



In dem 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 akteurspezifischer Aspekte, die für einen möglichen Ausbau des Systems relevant sein können, gemeinsam mit Wissenschafts- und Industriepartnern evaluiert.

Dieses Hinweispapier richtet sich an Transporteure. Relevante Kernergebnisse zur Erfüllung der Anforderungen von Transporteuren an Oberleitungs-Hybrid-Lkw (OH-Lkw) hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit werden dargestellt. Dabei werden insbesondere Hinweise zur Integrierbarkeit der OH-Lkw in Transportketten, die allgemeine technische Eignung von OH-Lkw, die Änderungen in der Tourenplanung aufgrund des Einsatzes von OH-Lkw, die durchschnittlichen Kraftstoff- und Stromverbräuche, THG-Emissionen von OH-Lkw sowie die Akzeptanz des eHighway-Systems bei Fahrern, Disponenten und dem Management von Transportunternehmen zusammengetragen.

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis 1

2. Systembeschreibung eHighway 1

3. Hinweise für Oberleitungserichter 3

4. Schlussfolgerungen und Ausblick..... 11

5. Schrifttum und weiterführende Literatur 12

6. Autorinnen und Autoren des Hinweispapers 12

7. Beteiligte Institutionen..... 12

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.

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. Sattelauf- lieger: 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

3. Hinweise für Oberleitungserrichter

Die nachfolgenden Hinweise für Oberleitungserrichter orientieren sich in erster Linie an den wesentlichen **Realisierungsphasen** einer Errichtung von Oberleitungsanlagen im öffentlichen Straßenraum. Dies umfasst insbesondere Hinweise und zu berücksichtigende Anforderungen im Zuge der Realisierungsphasen **Planung und Projektierung** sowie Hinweise zu den Realisierungsphasen der **Errichtung** (Verkehrssicherung) und der **Inbetriebnahme**. Zudem finden sich Empfehlungen zur **Instandhaltung** nach einer erfolgreichen Integration in einen öffentlichen Straßenraum. Folglich werden in diesem Dokument grundsätzliche Hinweise für Oberleitungsanlagen gegeben, die mit den wesentlichen Erfahrungen und Erkenntnissen aus dem Feldversuch ELISA angereichert sind.



Abbildung 1: ELISA-eHighway (Siemens)

3.1. Hinweise zur Planung und Projektierung

Grundsätzlich wird für die Auslegung einer Oberleitungsanlage (eHighway) eine geplante Nutzungsdauer von mindestens 20 Jahren angenommen. Diese Angabe entspricht der Schutzdauer der Tragkonstruktionen unter dem Einfluss umwelt- und umgebungsbedingter Faktoren. Diese und weitere Faktoren stellen verschiedenartige **Anforderungen an eine Oberleitungsinfrastruktur** dar und beeinflussen unter Berücksichtigung der geplanten Nutzungsdauer die Ausführung und die Komplexität betroffener Anlagenteile (grundsätzliche bautechnische Machbarkeit vorausgesetzt). Darüber hinaus können Verschleißkomponenten, wie der Fahrdrabt, je nach Nutzungsintensität kürzere Nutzungsdauern aufweisen. Folglich kann die Nutzungsdauer der Oberleitungsanlage je nach Anlagenstandort und Umgebungsbedingungen variieren. So sind im Vorfeld der Planung und Projektierung einer Oberleitungsanlage die lokalen und operativen Anforderungen an die Infrastrukturelemente entlang des zu elektrifizierenden Streckenabschnitts zu prüfen und die ggf. **bautechnischen Planungsaufgaben** anzupassen. Ferner ist die geplante Nutzungsdauer festzulegen.

Eine Bundesfernstraße, wie in ELISA, zeichnet sich durch ihre Streckencharakteristik im Hinblick auf Kurvenradien, Gradienten und die Lage der Fahrbahn in Bezug auf das umliegende Gelände (bspw. Damm oder Einschnitt) sowie angrenzende Bestandsbauwerke (insb. Brücken- und Überführungsbauwerke) aus. Auch diese Faktoren können einen Einfluss auf Materialauswahl und die bautechnischen Planungsaufgaben haben. Ferner können sie sich auf die Positionierung der Maste im Hinblick auf die relativen Abstände zueinander und zum Fahrbahnrand auswirken. Daneben sind wasserschutzrechtliche und naturschutzrechtliche Bestimmungen zu berücksichtigen, bestehende Freileitungen (kreuzend oder in unmittelbarer Nähe) zu beachten sowie die Verfügbarkeit von geeigneten Netzanschlusspunkten zur Spannungsversorgung der Anlage (Art der Netzintegration) in die Planungen mit einzubeziehen.

Zusammenfassend sind die nachfolgend aufgeführten **Aspekte** zu berücksichtigen, die im Rahmen dieses Hinweisepapiers näher beschrieben werden:

- Materialeigenschaften/ Werkstoffauswahl,
- umwelt- sowie umgebungsbedingte Gegebenheiten,
- geologische und hydrologische Gegebenheiten sowie die Baugrundbeschaffenheit im designierten Bau Feld,
- Höhen- und längsrelevante Bestandsbauwerke und Verkehrszeichen,
- Daten- und Versorgungsleitungen,
- Leistungsauslegung gemäß Verkehrsaufgabe.

Die Aspekte erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie adressieren die wesentlichen Erkenntnisse aus der Erprobung der ELISA-Versuchsanlage.

Hinweise zu den Materialeigenschaften

Allgemein sind bei der Auslegung einer Oberleitungsinfrastruktur **Kontaktkorrosionen** beim Einsatz **unterschiedlicher Werkstoffe** in einem Bauteil/ einer Baugruppe sowie in den Schnittstellen zu anderen Teilen der Fahrleitungsanlage zu vermeiden (bspw. Kontaktkorrosion Aluminium/ Kupfer, entsprechend DIN EN 50119). Ferner sollte die Ausführung aller Edelstahlteile einschließlich Normteile in Edelstahl A4 angestrebt werden. Sollte dies bei Normteilen, wie bspw. Bolzen oder Splinten nicht möglich sein, ist der Einsatz alternativer Werkstoffe, wie Kupfer oder verzinkter Stahl zu prüfen. Die speziellen Anforderungen der ZTV-ING Teil 9 Abschnitt 1 zum Korrosionsschutz von Stahlbauteilen, die nicht aus Edelstahl sind (Feuerverzinkung nach DIN EN ISO 1461 unter Berücksichtigung der „DAST-Richtlinie 022“), brauchen bei Fahrleitungsbauteilen, wie bspw. Klemmen, Hängern und Seitenhaltern, die mit dem Kettenwerk verbunden sind, nicht berücksichtigt zu werden.

Etwaige Anpassungen dieser Planungsbasis sind projektspezifisch zu prüfen.

Hinweise zum Umgang mit umwelt- und umgebungsbedingten Gegebenheiten

Umwelt- und umgebungsbedingte Anforderungen sind unter Berücksichtigung des Anlagenstandorts projektspezifisch zu ermitteln. Hierbei sind die **klimatischen Bedingungen** und deren Einfluss auf die Materialauswahl in die Planungen miteinzubeziehen. Zusätzlich sind Auftausalze des Winterdienstes und die Schwefeldioxidkonzentrationen (Industrie- und Autoabgase) zu berücksichtigen. Die Oberleitungsanlage ist standardmäßig für einen Umgebungstemperaturbereich von -30 °C bis +40 °C konzipiert. Dies umfasst auch einen zulässigen Grenztemperaturbereich für Fahrdrabt und Tragseil von bis zu 110 °C Temperaturänderung inkl. Stromerwärmung, die zur Einhaltung des Arbeitsbereichs der Nachspanneinrichtungen und der Betriebstoleranzbereiche zu berücksichtigen sind. Im Feldversuch ELISA wurden zu Beginn des Jahres 2021 im Zusammenhang mit **kalten Umgebungstemperaturen** und infolgedessen eingesetzter Besatzung der Fahrbahn entlang der gesamten Versuchsanlage starke Korrosionen an den Isolatoren in Verbindung zum Pluspol der Fahrleitung (in Fahrtrichtung rechter Fahrdrabt) festgestellt. Die Isolatoren in Verbindung zum Minuspol der Fahrleitung (in Fahrtrichtung linker Fahrdrabt) waren ausnahmslos unauffällig. Dies lässt vermuten, dass die sich bildende **Salzschicht** an den Isolatoren des Pluspols der Fahrleitung zu einer unzulässigen Absenkung des Isolationswertes führt. In Verbindung mit dem Fließen eines Ableitstroms führte dies in einigen seltenen Fällen zu einer **Entfestigung der Isolatoren**.



Abbildung 2: Isolatorenbeschädigung ELISA-Versuchsanlage (Siemens)

Um dem entgegenzuwirken, wurden die eingesetzten Gießharz-Isolatoren gegen Silikon-Isolatoren mit größeren Luft- und Kriechstrecken sowie verbesserten Materialeigenschaften ausgetauscht. Seither wurden derartige Korrosionen an den Isolatoren nicht mehr festgestellt. Infolgedessen konnte zudem die Gesamtverfügbarkeit der Oberleitungsanlage nochmals gesteigert werden.

Eine **Besatzung** aus den Einsätzen des Winterdienstes in Verbindung mit einer durch Kraftfahrzeuge aufgewirbelten Salzgischt führte überdies zu **Materialbeschädigungen** bspw. an den **Schließzylindern** der Schaltkästen des Catenary Monitoring Systems. Kurzfristig konnte die Reinigung und Schmierung der Außenschlösser in den Wartungsumfang planmäßiger Wartungsarbeiten aufgenommen werden, ein Austausch einzelner Schließzylinder war jedoch unumgänglich. Mittelfristig ist eine gegen die äußeren Einflüsse besser geschützte Lösung zu implementieren, wie bspw. der Einsatz von Stahlschließzylindern mit entsprechender Schutzabdeckung.

Ein aus ELISA heraus identifizierter Anpassungsbedarf bei **hohen Umgebungstemperaturen** bezieht sich auf die beiden Gleichrichterunterwerke (GUw). So heizte sich an besonders heißen Sommertagen der Traforaum des GUw Bornbruch sehr stark auf, der Traforaum des GUw Gräfenhausen hingegen nicht. Dies ist insofern bemerkenswert, da die Traforäume der beiden GUw identisch ausgestaltet sind. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden GUw besteht in der Verschattungssituation. Während das GUw Gräfenhausen sich weitgehend im Schatten befindet, ist das GUw Bornbruch im Hinblick auf die **Strahlungsintensität** der Sonne deutlich länger einer direkten **Sonneneinstrahlung** ausgesetzt.



Abbildung 3: Temperatur im GUw Bornbruch an einem Sommertag. Außentemperatur ca. 27°C (Autobahn GmbH des Bundes)

Dieser Umstand sollte bei der Planung und Projektierung zukünftiger Oberleitungsanlagen Berücksichtigung finden. Ein möglicher Lösungsansatz ist die Installation einer Photovoltaik-Anlage auf dem GUw. Dies würde für eine künstliche Verschattung sorgen und zugleich könnte der Strom einen Beitrag zur Deckung des Eigenbedarfs der GUw leisten. Weitere Lösungsansätze sind der Einsatz von Klimaanlage mit Luftreinigungsfiltern in den GUw oder die Integration zusätzlicher Lüftungsschlitze, zur Vermeidung von Stauwärme. Dadurch werden die GUw sowohl gekühlt als auch vor einem erhöhten Staubeintrag geschützt. Durch **vermehrte Staubeinträge**, resultierend aus einem erhöhten Verkehrsaufkommen entlang der Strecke, ist eine quartalsweise Reinigung der Filtermatten der Lufteinlässe in den GUw zu beachten. Auf der ELISA-Versuchsanlage hat sich allerdings ein Turnus von 6 Monaten bewährt.

Der Turnus kann vermutlich weiter erhöht werden, in dem die Lufteinlässe der GUW auf der Autobahn abgewandten Seite des GUW integriert werden.

Hinweise zum Umgang mit geologischen und hydrologischen Gegebenheiten

Die Baugrundbeschaffenheit kann sich je nach Anlagenstandort erheblich unterscheiden und für sich genommen oder in Kombination mit den vorstehend beschriebenen Umgebungsbedingungen die Art der Mastgründung und den dazu erforderlichen Aufwand beeinflussen. Für die Bewertung der Baugrundbeschaffenheit ist auch die Verfügbarkeit von Lageplänen hinsichtlich Kabel- und Leitungstrassen entlang des zu elektrifizierenden Streckenabschnitts von wesentlicher Bedeutung, da insb. Such- und Hand-schachtungen einen erheblichen Kosten- und Zeitfaktor darstellen.

Ferner müssen die wasserschutz- und naturschutzrechtlichen Bestimmungen eingehalten werden. In den meisten Fällen ist eine Lösung theoretisch möglich, jedoch sinkt mit steigender Komplexität in der Regel die Wirtschaftlichkeit, so dass die Umsetzung und die zur Verfügung stehenden Alternativen je nach Situation sorgsam abgewogen werden sollten.

Im Zuge der Planung einer Oberleitungsinfrastruktur ist überdies eine Betrachtung geologischer Aspekte von wesentlicher Bedeutung. So ist es im Rahmen der Auswahl eines zu elektrifizierenden Streckenabschnitts erforderlich, **Hindernisse**, bspw. in Form von Gestein (ober- und unterirdisch), im Vorfeld zu identifizieren. Ferner ist das **Tragverhalten des Baugrundes** zu berücksichtigen. Grundsätzlich kann für jede denkbare geologische Gegebenheit bzw. Bodenklasse eine entsprechende Lösung zur Elektrifizierung erarbeitet werden. Hierbei ist jedoch der daraus resultierende (ökonomische) Mehraufwand in die Gesamtplanung miteinzubeziehen.

Auch das vierte in Deutschland realisierte eHighway-Projekt (ELISA III) hat bestätigt, dass es Bereiche gibt, für die keine „Standardlösung“ existiert und dies projektspezifische Lösungen erfordert. Dies verdeutlicht insbesondere der eHighway-Feldversuch in Baden-Württemberg (eWayBW), bei dem in einem Streckenabschnitt Felsgestein im Baugrund identifiziert wurde. Hierfür standen zwar geeignete Lösungen zur Verfügung, doch aufgrund der Tatsache, dass die Anlage in Baden-Württemberg zurückgebaut werden soll, wurde auf die Elektrifizierung dieses Streckenabschnitts, auch im Hinblick auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis, verzichtet.

Bei Betrachtung der Realisierung der ELISA-Versuchsanlage wurden in Nord- und Südrichtung entlang des 5 km langen Streckenabschnitts keinerlei

große Ansammlungen von Gestein identifiziert, die ein wesentliches Hindernis für das Aufstellen der Tragmaste darstellten. Dies galt auch für den Bereich der erweiterten Versuchsanlage.

Die Realisierung der erweiterten Versuchsanlage im Rahmen von ELISA III (*weitere Ausführungen s. Abschnitt 3.2*) zeigte im Gegensatz zu ELISA bei Betrachtung im Umfeld befindlicher Kampfmittel im Baugrund, mit welchen zusätzlichen Herausforderungen gerechnet werden muss. Dabei bestand die Herausforderung zum größten Teil in der Organisation und Koordination der beteiligten Gewerke, die Realisierung der Errichtung selbst blieb weitestgehend unbeeinträchtigt.

Hinweise zum Umgang mit höhen- und längsrelevanten Bestandsbauwerken

Grundsätzlich sollte bei der Planung einer Oberleitungsanlage bei allen Bestandsbauwerken im Streckenabschnitt ein Einfluss auf die Gestaltung oder die bautechnische Umsetzung angenommen werden, bis das Gegenteil nachgewiesen werden kann. Für eine bautechnische Bewertung eines geplanten Abschnitts kann die Methode der Vermessung durch eine Laserflächenscanner-Analyse des Lichtraums (Digital Track Capturing, DTC) verwendet werden.



Abbildung 4: Beispielhafter DTC-Aufbau und Digitales Streckenmodell

Es sind die Anforderungen an den freizuhaltenen Lichtraum zu berücksichtigen, wobei das **Regellichtraumprofil der Fahrzeuge** die Querebene des Fahrwegs in einem Bereich unterhalb des Fahrdrachts beschreibt. Dieser Bereich ist landesspezifisch zu definieren und richtet sich in Deutschland nach den „Richtlinien für die Anlage von Autobahnen“ [RAA]. Das **Regellichtraumprofil des Pantographen** beschreibt den Bereich neben und oberhalb des Fahrdrachts. Dieser ist durch mögliche Bewegungen des Pantographen definiert und gilt über den gesamten Einbaubereich der Bezugspunkte und über einen seitlichen Bereich neben der elektrifizierten Fahrspur. Dadurch wird ein sicherer Betrieb und ein sicheres Absenken des Pantographen gewährleistet. Neben dem Freiraum für den Pantographen und dem eHighway-Fahrzeug müssen die Bauteile der Oberleitung, vor allem aber die den Fahrdracht tragenden Konstruktionen (bspw. Seitenhalter, Ausleger, Tragseile) einen elektrisch-mechanischen Mindestabstand sowohl in der Höhe als auch in der Breite zum eHighway-Fahrzeug und Pantographen einhalten.

Das Oberleitungssystem ist folglich so auszuführen, dass die genannten Regellichträume unter allen Betriebsbedingungen freigehalten werden.

So ist die vertikale **mechanische Lichtraumprofilhöhe** für den Arbeitsbereich des Pantographen im angebügelt Zustand von 150 mm und der elektrische Sicherheitsabstand von 50 mm oberhalb der höchsten befahrenen Fahrdrachtlage vor und unter Brücken oder höhenbegrenzenden Bauwerken einzuhalten. Eine Reduzierung der für die Elektrifizierung notwendigen Lichtraumprofilhöhe oberhalb der projektierten Lage des Fahrdrachts kann durch spezielle Maßnahmen erfolgen, bspw. durch Anhubbegrenzer und Ableitschienen vor und unter dem Bauwerk. Zu beachten ist, dass Anhubbegrenzer mit einem erhöhten Fahrdrachtverschleiß einhergehen und die geplante Standzeit reduzieren können.



Abbildung 5: Fahrdrachtabsenkung Brückenbauwerk (Siemens)

Im Bereich von Brückenbauwerken ist in der Regel eine Absenkung der Fahrdrachthöhe notwendig, da die lichte Höhe der Brückenbauwerke nur in seltenen Fällen eine Aufrechterhaltung der Nennfahrdrachthöhe von 5,10 m ermöglicht. Die Elektrifizierung dieser Bereiche kann bspw. durch die Absenkung des Tragseils oder die Reduktion der Mastabstände unterstützt werden. Überdies sind die Befestigungen der Oberleitungsanlage am Brückenbauwerk in jedem konkreten Einzelfall anforderungsgerecht zu projektieren. Hierbei ist häufig ein Eingriff in das Bestandsbauwerk notwendig.

Daneben sind über der Fahrbahn angebrachte Verkehrszeichen(-brücken) zu berücksichtigen, selbst wenn diese im Hinblick auf die konstruktiven Anforderungen der Oberleitungsinfrastruktur nur bedingt relevant sind, da die Schilder zumeist durch den Betreiber an der tragenden Struktur nach oben versetzt werden können. In Abhängigkeit der Größe des jeweiligen Schildes sollten zudem, sofern möglich, Ausleger und Hängesäule so positioniert werden, dass die Kanten der wegweisenden Beschilderung betont werden und der Schildinhalt selbst nicht verdeckt wird. Dies betrifft insb. den Mast unmittelbar vor dem jeweiligen Schild. Für Ausleger, Hängesäulen

oder andere massive Bauteile ist in Annäherung (ab 200 m vor der Beschilderung) an die wegweisende Beschilderung die Sichtbeziehung zu prüfen. Maßgeblich dabei ist eine Beobachtungshöhe von 2,5 m. In Kurvenbereichen ist zu berücksichtigen, dass insb. Hängesäulen auf der in Fahrtrichtung linken Seite die Sichtbarkeit auf die wegweisende Beschilderung der Verkehrsteilnehmenden auf benachbarten Fahrstreifen beeinträchtigen können.

Auch **längsrelevante Bestandsbauwerke** sind in die Vorplanung und Projektierung miteinzubeziehen. So stellen bspw. Lärmschutzwände besondere Anforderungen an die Gestaltung der Anlage dar und sind ggf. im Zuge einer Realisierung eines eHighway anzupassen. Die Absenkung und Führung der Fahrleitung unter bzw. neben höhenbegrenzenden Bauwerken ist grundsätzlich projekt- bzw. bauwerksspezifisch zu planen, da Neigungswinkel, Montagemöglichkeiten und die daraus resultierenden Fahrdrachtlagetoleranzen entsprechend variieren können.

Zudem sind die **Sicherheitsabstände zu Hochspannungsfreileitungen** gemäß DIN EN 50341-1 einzuhalten, was einerseits eine Anpassung der Masthöhe und/oder Maststandorte betroffener Maste und andererseits eine temporäre Abschaltung von Hochspannungsfreileitungen während der Mastmontage erforderlich machen kann. Im Fall von ELISA konnte die Abschaltung einer betroffenen Freileitung durch Einsatz von kürzeren Spezialmasten vermieden werden.



Abbildung 6: Fahrdrachtabsenkung Brückenbauwerk (Siemens)

Hinweise zum Umgang mit Daten- und Versorgungsleitungen

Bei Betrachtung bestehender Daten- und Versorgungsleitungen sind **unterirdisch verlaufende Bestandstrassen** von energie- oder nachrichtentechnischer Infrastruktur Dritter zu berücksichtigen. Diese können, je nach Anzahl sowie Datenverfügbarkeit und -qualität zur Lage einzelner Trassen, ebenso den Komplexitätsgrad des Gesamtvorhabens erhöhen.

Demnach wird im Vorfeld der Planungen empfohlen, für die Gründung der Masten einen definierten

Abstandskorridor im Seitenraum vorzusehen, so dass bei Bedarf die Abstände der Masten von der Fahrbahn innerhalb dieses Abstandskorridors variieren können. Kann ein solcher Abstandskorridor nicht gewährleistet werden, sind die Trassenbetreiber frühzeitig in die Planungen miteinzubeziehen, so dass gemeinsame Lösungen entwickelt werden können. Auf diese Weise können die Aufstellbereiche der Maste - idealerweise im **Einvernehmen** mit den **Trassenbetreibern** - anhand der vorgefundenen Trassen genauer projektiert werden. Es sollten die Eigentumsverhältnisse aller durch die Baumaßnahme betroffenen Bereiche geprüft werden. In der Regel befindet sich der Baugrund im 5-Meter-Raum seitlich einer Bundesautobahn im Besitz des Bundes. Jedoch gibt es Ausnahmen, die entsprechend berücksichtigt werden müssen.



Abbildung 7: Unterirdisch verlaufende Bestandstrassen (Siemens)

Die **oberirdische Führung** der **Daten- und Versorgungsleitungen** des eHighway-Systems, wie das Catenary Monitoring System (CMS), die automatische Fahrdrabt-Risserkennung und das Erdungsseil erwies sich im Feldversuch ELISA als leicht anfällig und gerade im Zusammenhang mit dem im Seitenraum erforderlichen Grünschnitt stellen die zwischen den Seitenmasten befindlichen Verbindungen ein Hindernis dar. Bei einer auf die Wirtschaftlichkeit ausgelegten Betriebsführung der Oberleitungsanlage könnten die längsseits oberirdisch geführten Leitungen zu Einschränkungen im Betrieb und während der Instandhaltung der Anlage führen. Demgegenüber steht jedoch der erhebliche organisatorische und ökonomische Mehraufwand, der mit einer unterirdischen Verlegung einhergeht. Aus diesem Grund ist eine oberirdische Verlegung des Erdseils sowie der Daten- und Versorgungsleitungen von Vorteil, auch im Hinblick auf eine wesentlich vereinfachte Fehlerdetektion und einer damit einhergehenden vereinfachten Instandsetzung.

Mit Blick auf die Positionierung der **Gleichrichterunterwerke** in Verbindung mit den zu verlegenden Kabeln wird empfohlen, den Abstand zwischen Gleichrichterunterwerk und Einspeisemast möglichst gering

zu wählen. Gründe hierfür sind u. a. der geringere Spannungsfall und der wesentlich geringere Aufwand im Zuge der Trassierung/ Verlegung der Kabel einhergehend mit einer Kostenreduktion. Zu beachten ist jedoch, dass durch die Nähe zum Einspeisemast, gleichzeitig auch der Abstand zum Fahrbahnrand deutlich reduziert wird.

Hinweise zur elektrischen Auslegung

Das **Speisekonzept** zukünftiger eHighway-Oberleitungsanlagen sieht ein symmetrisch geerdetes DC-Spannungssystem mit einer Nennspannung von DC 1500 V vor (in ELISA DC 600 V). Die Erhöhung der Nennspannung verfolgt das Ziel, das System leistungsfähiger zu gestalten, um zukünftig gesteigerten Verkehrsanforderungen gerecht zu werden. Die Isolations- und Erdungskonzepte sind auf das zukünftige Speisekonzept entsprechend abzustimmen. Für eHighway-Systeme gelten für die elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung die Anforderungen nach DIN EN 50122. Die Schutz- und Erdungskonzepte sind im Rahmen der Auslegung zu definieren. Die Anwendung und Gültigkeit weiterer Normen sind durch den Errichter zu prüfen.

In einem symmetrisch geerdeten System werden durch in Reihe geschaltete Widerstände zwischen Plus und Minus des Gleichrichters und Erdung des Mittelpunkts die **Spannungen** symmetrisch positiv und negativ erzeugt. Im DC 1500 V System liegen damit an den Kettenwerken einmal +750 V und einmal -750 V Nennspannung gegen Erde an. Standardmäßig ist der in Fahrtrichtung betrachtete rechte Fahrdrabt der positive Pol mit +750 V Nennspannung und der linke Fahrdrabt der negative Pol mit -750 V Nennspannung. Direkt mit der Oberleitung verbundenen Bauteile sind für die Nennspannung, die Bemessungsspannung und die Bemessungsstoßspannung entsprechend der Überspannungskategorie OV4 nach EN 50124-1 auszulegen.

Die **Leistungsauslegung** der eHighway-Systeme ist jeweils projektspezifisch im Hinblick auf die jeweilig erwartete Anzahl an eHighway-Fahrzeugen entsprechend den Leistungsanforderungen aus der geplanten Verkehrsaufgabe festzulegen. Als maximale **Stromaufnahme je eHighway-Fahrzeug** sind derzeit 350 A während der Fahrt (> 5 km/h) und 100 A im Stillstand (≤ 5 km/h) zugelassen.

3.2. Hinweise zur Errichtung (Verkehrssicherung)

Die Errichtung der ELISA-Versuchsanlage war die erste Baumaßnahme für eine Oberleitungsinfrastruktur auf einer deutschen Autobahn. Die Arbeitsbedingungen auf Bundesfernstraßen unterscheiden sich in vielen Punkten grundlegend von denen in einem

abgegrenzten Baufeld der Fernbahn und auch von den Errichtungsarbeiten an Straßen- oder U-Bahn-Infrastrukturen im städtischen Bereich. Dies erforderte für das üblicherweise im Schienenbereich eingesetzte Fachpersonal des Oberleitungsbaus eine Anpassung ihrer Arbeitsweisen und die Sicherung der Arbeitsräume gegenüber dem fließenden Verkehr.

In diesem Abschnitt werden basierend auf den Erfahrungen aus dem Feldversuch ELISA Hinweise zu den nachfolgenden **Aspekten** gegeben:

- Verkehrssicherung während der Errichtung
- Passive Schutzeinrichtungen
- Verlängerung bestehender Anlagen

Hinweise zur Verkehrssicherung während der Errichtung

Im Zuge der Errichtungsarbeiten im Rahmen von ELISA sowie von ELISA III sind die geltenden Regelungen für die Planung und Durchführung von Arbeitsstellen zu beachten. Für Hessen sind dies die Regelungen des Hessischen Handbuchs für das Baustellenmanagement auf Autobahnen in Ergänzung mit den allgemein gültigen Regelungen in Deutschland. Dies umfasst insbesondere den aus der Einrichtung von **Arbeitsstellen kürzerer Dauer** einhergehenden Zeitaufwand vor Beginn der jeweiligen Baumaßnahme. Dieser ist bei der Planung des Bauablaufs, insbesondere bei der Anlieferung von Bauelementen, wie bspw. den Masten oder Auslegern zu berücksichtigen. Das Einbeziehen **verkehrsrechtlicher Anordnungen** in die Planungen der Bauausführung erfordert eine Konkretisierung der Arbeitsweisen und der Arbeitszeiten der ausführenden Unternehmen im Hinblick auf die zukünftig bei der Errichtung von Oberleitungsanlagen geltenden Rahmenbedingungen.

In diesem Zusammenhang sind verkehrsrechtliche Anordnungen an die Anforderungen der Errichtung einer Oberleitungsinfrastruktur anzupassen. Ferner sind zukünftige Konzepte im Zuge einer Errichtung des eHighway-Systems zu entwickeln und in die allgemeinen Regelungen einzubeziehen. So sollte grundsätzlich eine Sperrung von zwei Fahrstreifen im Rahmen einer Arbeitsstelle kürzerer Dauer für den gesamten Bauablauf angestrebt werden. Arbeitsstellen längerer Dauer mit Betonschutzwänden im Seitenbereich werden bei Brückenbauwerken grundsätzlich nicht empfohlen, da diese den Arbeitsbereich der Arbeitsbühnen erheblich einschränken bzw. beeinträchtigen.

Im Feldversuch erfolgte die Sperrung eines oder mehrerer Fahrstreifen mitsamt Seitenstreifen im gesamten Bauverlauf nur im Rahmen von Arbeitsstellen

kürzerer Dauer und nur zu Zeiten mit entsprechend geringer zu erwartender Verkehrsstärke bzw. Befahrungsdichte. Die besondere Herausforderung bestand dabei darin, dass die Arbeiten an der Errichtung des Fahrzeugrückhaltesystems parallel zu der Errichtung der Oberleitungsinfrastruktur stattfanden.

In der ersten **Bauphase der Errichtung der Oberleitungsinfrastruktur** wurde das Baufeld durch eine transportable Schutzeinrichtung zwischen dem Seitenstreifen und dem ersten Fahrstreifen geschützt. In dieser Bauphase konnten Maststellung und Auslegermontage vollständig abgeschlossen werden.



Abbildung 8: Transportable Schutzeinrichtung zwischen Seitenstreifen und ersten Fahrstreifen (Siemens)

In der daran anschließenden **Bauphase**, im Zuge derer der **Fahrdrabt und Trageseilzug** stattgefunden hat, musste die transportable Schutzeinrichtung entfernt werden, da das Fahrzeug der Fahrdrabtmontage die Möglichkeit haben musste, sich frei zwischen dem Seitenstreifen und dem ersten Fahrstreifen bewegen zu können. Der Bewegungsspielraum der Fahrdrabtmontage sollte im Allgemeinen insbesondere an Autobahnkreuzen Berücksichtigung finden, da das Ziehen des Kettenwerks dort gerade an den Ab- und Auffahrten erschwert wird und von einem erhöhten Gefährdungsrisiko für Personal und Dritte begleitet wird. Deutlich wurde dies bei der Planung und Realisierung der erweiterten Versuchsstrecke im Rahmen von ELISA III. Bei einem Kettenwerkszug unter Brückenbauwerken erwiesen sich Arbeitsstellen kürzerer Dauer als recht schmal und es ist ratsam zwei Fahrstreifen zu sperren.

In Rechtskurven sowie bei kleineren Kurvenradien kann sich das Trageseil über dem linken benachbarten Fahrstreifen befinden, so dass unter Umständen bei Kurvenradien von 800 m eine Sperrung weiterer Fahrstreifen erforderlich wird.

In der letzten **Bauphase**, welche unter anderem die Montage der endgültigen Hänger, die Herstellung elektrischer Verbindungen und die **Einregulierung** der endgültigen **Fahrdrabtlage** beinhaltet, wurden parallel dazu die Arbeiten zur **Errichtung** der passiven **Schutzeinrichtung** aufgenommen, welche im

Zuge von ELISA beispielhaft in Form eines Ortbeton-schutzsystems ausgeführt worden ist.

Hinweise zu passiven Schutzeinrichtungen

Die Errichtung einer Oberleitungsanlage entlang von Bundesautobahnen ist völlig neu und bisher noch in keiner im Bereich der Straßenausstattung anzuwendenden Richtlinien in Deutschland abgebildet. Die Positionierung von Oberleitungsmasten im Seitenraum der Fahrbahn birgt neue Gefahrenstellen, die auf Grundlage der Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch **Fahrzeugrückhaltesysteme** mit entsprechendem Leistungsvermögen abzusichern sind.

Im Feldversuch ELISA wurden, wie beschrieben, die Oberleitungsinfrastruktur sowie die passiven Schutzeinrichtungen zeitgleich errichtet. Diese zeitgleiche bauliche Umsetzung von passiven Schutzmaßnahmen und Oberleitungsinfrastruktur wirkte sich nachteilig auf die Nutzbarkeit des Streckenabschnitts für den Bau der Oberleitungsinfrastruktur aus, da verschiedene Arbeiten der Gewerke im gleichen Baufeld umgesetzt werden mussten und diese entsprechend in die verschiedenen **Bauabläufe zu integrieren** waren. ELISA I hat dennoch gezeigt, dass bei hinreichender Planung und frühzeitigem Einbezug aller Gewerke eine zeitgleiche Umsetzung grundsätzlich machbar ist. Es sind dabei notwendige Entscheidungen für eine effiziente Bauausführung der Gewerke in jedem konkreten Einzelfall einer Bauaufgabe frühzeitig zu treffen und unter Berücksichtigung sämtlicher Aspekte der jeweiligen Handlungsoptionen die Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen. Unterstützend existieren Lösungsoptionen auf dem Markt, die einen Einsatz der späteren passiven Schutzeinrichtung bereits in der Errichtungsphase der Oberleitungsanlage als temporäre, transportable Schutzeinrichtung zur Absicherung der Arbeitsstelle längerer Dauer ermöglichen.

Hinweise im Zuge einer Verlängerung bestehender Oberleitungsanlagen

Nach dem in den Jahren 2019 bis 2021 sehr positiven Verlauf des Feldversuchs ELISA wurde die bestehende Versuchsstrecke in Fahrtrichtung Süden um ca. 7,5 km verlängert. Die Verlängerung erfolgte dabei einerseits zu Beginn des Streckenabschnitts, andererseits am Streckenabschnittsende der bestehenden Versuchsanlage. Zu beachten ist, dass unter Umständen Verlängerungen nicht direkt an bestehende Versuchsanlagen angeschlossen werden können. Grund hierfür ist die technische Weiterentwicklung der Oberleitungsanlage, z. B. mit einer höheren Tragseilzugspannung, um eine noch höhere Lagestabilität des Kettenwerkes zu erreichen. Im Rahmen von ELISA III konnte hingegen eine direkte Verbindung realisiert werden, da die Verlängerung den

gleichen technischen Entwicklungsstand aufweist, wie die bestehende ELISA-Versuchsanlage.

Im Zusammenhang mit einer Verlängerung unter laufendem Betrieb sind besonders die An- und Abbügelvorgänge der eHighway-Fahrzeuge während der Errichtungsphase zu berücksichtigen. Die geolokalisierte Begrenzung ("GeoFence") der eHighway-Fahrzeuge zur Detektion elektrischer Abschnitte und damit zur Freigabe einer aktiven Nutzung der Oberleitung (Anbügeln des Pantographen und Strombezug) ist nicht hinreichend präzise genug, um den Übergang zwischen aktiver bestehender Oberleitung und noch inaktiver, im Bau befindlicher Oberleitung sicher und zuverlässig zu erkennen. Bei einem Übergang in den Bereich der Verlängerung könnten die eHighway-Fahrzeuge noch angebügelt sein und dadurch die noch nicht endgültig ausgerichtete Fahrleitung der im Bau befindlichen Oberleitung beschädigen. In ELISA wurden die Fahrzeugführenden der eHighway-Fahrzeuge entsprechend informiert. Für zukünftige Projekte im Zuge eines flächendeckenden Systemausbaus mit mehr eHighway-Fahrzeugen sollten entsprechende hinweisende Beschilderungen zum Abbügeln am Fahrbahnrand aufgestellt werden.

3.3. Hinweise zur Inbetriebnahme

Unter Inbetriebnahme wird im Allgemeinen die **Überführung** der Oberleitungsanlage aus dem Ruhezustand nach der konstruktiven Fertigstellung in einen definierten **Betriebszustand** verstanden. Dies hat unter Berücksichtigung der mit dem Kunden vereinbarten Leistungsnachweise der Oberleitungsanlage zu erfolgen. In diesem Abschnitt werden allgemeine Hinweise zu den nachfolgenden **Aspekten** gegeben:

- Technische Abnahme
- Inbetriebnahme

Technische Abnahme

Die technische **Abnahme der Montage** des Oberleitungssystems muss durch eine Elektrofachkraft erfolgen. Daneben sollte eine Fachkraft für Fahrleitungsanlagen eingebunden werden. Die Abnahme stellt den Test der funktionalen Sicherheit und der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen dar. So muss die technische Abnahme u. a. folgende Punkte beinhalten:

- Abnahmen während der Montage, d. h. visuelle Inspektion gemäß Baufortschritt,
- Abnahmen nach der Montage durch Befahrungen (z. B. Inspektion mit Montagefahrzeug),

- Inspektionsfahrten zur Kontrolle des statischen und dynamischen Zusammenwirkens zwischen Stromabnehmer und Oberleitung,
- Abnahme der Supportfunktionen gemäß Montageanleitung, z. B. Sicat CMS, Sicat AES,
- Durchführung von Isolationsprüfungen,
- Durchführung von Kurzschlussprüfungen zum Nachweis der korrekten Funktion der schutztechnischen Einrichtungen in den Unterwerken,
- Einschalten des Oberleitungssystems und endgültige Abnahme.

Im Rahmen der Abnahme sind **Testfahrten** durchzuführen. Dabei ist besonders auf den Beginn und das Ende der elektrifizierten Abschnitte zu achten sowie u. a. auf Überlappungen. Die Freigabe der Oberleitungsanlage darf erst dann erfolgen, wenn die Testfahrten erfolgreich absolviert wurden und keine Nachbesserungen erforderlich sind, welche die Inbetriebnahme der Oberleitungsanlage behindern.



Abbildung 9: Testfahrten auf der ELISA-Versuchsanlage

Inbetriebnahme

Mit Übergabe der Oberleitungsanlage an den Betreiber übernimmt dieser die Anlagenverantwortung. Vor Inbetriebnahme sind alle Gewerke, die an der Errichtung beteiligt waren, sowie alle Gewerke, die mit dem Betreiber zusammenarbeiten, die Verkehrsteilnehmer und die Anwohner über die elektrische Zuschaltung der Fahrleitungsanlage zu informieren. Mit der offiziellen Inbetriebnahme gilt die Anlage als unter Spannung stehend und es gelten die allgemeinen Sicherheitsregeln für den Betrieb elektrischer Anlagen.

3.4. Hinweise zur Wartung und Instandhaltung

Je nach Einsatzort und Einsatzbedingungen ergeben sich aus den in 3.1 beschriebenen Anforderungen unterschiedliche Ansprüche an die Zyklen für die Wartungs- und **Instandsetzungsarbeiten** (bspw. Erneuerung Korrosionsschutz). Im Rahmen von Inspektionen werden sowohl die Oberleitungsanlage als auch die Gleichrichterunterwerke einer visuellen Begutachtung und Prüfung unterzogen. Der Umfang der Instandhaltung richtet sich nach den

Leistungsbeschreibungen gemäß DIN 31051. Die Wartungsintervalle in der anfänglichen Phase des Anlagenbetriebs nach Inbetriebnahme sowie in der darauffolgenden Zeit richten sich nach den entsprechenden Vorgaben der **Wartungshandbücher** der eHighway- Oberleitungsanlage und sind zu berücksichtigen.

Die zyklische Begutachtung und Prüfung der Oberleitungsanlage differenzieren zwischen einer Begehung und einer Befahrung der Oberleitungsanlage. Im Zuge einer **Begehung** wird die Oberleitungsanlage aus dem Seitenraum heraus begutachtet, wobei das Hauptaugenmerk der Inspektion den Masten (einschließlich der daran angebrachten Ausleger, Erdseile, Schellen und Kästen), Fundamenten sowie Nachspanneinrichtungen und Trennschaltern zu widmen ist. Ebenso können während der Inspektion u.U. Materialmängel bei den Betongewichten der Nachspanneinrichtungen identifiziert werden. Die Begehung erfordert keine Sperrung eines oder mehrerer Fahrstreifen, sondern lediglich eine Verkehrssicherung des Seitenstreifens. Die Oberleitungsanlage ist dabei nicht zwangsläufig abzuschalten.

Bei einer **Befahrung** wird die Oberleitungsanlage mit einem Hubsteiger befahren, so dass eine Sperrung des rechten Fahrstreifens sowie des Seitenstreifens erforderlich ist. Bei Tragseilen über dem 2. Fahrstreifen ist auch dieser zu sperren. Die Oberleitungsanlage ist in jedem Fall abzuschalten. Die Befahrung dient der Detailprüfung der Elemente des Kettenwerkes. Anhand einer Prüfliste werden die verschiedenen Anlagenteile gezielt inspiziert. Dabei werden bspw. die Hänger auf Straffheit des Seils und festen Sitz an Fahrdrabt und Tragseil geprüft. Etwaige kleinere Beschädigungen, wie zum Beispiel ein gerissenes Hängerseil, können dann aus dem Hubsteiger heraus direkt instandgesetzt werden.



Abbildung 10: Inspektion der Fahrleitungsanlage aus einem Hubsteiger

Im Rahmen der Befahrung der Oberleitungsanlage sind u. a. folgende Tätigkeiten auszuführen:

- Aufnahme des Anlagenzustands mit einer Kamera (Fotodokumentation),
- Befahrung der Anlage zur Inspektion des oberen Anteiles der Anlage (Ausleger, Maste inkl. aller Befestigungspunkte, Trennschalter),
- Fahrdrahtlagemessung an definierten Messpunkten.

Neben den zyklischen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten gemäß den Vorgaben der Wartungshandbücher der eHighway-Oberleitungsanlage erwiesen sich im Feldversuch ELISA zusätzlich regelmäßige Kontrollfahrten in kürzeren Abständen als besonders hilfreich, um mögliche Problemfelder frühzeitig zu detektieren und somit den Wartungs- und Instandhaltungsaufwand zu reduzieren.

Wie auf allen deutschen Autobahnen üblich, führt auch auf dem ELISA-Streckenabschnitt die dafür zuständige Autobahnmeisterei regelmäßige Strecken-

kontrollen durch. Visuell erkennbare Schäden und Auffälligkeiten der Straßeninfrastruktur können somit frühzeitig detektiert und lokalisiert werden, so dass entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können. Im Bereich der ELISA-Versuchsanlage wurde die Autobahnmeisterei auch mit der regelmäßigen Kontrolle der Oberleitungsanlage beauftragt. Hierfür wurde gemeinsam mit dem Oberleitungsinfrastrukturbetreiber ein einheitliches Protokoll ausgearbeitet, um Art und Umfang der optischen Prüfung festzulegen und eine strukturierte Dokumentation der Prüfergebnisse für die wesentlichen Elemente der Oberleitungsanlage sicherzustellen strukturiert dokumentieren zu können. Die optische Prüfung beinhaltet u.a. Kontrollen an der Fahrleitung, den Trageinrichtungen und den Masten. Ferner wird der witterungsabhängige Zustand der Oberleitung protokolliert.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

Oberleitungsanlagen werden für eine Nutzungsdauer von mindestens 20 Jahren ausgelegt. Hieraus ergeben sich zahlreiche zu berücksichtigende Anforderungen sowohl an die Vorplanung und Projektierung als auch den laufenden Betrieb mitsamt der Instandhaltung. Grundsätzlich sollte bei der Planung einer Oberleitungsanlage bei allen höhen- und längsrelevanten Bestandsbauwerken im Streckenabschnitt ein Einfluss auf die Gestaltung oder die bautechnische Umsetzung angenommen werden, bis das Gegenteil nachgewiesen werden kann. Es sind die Anforderungen an den Lichtraum zu berücksichtigen, sowie sämtliche geologischen und klimatischen Gegebenheiten in die Planung und Projektierung einzubeziehen. Durch Anpassung notwendiger bautechnischer Planungsaufgaben und die Ableitung / Entwicklung entsprechender Maßnahmen können schon im Vorfeld der Errichtung anlagenbedingte Ausfälle der Anlage vermieden werden.

Regelmäßig stattfindende Inspektionen und die Einhaltung vorgegebener Wartungsmaßnahmen der Oberleitungsanlage sorgen im Verbund mit zusätzlichen Streckenkontrollen durch Autobahnmeistereien für eine kontinuierliche Beibehaltung der bisher erreichten hohen Gesamtverfügbarkeit. Eine gegenseitige Beeinflussung einer zeitgleichen Errichtung der Oberleitungsinfrastruktur und der in der Regel zu errichtenden passiven Schutzeinrichtung kann durch frühzeitige Integration aller beteiligten Gewerke in die Vorplanungen gewährleistet werden. Hierbei sind insbesondere die aus der Einrichtung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer einhergehenden Zeitaufwände vor Beginn der jeweiligen Baumaßnahme bei der Planung des Bauablaufs zu berücksichtigen. Daneben erfordert das Einbeziehen verkehrsrechtlicher Anordnungen in die Planungen der Bauausführung eine Konkretisierung der Arbeitsweisen und der Arbeitszeiten der ausführenden Unternehmen im Hinblick auf die zukünftig bei der Errichtung von Oberleitungsanlagen geltenden Rahmenbedingungen.

5. Schrifttum und weiterführende Literatur

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING

Deutscher Ausschuss für Stahlbau (2009): Richtlinie 022: Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen

Forschungsgesellschaft für Straßen- u. Verkehrswesen e. V. (2008): Richtlinien für die Anlage von Autobahnen [RAA]

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.

Giebel, S.; Hahn, G.; Schmitt, N; Wauri, D. (2021): B.5 Errichtung der Versuchsanlage. 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).

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

Siemens Mobility GmbH (2022): Siemens eHighway – Infrastruktur Sicut eH 2.0 - Oberleitungssystem für eHighway

DIN EN 50341-1 (2013): Freileitungen über AC 1 kV Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen

6. Autorinnen und Autoren des Hinweispapiers

Danny Wauri, Siemens Mobility GmbH
Holger Sommer, Siemens Mobility GmbH
Bernhard Mayer, 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