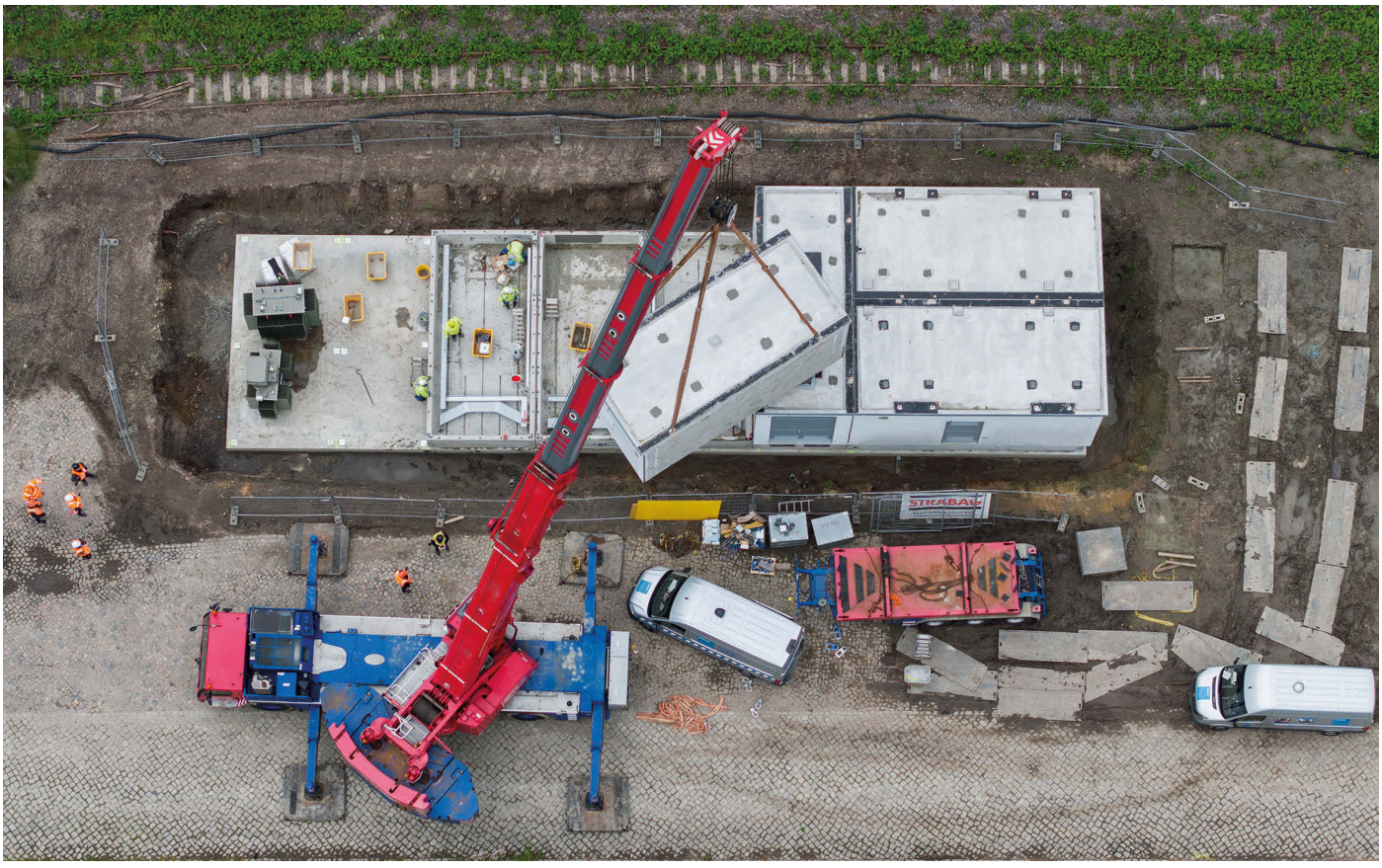
6
2025

Elektrische
Bahnen
Elektrotechnik
im Verkehrswesen

Sonderdruck

Oberleitungsinselanlagen im Netz der Deutschen Bahn

Fenja de Boer, Hamburg; Kai Wittig, Bremen



Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

ISSN 0013-5437 // B 2580 // Jahrgang 122 // www.eb-info.eu

Oberleitungsinselanlagen im Netz der Deutschen Bahn

Fenja de Boer, Hamburg; Kai Wittig, Bremen

Innerhalb der Infrastruktur der Deutschen Bahn versorgen die inzwischen drei produktiv betriebenen Oberleitungsinselanlagen (OLIA) den Verkehr elektrischer Triebzüge mit Akkumulator (ETA) in Schleswig-Holstein. Nach einem Zwischenbericht bei der *acrps* 2021 folgt nun der Bericht über die Errichtung und Inbetriebnahme der OLIA.

Contact line islands on the Deutsche Bahn network

Within Deutsche Bahn's infrastructure, the three contact line islands now in productive operation supply battery electric multiple units (BEMU) in Schleswig-Holstein. Following an interim report at *acrps* 2021, the report on the construction and commissioning of the contact line islands now follows.

Îlots de lignes de contact sur le réseau de la Deutsche Bahn

Au sein de l'infrastructure de la Deutsche Bahn, les trois îlots de lignes de contact, désormais en exploitation, alimentent des unités multiples électriques à batterie (BEMU) dans le Schleswig-Holstein. Suite à la présentation de la situation intermédiaire lors de l'*acrps* 2021, voici le compte rendu sur la construction et la mise en service de ces îlots de lignes de contact.

1 Renaissance der ETA auf dem Streckennetz der DB

Die Verwunderung war groß, als 2017 die Frage im Raum stand, wie ein elektrischer Triebzug mit Akkumulator (ETA) geladen werden könne. Im 20. Jahrhundert befanden sich schließlich schon einmal über eine sehr lange Zeit (1908 bis 1995) Akkumulatortriebfahrzeuge im Einsatz – das Konzept schien für Deutschland jedoch ad-acta gelegt. Hieß die neue Losung nicht „Wasserstoff"? Schließlich hatte man sich zu dieser Zeit doch gerade erst um die elektrische Versorgung einer transportablen Wasserstofftankstelle zur Versorgung von Triebzügen mit Brennstoffzelle auf dem Gelände der DB Systemtechnik GmbH in Minden gekümmert.

Ausgelöst wurde diese neuerliche Initialzündung durch die Nahverkehrsgesellschaft Schleswig-Holstein GmbH (NAH.SH). Die NAH.SH organisiert unter anderem den SPNV für das Land Schleswig-Holstein, welches der eigentliche Aufgabenträger ist. Das Interesse an entsprechender Ladeinfrastruktur entstand bedingt durch das Vergabeverfahren XMU1 der NAH.SH.

Bei der DB Energie GmbH wurde eine Gruppe vom Thema begeisterter Kollegen gebildet, welche das Thema angehen durften. Und so konnte bei der Deutschen Bahn an der Stelle weitergemacht werden, an der bei den ehemaligen Baureihen die Überlegungen und Konzepte nicht über das Versuchsstadium weitergeführt wurden: elektrische Triebzüge mit Akkumulatoren und Stromabnehmer. Verschiedene technische Lösungen für Speisemöglichkeiten wurden diskutiert, und es meldeten sich Kollegen, die sich bereits mit der ehemaligen Generation der ETA beruflich befassten. Vereinzelt gab es auch Kollegen, die ernstzunehmenden Zweifel an der Realisierbarkeit geäußert haben. Da zu dieser Zeit in Japan bereits Erfahrungen mit Akkumulatortriebzügen gemacht wurden, begab man sich in Korrespondenz mit JR East. Die gewonnenen Erkenntnisse lieferten in der Verdichtung ein positives Gesamtbild, es wurde weitergemacht.

Anfang 2018 wurden vor allem zwei Speisevarianten für bewegte Fahrzeuge in Betracht gezogen. Die Speisung mit Gleichstrom entlang einer Stromschiene nach dem Prinzip der S-Bahnen Hamburg oder Berlin, oder die Speisung über die Oberleitung mit einem Wechselstromsystem, am besten nach Regelbauart. Die Ausrüstung der Fahrzeuge mit einem Dachstromabnehmer war obligatorisch, schließlich sollten mindestens die vorhandenen elektrifizierten Strecken genutzt werden können. Für die Nutzung einer Stromschiene bedeutet dieses aber, dass sie auf jeden Fall einen zusätzlichen Aufwand auf der Fahrzeugseite darstellt. Die Ermittlungen zur Integration einer Seitenstromschiene an den bekannten Verkehrsstationen deuteten ebenso auf der Infrastrukturseite entsprechende Herausforderungen (Schwellentausch, Zugänglichkeit, Sicherheit) an. Von den Varianten ist somit nur die Speisung durch eine Oberleitungsinselanlage (OLIA) verblieben, deren

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

Speisung nach wie vor entweder mit einem 15-kV- oder aber auch mit einem 25-kV-Bahnenergieversorgungssystem angeboten wird.

Bei der Variantenuntersuchung für die Speisemöglichkeiten wurden insgesamt zehn mögliche Standorte für Ladeinfrastrukturen mindestens in der Qualität einer Grundlagenermittlung untersucht: Flächen- und Eigentumsverhältnisse, städtebauliche Lage und Umfeld, betriebliche Situation, Netzanknüpfungspunkte. Alles wurde bereits hinsichtlich der späteren Planungsphasen auch mit einer Ortsbegehung von Kollegen der DB Energie GmbH und DB Engineering & Consulting GmbH betrachtet. Hierzu gehörte auch die Evaluierung von in das Lastenheft für die Ladeunterwerke aufzunehmenden Rahmenbedingungen.

Nach dem Abschluss des Vergabeverfahrens XMU I wurden die Anforderungen an die Ladeinfrastruktur von der NAH.SH abschließend mitgeteilt. Im Ergebnis waren Ladeinfrastrukturen mit Oberleitungsinselanlagen (OLIA) und Ladeunterwerken für AC 15 kV 16,7 Hz an den Standorten Heide (Holst), Husum und Tönning zu errichten (Bild 1).

Diese Anlagen wurden zusammen mit den weiteren Teilprojekten zum Ausbau der bestehenden Oberleitungsanlage an anderen Bahnhöfen Bestandteil der Finanzierungsvereinbarungen (FinVe) für die Leistungsphasen 1 und 2, beziehungsweise für die Leistungsphasen 3 und 4. Über deren Ergebnisse wurde bereits als Zwischenbericht auf der *acrps* 2021 [1] berichtet. Mit dem Vorliegen der abschließenden Realisierungs- und Finanzierungsvereinbarung (RuFV) war die letzte Hürde für die Vergabe der Aufträge an die ausführenden Unternehmen genommen Bild 2).

Bild 1:
Infrastrukturmaßnahmen für den Einsatz von ETA in Scheswig-Holstein (Grafik: DB AG).

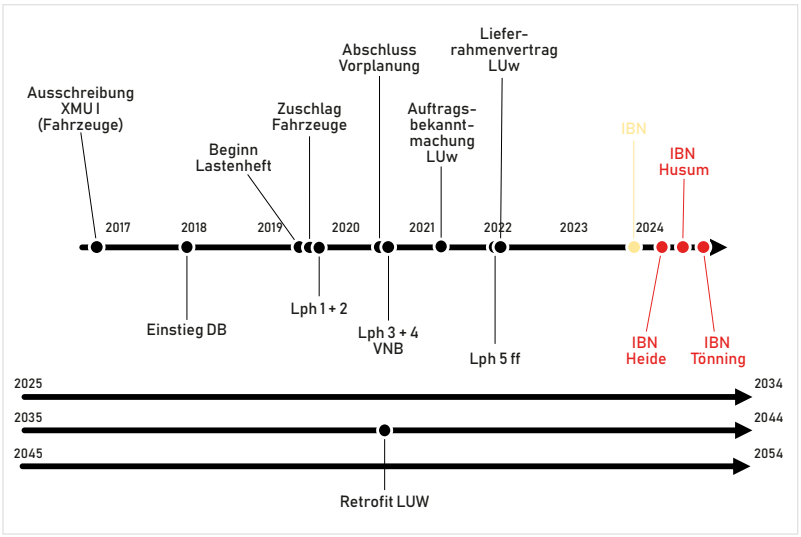


Bild 2:
Zeitplan für den Bau der Ladeunterwerke (Grafik: DB Energie, bearb. *eb*).
IBN – Inbetriebnahme, Lph – Leistungsphasen

2 Bauausführung und Inbetriebnahme

Das Projekt wurde mit der gezeichneten RuFV abschließend der regulären Projektorganisation übergeben. Es wurden für die Realisierung der Ladeunterwerke zunächst vier Aufgabenbereiche ermittelt, die zur Vereinfachung und Zeiteinsparung losgelöst voneinander agieren konnten und über die DB Energie koordiniert und später wieder zusammengeführt wurden:

- Aufbau und Montage des Ladeunterwerks
- Gründung, Medienanbindung und Umfeldgestaltung
- Netzanschluss zum Verteilnetzbetreiber (VNB)
- Netzanschluss zur Oberleitungsinsel

Nachdem in den vorherigen Projektphasen bereits die Grundlagen wie der Standort, Leistungsgröße und -bezug und genereller Aufbau der Anlage abgestimmt wurden, ging es in den nächsten Schritten in die Feinplanung.

Dem Auftragnehmer für die Ladeunterwerke sollte die Möglichkeit geschaffen werden, das Ladeunterwerk über mehrere Module vorzubereiten und anzuliefern. Der modulare Aufbau soll die Anbindung aller Schnittstellen vereinfachen, da sie an allen Standorten nahezu identisch ist. Die Endmontage würde dann jeweils vor Ort abgeschlossen werden.

Der Tiefbau wurde durch DB Energie geplant und vergeben. Dabei wurden die Schnittstellen zum vorgelagerten Netz und der Oberleitung berücksichtigt

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

und eine Anbindung an das Ladeunterwerk an den festgelegten Stellen geschaffen. Am 31. Oktober 2022 startete am Bahnhof Heide die Bauausführung mit der Herstellung der Gründungsebene. Zudem wurden die Anbindungsschächte für das vorgelagerte 20-kV-Verteilnetz und die 15-kV-Oberleitung hergestellt.

Nach Fertigstellung der Gründung wurde das erste Ladeunterwerk zwischen dem 20. März 2023 und 25. März 2023 angeliefert und aufgestellt. Das Gebäude besteht aus insgesamt 16 Betonkörpern und umfasst eine Gesamtgröße von 30 m x 8 m. Die heute sichtbaren acht Betonkörper beinhalten die Anlagentechnik und wurden als vorausgerüstete Module auf die Baustelle geliefert werden. Sie fußen auf weiteren acht Betonkörpern, die sich heute unterflur befinden und als Kabelkeller genutzt werden (Bilder 3 und 4).

Der Zeitdruck im Projekt hat sich durch die im Projektablauf auftretenden Probleme in der Materialisierung verschärft. Um den Lieferverzug zu begrenzen, wurde auf die geplante Vorausrüstung zugunsten einer Montage der Anlagenkomponenten direkt vor Ort verzichtet.

Nach Anlieferung des Gebäudekörpers wurde der Tiefbau fortgesetzt. Während die Verkehrsflächen, die Leerrohranbindungen für die Kabel und Anbindung an die städtische Entwässerung fertiggestellt wurden, erfolgte simultan die Montage der Anlagentechnik (Bild 5).

Die Anbindung der Ladeunterwerke an das jeweilige Mittelspannungsnetz war auch für die VNB eine nicht alltägliche Herausforderung, zumal es sich bei den Ladeunterwerken um Netzkupplungen zur Bahnenergieversorgung handelt.

Darüber hinaus war von entscheidender Bedeutung, die Bahnverkehrsanlagen elektrifizierungsfest zu machen.

Bild 4:
Montage der Gebäudemodule für das LUw Tönning (Fotos Bilder 4, 6, 7: DB AG, *Max Lautenschläger*).

Bild 3:
Herstellung der Gründungsebene und des Kabelkellers für das LUw Heide (Foto: DB Energie, *Fenja de Boer*).

Nach Abschluss der Arbeiten und erfolgreicher Anbindung des Ladeunterwerks an das Verteilnetz und die OLIA war eine umfangreiche Testphase erforderlich, um sicherzustellen, dass alle Systeme ordnungsgemäß agieren und ein Zusammenspiel zwischen Ladeunterwerk und ETA wie geplant funktioniert [2].

Hierbei wurden mehrere Tests zu unterschiedlichen Zuständen, Lastfälle und Störfälle geprüft:

- vollständiger Ladevorgang bei zuvor leerem Akkumulator
- Ladevorgang einschließlich Anfahren des Fahrzeugs
- Ladevorgang mit Unterbrechung
- gleichzeitiges Laden mehrere Fahrzeuge

Abschließend fand die Abnahme des Ladeunterwerks Heide im Zeitraum von April bis Mai 2024 statt, mit deren Abschluss am 6. Mai 2024 zwischenzeitlich der Betrieb auf der Strecke Heide – Büsum erfolgreich aufgenommen wurde (Bild 6).

Am Standort Husum wurde der Betrieb am 22. Oktober 2024 aufgenommen, womit auch auf der Strecke Husum – Bad St. Peter-Ording ETA verkehren konnten. In Tönning wurde die Ladeinfrastruktur am 12. Dezember 2024 in Betrieb genommen. Seit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2024

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

Bild 5:
Anlieferung der Transformatoren für das LUw Heide (Foto: DB Energie, *Yalcin Akyürek*).

können damit die ETA über die drei Ladeunterwerke versorgt werden.

3 Erkenntnisse

3.1 Selbstverständnis und Realisierungszeit

Bereits in der Anbahnung des Projekts hat sich der vorgesehene Zeitplan als sehr ambitioniert dargestellt. Durch die COVID19-Folgen und dem Krieg in der Ukraine hat sich die Zeitsituation weiter verschärft. Der Zeitplan basierte darauf, dass möglichst ein kleiner Übergangszeitraum zwischen dem Wechsel der Verkehrsverträge und des möglichst zeitgleichen Wechsels von Verbrennungstriebzügen auf ETA entstehen sollte. Die hieraus abgeleitete Zeitmarke für die Fertigstellung der Ladeinfrastruktur war jedoch allseits nachvollziehbar und sollte im Projekt eingehalten werden. Dem entgegen stand, dass auf der Infrastrukturseite nur grobe Rahmenbedingungen bekannt waren. Selbst für den Fall, dass eine entsprechende Technik gefunden werden kann, bestand das Risiko, dass kein Lieferant für die angedachte Lösung gefunden wird. Das grundsätzlich gleiche Verständnis zwischen Aufgabenträger und Eisenbahninfrastruktur, bestmöglich Eisenbahnverkehr zu ermöglichen, hat jedoch eine gemeinsame Interessenlage geschaffen, um die Herausforderung gemeinsam anzunehmen.

Die NAH.SH hat sich frühzeitig engagiert, um eintretende Risiken bei der Bereitstellung der Infrastruktur oder bei der Bereitstellung der ETA zum Beispiel durch eine Transferflotte auffangen zu können.

Als Vertragspartner für den Bestandteil Infrastruktur, aber auch als Vertragspartner gegenüber dem Fahrzeughersteller und auch für die Eisenbahnverkehrsunternehmen hat sie sich während der gesamten Projektlaufzeit in der Rolle der „Datendrehscheibe“ engagiert.

3.2 Realisierungs- und Finanzierungsvereinbarungen

Die Finanzierungsvereinbarungen (FinVe) für die Planungsphasen 1 bis 4 sowie die abschließende Realisierungs- und Finanzierungsvereinbarung (RuFV) wurden jeweils von allen Parteien zugleich geschlossen, wodurch die einzelnen Projekte im Gleichschritt laufen mussten. Hierdurch konnten einerseits spezifische Abschnitte wie Umweltplanung, Kampfmitteluntersuchung etc. kooperativ von den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) bearbeitet werden. Andere Aspekte in den jeweiligen Teilprojekten der Oberleitungsinselanlage erforderten hingegen abweichende Schrittfolgen:

- Beim Anteil Oberleitungsanlage gestaltet sich die Planungsphase zunächst aufwändiger; in der Laufzeit der RuFV kann jedoch auf die „Bausteine“ der Regelbauarten zurückgegriffen werden, die Materialisierungszeit ist vergleichsweise kurz.

Bild 6:
Ladeunterwerk Heide.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

- Der Anteil Ladeunterwerk ist jedoch aufgrund der erst nach Beauftragung beginnenden Detailplanung und (Zu-)Lieferketten für die Ausrüstung, wie Umrichter, Netzanschluss und Gebäude, auf einen früheren Baubeginn angewiesen, die Materialisierungszeit ist vergleichsweise lang.

Bei folgenden Projekten wird angestrebt, die entsprechenden Besonderheiten in den Finanzierungsvereinbarungen entsprechend zu berücksichtigen.

3.3 Technische Kompatibilität

Ein wichtiger Schritt in der Entwicklung des Zusammenspiels von Akkumulator-Fahrzeugflotte und OLIA wurde bereits früh durch die NAH.SH getätigt, in dem sie bereits vor der Zuschlagserteilung in den Dialog mit den EIU gingen. Technische Randbedingungen konnten dadurch auch seitens der EIU rechtzeitig geklärt werden.

Die Resultate hieraus konnten so nicht nur in das Projekt zurückgespielt werden, auch konnten die regulierten Technischen Netzzugangsbedingungen (TNB, nationales Regelwerk in Deutschland) bereits zum Geltungsstand 2023 entsprechend der Voraussetzung zur Verbindung ETA und OLIA ergänzt werden.

Der schlussendliche Nachweis der Kompatibilität von Fahrzeug und Infrastruktur musste im Rahmen der Kompatibilitäts- und Funktionstests mit den realen Fahrzeugen an der OLIA in Heide (Holst) nachgewiesen werden [2]. Die OLIA-Gleise standen für die Versuche grundsätzlich zur Verfügung, mussten aufgrund der betrieblichen Situation jedoch stündlich für den parallel stattfindenden Verkehr geräumt werden.

Durch die DB Energie wird in zukünftigen Projekten verstärkt angestrebt, die Kompatibilität im Vorlauf zu den eigentlichen Realversuchen durch Simulationsmodelle der Fahrzeuge nachzuweisen. Hiermit soll der Aufwand für die personalintensiven Realversuche reduziert werden. Hierbei besteht jedoch die Herausforderung in der Verfügbarkeit entsprechender Simulationsmodelle.

3.4 Einspeisung aus dem Verteilnetz

Aus der Grundlagenermittlung hat sich für die Einspeisung der Ladeunterwerke der Anschluss an das Mittelspannungsnetze des jeweiligen VNB ergeben. An zwei von drei Standorten mussten jedoch singuläre Netzanschlüsse an das Umspannwerk hergestellt werden.

Die Anschlussleistung von Ladeunterwerken an die Mittelspannungs-Verteilnetze der in Frage kommenden Aufstellungsorte wird regelmäßig eine leistungsmäßige Herausforderung an die VNB stellen. Ein Ausbau des Verteilnetzes ist mit entsprechenden Kosten und Realisierungszeiten verbunden, die im Projekt berücksichtigt werden müssen. Entsprechend ist eine frühe Einbindung der VNB in das Projekt von großem Vorteil.

In folgenden Projekten wird zudem der Suchbereich für geeignete Ladeunterwerksstandorte erweitert. Die Lage des Ladeunterwerks nahe der Verkehrsstation muss besonders dann hinterfragt wer-

Bild 7:
Oberleitungsinselanlage Heide, bestehend aus Oberleitungsinsel und Ladeunterwerk.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

den, wenn die Leitungsverbindung zur Einspeisung des Ladeunterwerks entlang der Eisenbahntrasse geführt werden müsste. Die Lage abseits des direkten Umfelds der Verkehrsstation und die Führung der Speisung entlang einer Oberleitung entlang der Strecke können die Projektlaufzeit und die betriebliche Stabilität positiv beeinflussen.

3.5 „Vergessene Stromabnehmer“

Mitunter wird versäumt, dass vor der Weiterfahrt aus einer OLIA vergessen wird, den Stromabnehmer zu senken, da hierzu derzeit noch eine manuelle Betätigung durch den Triebfahrzeugführer erforderlich ist. Auch wenn die vergessenen Stromabnehmer (noch) kein grundsätzliches Phänomen der OLIA sind, soll erwähnt werden, dass bereits mehrfach Schäden an Infrastruktur und/oder Fahrzeugen durch eine vergessene Bedienung des Stromabnehmers eingetreten sind.

Auch wenn es hierzu kurzfristige Maßnahmen in Form „zusätzlicher Erinnerung“ gibt, besteht für die in Schleswig-Holstein eingesetzten Fahrzeuge mittelfristig der Wunsch, eine fahrzeugseitige technische Lösung zu etablieren.

4 Fazit

Wie bereits eingangs erwähnt sind ETA keine neue Erfindung des 21. Jahrhunderts. Sie stellen aber eine Technologie dar, mit der eine Dekarbonisierung der Eisenbahn augenscheinlich zügiger als mit einer durchgängigen Streckenelektrifizierung vorangebracht werden kann. Allein durch die in Schleswig-Holstein aufgebaute Infrastruktur, bestehend aus Verlängerungen der Oberleitungsanlage und den drei Oberleitungsinselanlagen, konnte auf rund 480 km Streckennetz der elektrische Betrieb mit den 55 ETA der Baureihe 526 möglich gemacht werden [3]. Auch wenn die Netze, gemessen an der Anzahl der Kalenderjahre, in diesem Jahrhundert nur eine kürzere Zeitspanne mit ETA unsere Netze befahren werden können, wird insgesamt angestrebt, die Zeit der mit ETA gefahrenen Strecke aus dem letzten Jahrhundert zu überbieten.

Im Projektverlauf hat sich an einigen Stellen Verbesserungspotential gezeigt, welches erst in den folgenden Projekten ausgenutzt werden kann. Bei Betrachtung der Netzanschlussverhältnisse mit den singulären Einspeisungen bis an die 110-kV-Netzanknüpfungspunkte und der Kostenentwicklung im Projekt muss die Frage gestellt werden, ob in folgenden Projekten andere Systeme einfacher und kostengünstiger realisiert werden können. So könnte beispielsweise eine Ausrüstung der Triebzüge als Zweisystemfahrzeug und die OLIA als 25-kV-Bahnenergieversorgungssystem möglicherweise wirtschaftlich im Vorteil zum Vorgehen in diesem Projekt stehen.

Auch bei der guten Kommunikation der Projektbeteiligten bleibt ein sehr enger Terminplan ein erheblicher Risikofaktor im Projekt. Nicht planbare Ereignisse sowie die generell angespannte Marktsituation haben gezeigt, dass bei zukünftigen Projekten großzügige Pufferzeiten berücksichtigt werden sollten. Im Projektverlauf hat sich aber auch gezeigt, dass ein geeintes Ziel von SPNV-Aufgabenträger und EIU die handelnden Menschen „zusammengeschweißt“ hat. Gespräche zum Vorhaben wurden seitens der NAH.SH rechtzeitig aufgenommen und fanden über die gesamte Projektlaufzeit auf Augenhöhe statt. Es wurde für gegenseitiges Verständnis gesorgt, wenn etwas nicht rund lief, Lösungen gemeinsam gefunden oder zumindest gemeinsam getragen.

Neben den genannten Punkten, die wir in Zukunft verbessern möchten, war die Zusammenarbeit der Beteiligten bei NAH.SH und den EIU im Projekt so, wie wir sie uns auch für die nachfolgenden Projekte wünschen.

Literatur

[1] *Bruns, M.*; *Wittig, K.*: Ladeinfrastruktur für Akkumulatortriebzüge. In: Elektrische Bahnen 119 (2021), H. 3, S. 73–79.

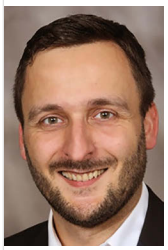
[2] *Kehle, U.*; *Northe, J.*; *Kluge, A.*; *Lindenmüller, L.*: Ladeunterwerke mit 16,7 Hz in Schleswig-Holstein. In: Elektrische Bahnen 122 (2024), H. 11-12, S. 456–468.

[3] Ladeinfrastruktur für 55 neue Akkuzüge. https://www.nah.sh/de/themen/besser-fahren/ladeinfrastruktur-fuer-55-neue-akkuzuege/, abgerufen am 10.01.25.

Autoren

M.Sc. Fenja de Boer (30), Studium an der Univerität Bremen Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik und Informationstechnik; ab 2020 Beginn der Tätigkeit als Projektleiterin für Infrastrukturprojekte bei der DB Energie GmbH in Hamburg; seit 2022 tätig im Projektteam der Ladeunterwerke Schleswig-Holstein, zuständig für die Arbeiten rund um die Realisierung der Ladeunterwerke in Heide, Husum und Tönning.

Adresse: DB Energie GmbH, Lagerstraße 18, 20357 Hamburg, Deutschland;
Fon: +49 40 3918-3036;
E-Mail: fenja.de-boer@deutschebahn.com



Dipl.-Ing. (FH) Kai Wittig (44), Studium der Elektrotechnik an der Hochschule Bremen; bei DB Energie GmbH zunächst als Anlagenbetreiber für Umformer-/Umrichterwerke, dann Erweiterung um Schaltanlagen Bahnstrom/50 Hz; heute Ingenieur für alternative Antriebe in der Organisationseinheit Ingenieurdienstleistungen.

Adresse: DB Energie GmbH,
Rosa-Parks-Ring 3, 28195 Bremen, Deutschland;
Fon: +49 421 221-2345;
E-Mail: kai.k.wittig@deutschebahn.com

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG

Elektrische
Bahnen

Elektrotechnik
im Verkehrswesen

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Energie GmbH
Copyright: Georg Siemens Verlag GmbH & Co. KG