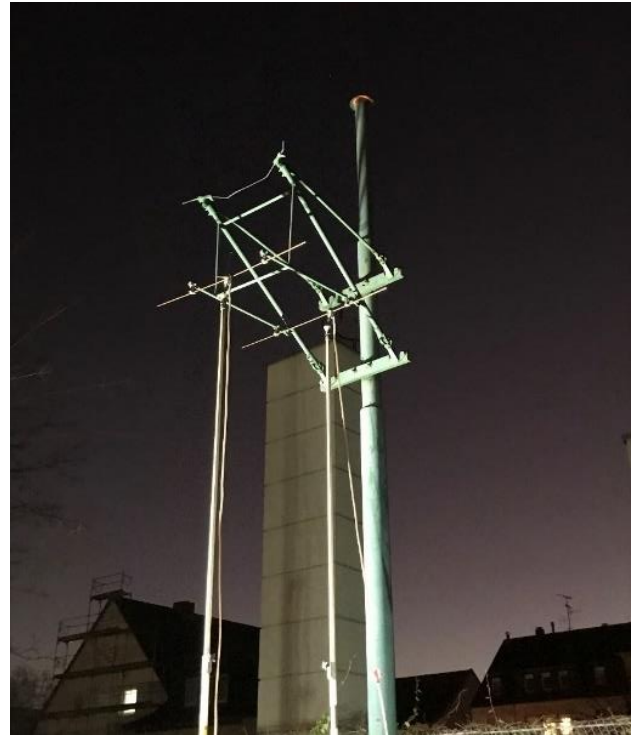


Bild 3: Übungs-Erdungsanlage auf dem Betriebshof der Berufsfeuerwehr Darmstadt [IVV 2020]

Eine wesentliche Voraussetzung für den zukunfts-fähigen und sicheren Betrieb von eHighway-Strecken ist darüber hinaus, dass die Oberleitungsanlage für die sichere Durchführung von Rettungseinsätzen problemlos, zügig und zuverlässig abgeschaltet – also stromfrei gemacht – werden kann. Für Rettungskräfte ist hierbei vor allem auch die zuverlässige, zügige und gesicherte Kommunikation der Spannungsfreiheit von wesentlicher Bedeutung. Dies sollte bei einem Ausbau des eHighway-Systems besondere Berücksichtigung erfahren.

Es muss berücksichtigt werden, dass es beim Einsatz von Rettungshubschraubern und anderem schweren Gerät zu Einschränkungen kommen kann, für die es mit ausreichend Vorlauf der Erarbeitung adäquater Ersatzlösungen bedarf. Gegebenenfalls ist auch das Einsatzkonzept anzupassen. In diesem Zusammenhang ist denkbar, die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf Streckenabschnitten mit Oberleitungsanlagen zu reduzieren, um die grundsätzliche, potentielle Unfallschwere zu reduzieren.

Ferner könnte sich als vorteilhaft erweisen, Rettungskräften Zugriff auf live-Kamerabilder der entsprechend mit Oberleitungsanlagen ausgestatteten Streckenabschnitte zu gewähren. Nicht nur, dass hierdurch unmittelbar ein Bezug zwischen Unfallereignis und Oberleitungsanlage erkannt werden kann, weiterhin ist hierdurch ein möglichst optimaler und vor allem ressourcenschonender Einsatz von Rettungskräften und -equipment möglich.

Je besser die vorstehenden Aspekte realisiert werden können, desto eher kann sich auf Seiten der Rettungskräfte sukzessive eine Akzeptanz des eHighway-Systems ausprägen. Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass Rettungskräfte frühzeitig in sämtliche Planungen und Veränderungen zum eHighway-System eingebunden werden sollten.

3.5. Akzeptanz auf Seiten der Öffentlichkeit

Einige vergangene Geschehnisse im Verkehrssektor haben teils zu erheblichen Herausforderungen geführt – insbesondere im Hinblick ihrer Wahrnehmung und Akzeptanz in der Gesellschaft. Ausbauprojekte der Flughäfen in Frankfurt am Main oder München, das Bauvorhaben im Zusammenhang mit Stuttgart 21 oder auch die Bahntrassierung zwischen Karlsruhe und Basel sind lediglich einige Beispiele, welche sich in diesem Zusammenhang nennen lassen [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2014]. Diese Projekte als Beispiel nehmend, zeigt sich von welcher Wichtigkeit die Untersuchung der Akzeptanz eines geplanten oder auch bereits realisierten Vorhabens auf Seiten der Öffentlichkeit ist. So gilt bspw. auch der Grundsatz: „Keine Partei wird ohne politische Meinungsumfragen in den Wahlkampf ziehen, kein Parlament erlässt wichtige Gesetze, ohne vorher die Einstellung der Bürger durch Umfragen zu erkunden.“ [Atteslander et al. 2008]. Dass es in Folge einer Auseinandersetzung im Kontext des eHighway-Systems auch mit Fragen zur Akzeptanz auf Seiten der Öffentlichkeit bedarf, ist unbestritten.

In der Bevölkerung zeigt sich zunächst grundsätzlich eine volatile Entwicklung bezüglich der Wahrnehmung der eHighway-Technologie und des ELISA-Feldversuchs. Es zeigt sich dabei vor allem ein Zusammenhang der Wahrnehmung der eHighway-Technologie und des ELISA-Feldversuchs mit öffentlichkeitswirksamen Ereignissen. Insbesondere der Bau der ELISA-Teststrecke im Jahr 2018 führte zu der bislang größten, registrierten Wahrnehmung in der Bevölkerung. Aber auch Ereignisse wie die offizielle und pressewirksame Streckeneröffnung im Mai 2019 oder die Bekanntgabe der Streckenverlängerung im Herbst 2020 ließ das Interesse an Feld-

versuch und Technologie ansteigen. Grundsätzlich gilt: Je öffentlich-wirksamer das Ereignis ist, desto mehr Wahrnehmung ziehen Projekt und eHighway-Technologie auf sich.

Vor allem von dem eHighway-System betroffene Bürgerinnen und Bürger weisen ein erhöhtes Interesse am eHighway-System selbst und am Feldversuch auf. Es zeichnet sich dabei ab, dass ein besonderes Interesse am eHighway-System vor allem in den durch die drei eHighway-Teststrecken tangierten Bundesländern Hessen, Schleswig-Holstein sowie Baden-Württemberg vorherrscht. Dies spiegelt sich auch im Pressegeschehen wider: Erstatte beispielsweise regionale Zeitungen zumindest gelegentlich zum ELISA-Projekt, nimmt die Häufigkeit der Berichterstattung im überregionalen und nationalen Umfeld merklich ab. Das eHighway-System ist vor allem lokal von besonderem Interesse und bedarf entsprechend vor allem lokal an geeigneten Bürgerbeteiligungen.

Inhaltlich lassen sich mehrere Schwerpunkte identifizieren, die aus Sicht der Öffentlichkeit von besonderer Relevanz sind. Auf Basis von 73 Bürger- und Presseanfragen, die an das ELISA-Projekt gerichtet wurden, zeigt sich insbesondere ein verstärktes Interesse der Gesellschaft an den Ergebnissen, dem allgemeinen Projektfortschritt aber auch an der Anzahl der auf der ELISA-Teststrecke eingesetzten Oberleitungs-Fahrzeuge (siehe Bild 4).

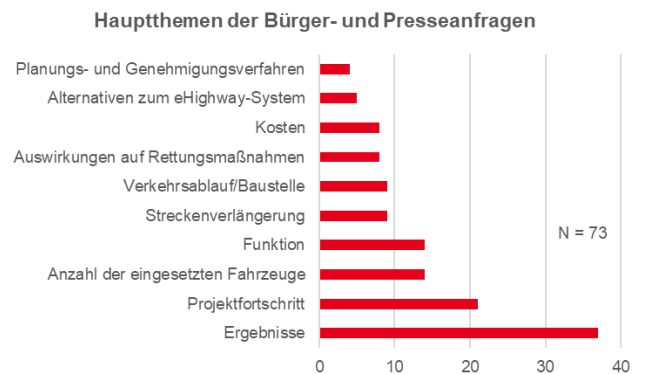


Bild 4: Hauptthemen von Bürger- und Presseanfragen

Anhand einer Akzeptanzbefragung in der Gesellschaft, an der in Summe 752 Befragte teilgenommen haben, wurde herausgefunden, dass das eHighway-System derzeit weder akzeptiert, noch abgelehnt wird. Rund eine Hälfte der Befragten äußert sich positiv zum eHighway-System, die andere Hälfte entsprechend negativ (siehe Bild 5).

Die Gründe, warum das eHighway-System abgelehnt wird, sind vielfältig. Durch die Auswertung von Bürger- und Presseanfragen (siehe Bild 4) konnte be-

reits ein erster Eindruck gewonnen werden, um welche Gründe es sich dabei handelt. Im Rahmen der Akzeptanzbefragung wurde dieser Analyse weiter nachgegangen. Grundsätzlich sprechen sich 35 % der Befragten dafür aus, Befürchtungen hinsichtlich des eHighway-Systems zu haben (11 % sind sich nicht sicher, 54 % geben an, keine Befürchtungen zu haben). Vor allem befürchteten die Befragten, dass Rettungseinsätze aufgrund des eHighway-Systems beeinträchtigt werden könnten. Ferner wird eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes befürchtet sowie potentielle Zeitverluste infolge von Instandhaltungsarbeiten an der Oberleitungsanlage (siehe Bild 6).

Was trifft bezüglich Ihrer Haltung gegenüber der eHighway-Teststrecke auf der Bundesautobahn A5 in Hessen am ehesten zu?

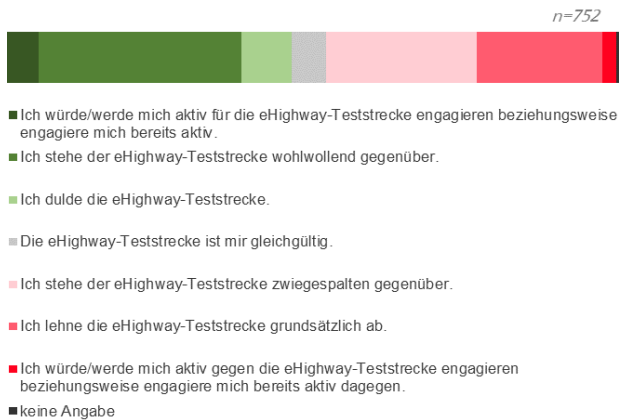


Bild 5: Akzeptanz des eHighway-Systems auf Seiten der Öffentlichkeit

Von besonderem Interesse, insbesondere hinsichtlich zukünftiger Entscheidungen zum eHighway-System, muss die Diskrepanz zwischen dem eigentlichen Potenzial des eHighway-Systems zur Einsparung von Treibhausgasemissionen und der doch recht verhaltenen Akzeptanz des eHighway-Systems in der Gesellschaft sein. So sind unter entsprechenden Rahmenbedingungen Treibhausgaseinsparungen in Folge des Fahrzeugbetriebs in Höhe von bis zu 100 % möglich. Sind sich Bürgerinnen und Bürger grundsätzlich darüber bewusst, dass der Klimawandel ein ernstzunehmendes Problem darstellt und es dringend Lösungen bedarf – auch für den Straßengüterverkehr – und das eHighway-System nachweislich eine solche Lösung darstellen kann, findet das eHighway-System dennoch keine deutliche Zustimmung. Die Gründe hierfür können vielfältiger Natur sein: So ist sicherlich anzuführen, dass der Kenntnisstand zum, beziehungsweise über das eHighway-System bislang keine umfassende Durchdringung in der Bevölkerung erreichen konnte. Weiterhin werden andere Handlungsalternativen favorisiert, die gegenwärtig über einen (teils deutlich)

geringeren Technologiereifegrad verfügen und damit fern von einer zügigen Markteinführung sind – ob über diesen Fakt Bewusstsein in der Bevölkerung vorliegt, sollte in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass – so auch aus den Bürger- und Presseanfragen zu vernehmen – es eines merklichen und dringenden Handlungsbedarfs hinsichtlich der Informationsbereitstellung/Öffentlichkeitsarbeit zum eHighway-System bedarf. Einer solchen sollte umfassend und nachhaltig nachgegangen werden, sofern das eHighway-System erfolgreich am Markt etabliert werden soll.

Welche Befürchtungen bezüglich des eHighway-Systems haben Sie?

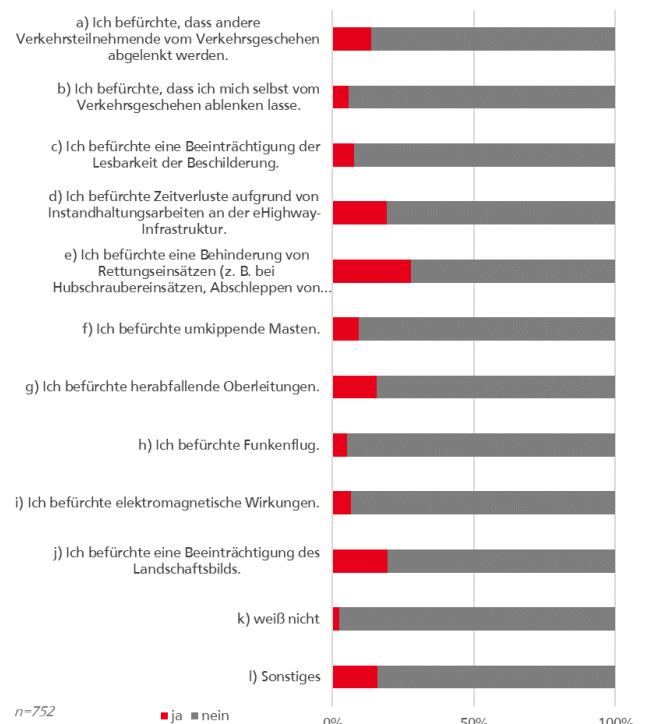


Bild 6: Befürchtungen bezüglich des eHighway-Systems

In Anbetracht dieser Kenntnisse bietet es sich an, zukünftig gezielt auf in der Gesellschaft vorherrschende Befürchtungen zu reagieren; beispielsweise durch umfassende und aktive, zielgruppenspezifische Öffentlichkeitsarbeit. Besonderer Fokus sollte dabei auf solche Bürgerinnen und Bürger gerichtet werden, die über eine hohe Betroffenheit vom eHighway-System verfügen (bspw. also Anwohnerinnen und Anwohner). So sind diese einerseits über aktuelle Ergebnisse zum eHighway-System sowie zum Projektfortschritt zu informieren. Ferner sollte aktiver über den Fahrzeugeinsatz berichtet werden. Es bietet sich hierbei an, die zu gebenden Informationen auch angemessen einzuordnen. Es ist zu erläutern,

aus welchem Grund die Fahrzeuganzahl im Testbetrieb beschränkt ist und dennoch fundierte Ergebnisse erarbeitet werden können.

3.6. Erweiterung der Teststrecke

Im Verlauf der Zeit wurde beschlossen, die ursprüngliche ELISA-Teststrecke in südlicher Fahrtrichtung um sieben Kilometer zu erweitern. Einerseits wird die Bestandsstrecke um 3,5 Kilometer im Norden, sowie um 3,5 Kilometer im Süden erweitert. Die Tätigkeiten im Zusammenhang des Erweiterungsvorhabens wurden begleitet und dokumentiert. Besonders interessant zeigen sich dabei Restriktionen und Einschränkungen, die bei einem potenziellen großflächigen Ausbau der Oberleitungstechnologie erforderlich werden könnten.

Der Nordabschnitt der Ausbaustrecke konnte ohne Verzögerungen fertig gestellt werden. Im südlichen Bauschnitt wurden Altlasten im Untergrund gefunden, die das Setzen der Masten deutlich erschwerten. Allgemein wird aber deutlich, dass nur wenige Bodenverhältnisse vorstellbar sind, welche eine Gründung allgemein verbieten würde. Allerdings sind genaue Kenntnisse bereits in der Planungsphase eine wichtige Voraussetzung. Eine Standardlösung hinsichtlich eines großflächigen Ausbaus von Oberleitungsanlagen auf Autobahnen kann im Zuge der Erweiterung nicht gegeben werden, jedoch wurde deutlich, dass es für fast alle Autobahnen eine Lösung zur Gründung der Masten geben kann. Grundlage für den Ausbau ist immer das Vorhandensein einer genauen Dokumentation der bestehenden Untergründe sowie beispielsweise auch der Verlauf von verlegten Leitungen. Neben Altlasten und ungünstigen Bodenverhältnissen können auch Anschlussstellen sowie Park- und Rastplätze eine Rolle beim Ausbau der Infrastruktur spielen. Zum Ausbau der Infrastruktur mussten

Anschlussstellen zeitweise gesperrt werden, was während des Baus nur eingeschränkt möglich war. Vollsperrungen waren nur Wochenends möglich. Für die Bauenden waren aber vor allem die Arbeitsstellen kürzerer Dauer nicht zielführend, da das Arbeiten dort als sehr unflexibel einzustufen und schweres Gerät schwerer einzusetzen ist. Es konnte bestätigt werden, dass gilt: je länger das Baufeld, desto besser ist der Bauablauf zu garantieren. Daher sind Abschnitte mit Anschlussstellen und Rastplätzen anders zu bewerten als Abschnitte ohne solche Bestandsinfrastrukturen, da vor allem dort nur kurzzeitig eine Sperrung ohne größere Einschränkungen durchzuführen ist.

Verkürzte Auffahrten auf die Autobahn, bzw. schmale Baufelder auf der Autobahn wurden als gefährliche Situationen für die Verkehrsteilnehmenden eingeschätzt. Die Sicherheit der Arbeitenden muss auch bei verkürzter Auffahrt und während der Bauarbeiten entlang der Autobahn gewährleistet sein. Positiv wurde eine einheitliche Geschwindigkeitsregelung der Verkehrsteilnehmenden entlang der Baustelle beurteilt.

Bei einem weiteren Ausbau der Infrastruktur sind aufgrund von Synergieeffekten etwa durch längere Baufelder oder bei der Anschaffung bzw. Miete von Baugeräten und der Baustelleneinrichtung Senkungen der Kosten pro Kilometer zu erwarten. Es konnte herausgestellt werden, dass der Preis und die Schwankungen der Preise der Materialien einen großen Einfluss auf den Preis pro Kilometer Ausbau haben. Höhere Materialkosten und die notwendigen tagesaktuellen Angebotskalkulationen waren beim Ausbau der Teststrecke durch die tagesaktuellen politischen Ereignisse mitbedingt und daher nur eingeschränkt übertragbar. Auch Vorhersagen oder allgemeine Regelungen können nicht getroffen werden.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Bisher konnten im Projekt ELISA wichtige Erkenntnisse zur Zuverlässigkeit des Gesamtsystems gewonnen werden. Aussagen zur Nachnutzung der ELISA-Teststrecke und der Einbindung dieser in ein übergeordnetes Netz wurden ebenfalls erarbeitet. Auch eine Erweiterung der Teststrecke wurde analysiert. Wichtige Erkenntnisse und Ergebnisse konnten außerdem im Rahmen der aktionsspezifischen Fragestellungen zur Akzeptanz auf Seiten der Verkehrsteilnehmenden, der Rettungskräfte sowie der Öffentlichkeit gewonnen werden. Die wichtigsten Kernaussagen sind:

- *Vorherrschende Witterungsbedingungen können sich auf die Zuverlässigkeit des eHighway-Gesamtsystems auswirken.*
- *Die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems wurde während der Projektlaufzeit gesteigert.*
- *Die ELISA-Teststrecke kann in ein Gesamtnetz integriert werden.*
- *Verkehrsteilnehmende mit einer positiven Grundeinstellung gegenüber technischen Neuerungen haben auch eine positive Einstellung gegenüber dem ELISA-Feldversuch.*

- *Ein hoher Kenntnisstand über das eHighway-System und den ELISA-Feldversuch führt zu einer erhöhten Akzeptanz auf Seiten der Verkehrsteilnehmenden.*
- *Verkehrsteilnehmende passen ihr Fahrverhalten nicht an, wenn sie einen OH-Lkw wahrnehmen.*
- *Die Akzeptanz der Oberleitungs-Technologie bei Rettungskräften ist abhängig von zugehörigen Schulungsmaßnahmen.*
- *Rettungseinsätze auf der ELISA-Teststrecke können aufgrund der errichteten Oberleitungsanlage erschwert werden.*
- *Rettungskräfte können Unsicherheiten/Unklarheiten im Falle eines Rettungseinsatzes im Zusammenhang mit der Oberleitungsanlage oder den OH-Lkw am Einsatzort nicht ausschließen.*
- *Die Wahrnehmung der eHighway-Technologie bzw. des ELISA-Feldversuchs ist abhängig von besonderen Ereignissen im Verlauf des Projekts.*
- *Die Betroffenheit eines Individuums vom eHighway-System beeinflusst die Akzeptanz.*
- *Die Wahrnehmung der Oberleitungs-Technologie in der Öffentlichkeit ändert sich während der Projektlaufzeit.*
- *Das eHighway-System wird gegenwärtig weder akzeptiert, noch abgelehnt. Es bedarf einer umfassenden und zielgruppenspezifischen Öffentlichkeitsarbeit.*
- *Die bauliche Erweiterung einer bereits bestehenden eHighway-Strecke ist möglich.*

5. Schrifttum und weiterführende Literatur

Atteslander, P., Cromm, J., Grabow, B., Klein, H., Maurer, A., Siebert, G. (2008): Methoden der empirischen Sozialforschung. 12., durchgesehene Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

BASt (2021): Bundesanstalt für Straßenwesen, Automatische Zählstellen auf Autobahnen und Bundesstraßen, Aktuelle Ergebnisse: 2019. Letzter digitaler Zugriff am 27.07.2021. URL: <https://www.bast.de>.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2014): Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung. Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor. Berlin.

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.

Rolko, Kevin (2020): Simulationsbasierte Optimierung der Ausstattung von Teilstrecken mit Systemen zur Energieversorgung von Lastkraftwagen während der Fahrt.

Dissertation. Technische Universität Darmstadt. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik. Verfügbar unter: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/13358/> (Letzter Zugriff: 31. März 2021).

Rolko, K., Linke, R., Boltze, M., Lehmann, M., Dietrich, K., Hahn, G. (2021): Bewertung des Ausstattungspotentials von Fernstraßen mit Oberleitungen. In: Elektrifizierung von Autobahnen für den Schwerverkehr - Umsetzung des Systems eHighway. Boltze, M., Lehmann, M., Riegelhuth, G., Sommer, H., Wauri, D., Kirschbaum Verlag, Bonn, 24-29.

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.

BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (1995): RSA – Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen.

Hessen Mobil (2016): Hessischer Verkehrszeichenplan-Katalog für Arbeitsstellen kürzerer Dauer.

Hessen Mobil (2015): Hessischer Verkehrszeichenplan-Katalog für Arbeitsstellen längerer Dauer.

6. Autorinnen und Autoren des Hinweispapiers

Ferdinand Schöpp, Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Jürgen K. Wilke, Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Özgür Öztürk, Ph.D., Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Prof. Eva Kaßens-Noor, Ph.D., Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

Danny Wauri, Technische Universität Darmstadt, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik

(seit 02/2022 Siemens Mobility GmbH)

Henrik Koch, Die Autobahn GmbH des Bundes

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