

Forschungsprojekt ELISA: Trends in der Energiewirtschaft – Akzeptanz für das dynamische Laden

Christian Hein, Jürgen K. Wilke und Jan-Luca Wagner

Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors ist eines der zentralen Kernthemen der gesellschaftlichen und politischen Agenda. Der Diskurs zwischen den verschiedenen Technologiealternativen ist hierbei weitreichend und zeigt sich vor allem in den verstärkten Forschungsaktivitäten in diesem Bereich. Einen möglichen Lösungsansatz stellt die straßengebundene Oberleitungstechnologie dar, welche in dem Projekt ELISA praxisnah getestet wird.

Das Projekt untersucht das klimafreundliche Fahren mit Hybridfahrzeugen im regionalen Pendelverkehr auf Autobahnen im Realbetrieb. Der trans- und interdisziplinäre Ansatz bezieht Transportbranche und Energiewirtschaft als Praxisakteure mit ein, um eine reibungslose Integration in die logistischen Prozesse zu ermöglichen. Um ein weitreichendes Verständnis der Meinung innerhalb der Branche zu erreichen, wurden zwei unabhängige qualitative Akzeptanzbefragungen der Energiewirtschaft durchgeführt. Aufbauend auf den Ergebnissen der ersten Umfrage wird der aktuelle Meinungsspiegel innerhalb der Energiewirtschaft im Folgenden vorgestellt [1].

Mit der Veröffentlichung des Masterplans Ladeinfrastruktur II verfolgt die Bundesregierung weitreichende Ziele in der Reduktion der Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr [2]. Neben den stationären Ladesystemen wurden hier auch Synergiepotenziale mit Technologien zum dynamischen Laden wie bspw. der Oberleitungstechnik genannt, welche im Forschungsprojekt ELISA – „Elektrifizierter, innovativer Schwerverkehr auf Autobahnen“ evaluiert werden.

Das Konzept des dynamischen Ladens ermöglicht die kontinuierliche Energieversorgung elektrisch betriebener Lkw durch eine über dem Fahrstreifen installierte Oberleitung. Diese Infrastruktur lässt sich ohne erhebliche Eingriffe in das bestehende Straßennetz integrieren. Oberleitungs-Lkw (O-Lkw), rein elektrisch oder hybrid, sind mit einem Elektromotor, einem Energiespeicher und einem Stromabnehmer ausgestattet. Letzterer überträgt Energie von der Oberleitung zu Antrieb und Speicher. O-Lkw können während der Fahrt flexibel an- und abkoppeln, wodurch sowohl die Fahrdynamik als auch Überholvorgänge uneingeschränkt bleiben.

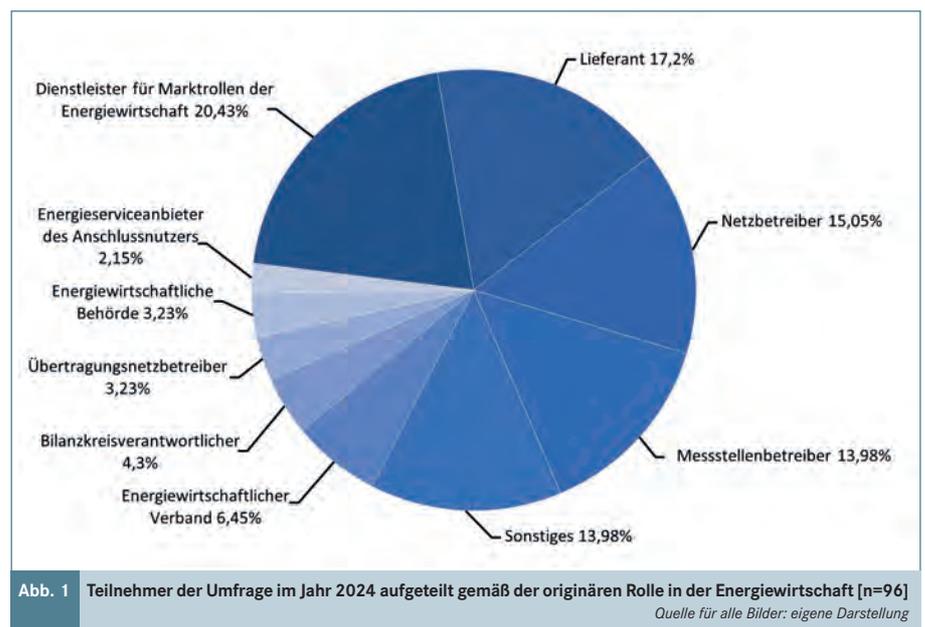
Status quo des dynamischen Ladens in Deutschland

Im Jahr 2023 lagen die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor bei 146 Mio. t CO₂-Äquivalenten, wovon 28 % auf die schweren Nutzfahrzeuge zurückzuführen waren [3]. Das Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2030 die THG-Emissionen auf 85 Mio. t CO₂-Äquivalente zu senken und 2045 die Treibhausgasneutralität zu erreichen [4, 5]. Mit dem derzeitigen Fortschritt wurden im Vergleich zum Jahr 1990 nur 10,9 % der Emissionen verringert, wodurch sich abzeichnet, dass der Verkehrssektor die Ziele für 2030 voraussichtlich nicht erreichen wird [3].

Klimaneutrale Lösungen sind deshalb dringend erforderlich. Da die Verlagerung auf den Schienenverkehr und die Binnenschifffahrt nicht ausreicht, um den gesamten Güterverkehr zu decken, müssen Alternativen für den Straßenverkehr gefunden werden [3]. Die

Bundesregierung legt derzeit einen Schwerpunkt auf stationäre Ladesysteme, hält jedoch bewusst Optionen für alternative Technologielösungen offen, wie z.B. die der straßengebundene Oberleitungen, welche neben dem Masterplan Ladeinfrastruktur II auch im Klimaschutzprogramm 2030 erwähnt werden [3, 6].

Das seit 2017 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderte Projekt ELISA untersucht die technische Machbarkeit und gesellschaftliche Akzeptanz einer Oberleitungsinfrastruktur anhand eines Reallabors, um Handlungsempfehlungen für den politischen Rahmen zu entwickeln. Aufgrund der positiven Ergebnisse wurde bis Ende 2022 die ELISA-Teststrecke um 7 km zur weltweit längsten Oberleitungsstrecke erweitert. Auf der bis zu 14 km langen Teststrecke fahren im Rahmen des Pilotbetriebs bis zu 10 O-Lkw gleichzeitig.



Einstieg in die Akzeptanzbefragung

Im Rahmen des Projekts ELISA wurden zur Analyse der Akzeptanz in der Energiewirtschaft zwei qualitative Expertenbefragungen durchgeführt. Die Befragungen, mit einer Dauer von jeweils sechs Monaten, fanden in den Jahren 2022 und 2024 statt und umfassten Vertreter aus den originären Rollen der Energiewirtschaft [1]. An der Umfrage im Jahr 2024 nahmen insgesamt 96 Fachexperten teil. Zur gezielten Ansprache wurden Teilnehmer der ersten Umfrage erneut kontaktiert, während zusätzlich auf energiewirtschaftlichen Fachmessen wie der e-World 2024 weitere Fachexperten zur Teilnahme gewonnen wurden.

Die prozentuale Verteilung der Teilnehmer kann Abb. 1 entnommen werden. Demnach waren 20 % der Befragten „Dienstleister für Marktrollen der Energiewirtschaft“, gefolgt von den Lieferanten (17 %). Die Netzbetreiber waren mit 15 % ebenfalls stark vertreten. Den kleinsten Anteil stellten Übertragungsnetzbetreiber mit 3 % und Mitarbeiter von Energieserviceanbietern für Anschlussnutzer mit 2 % dar.

Im folgenden Abschnitt werden die wesentlichen Erkenntnisse aus der Akzeptanzbefragung aus dem Jahr 2024 präsentiert. Dabei erfolgt eine vergleichende Betrachtung der Ergebnisse der ersten Umfrage, um die Entwicklung der Akzeptanz für die straßengebundene Oberleitungstechnologie in der Energiewirtschaft über den Zeitraum von 2022 bis 2024 aufzuzeigen.

Herausforderung und Chancen des dynamischen Ladens

Zu Beginn der Umfrage sollten die Befragten die Herausforderungen bei der Anbindung des Schwerlastverkehrs an das Stromnetz identifizieren und diese in einer Rangfolge anordnen, wobei der höchste Rang die größte Herausforderung widerspiegelt. Wie in Abb. 2 dargestellt, sehen die Fachexperten die Genehmigungsverfahren als primäre Herausforderung. Im Gegensatz zum stationären Laden können energiewirtschaftliche Betreiber aufgrund rechtlicher Restriktionen nicht als Betreiber von Oberleitungsanlagen auftreten [7]. An zweiter und dritter Stelle folgt

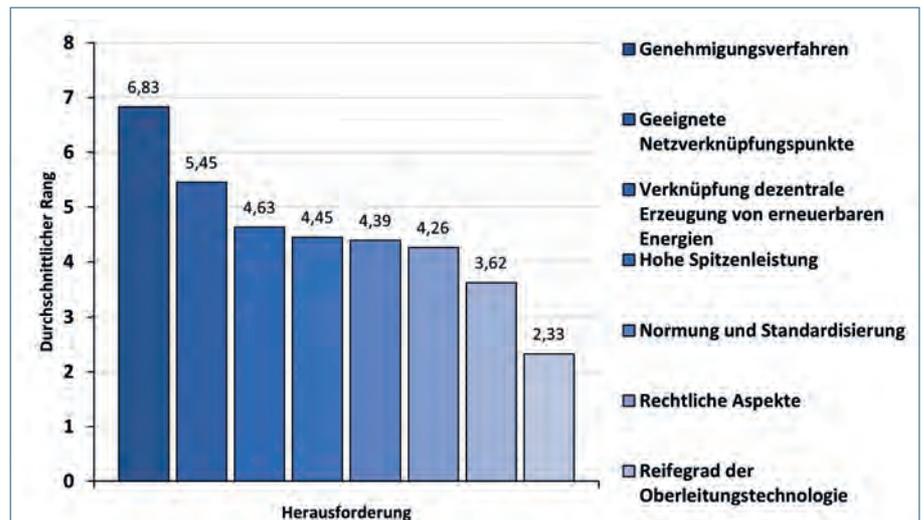


Abb. 2 Herausforderungen für die Anbindung der Oberleitungstechnologie auf Autobahnen an das Stromnetz [n=96]

die Auswahl geeigneter Netzverknüpfungspunkte sowie die Integration dezentraler Erzeugung von erneuerbaren Energien. Im Kontext des aktuellen Branchendiskurses zum § 14a EnWG und den begrenzten Netzanschlusskapazitäten entlang von Autobahnen sind die Ergebnisse der Expertenbefragung und der Forschungsergebnisse konsistent und ergänzen sich gegenseitig.

Aus Sicht des Projekts wurden die Umfrageergebnisse positiv bewertet, da die Herausforderung der Spitzenlast im Vergleich zu 2022 als weniger bedeutend eingeschätzt wurden [1]. Die Forschungsbemühungen zeigen, dass zukünftig kritische Netzsitua-

tionen, wie Netzengpässe oder Spannungsprobleme, durch eine hinreichende Netzplanung sowie vorausschauende Maßnahmen vermieden werden können [8]. Während die Branche diese Herausforderungen im Schwerlastverkehr erkennt, belegen die Projektergebnisse aus ELISA, dass die Stromversorgung während der Tests zuverlässig und unabhängig von Tageszeiten gewährleistet werden kann, ohne nennenswerte Auswirkungen auf das Mittelspannungsnetz. Dies bestätigt die Reife der Technik und zeigt sich auch in der Umfrage, da der Reifegrad und die energetischen Verluste als geringste Herausforderungen bewertet wurden.

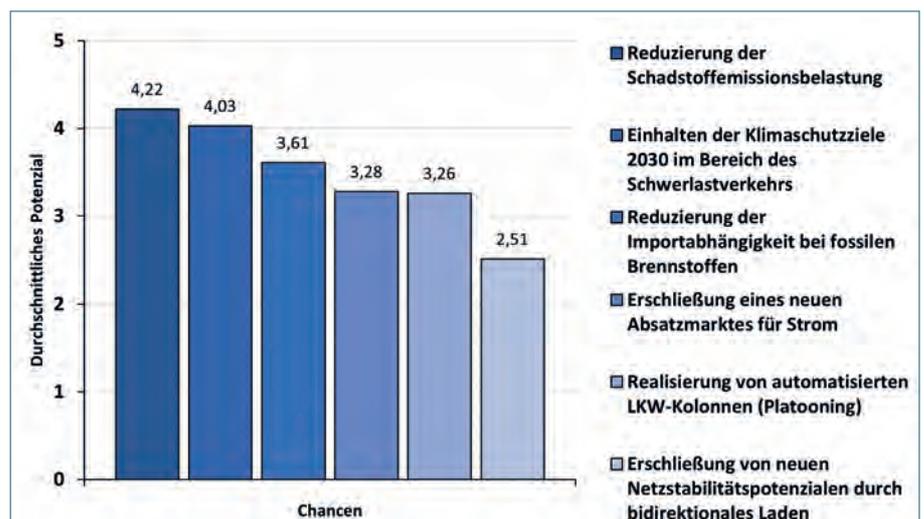


Abb. 3 Chancen für den Energiesektor bei einem flächendeckenden Rollout der Oberleitungstechnologie (1 = niedriges Potenzial bis 5 = hohes Potenzial) [n=96]

Neben den Herausforderungen durften die Befragten sich ebenfalls zu den in Abb. 3 dargestellten Chancen äußern, welche sich aus einem flächendeckenden Rollout der Oberleitungstechnologie für den Energiesektor ergeben. Die Einordnung erfolgte für sechs verschiedene Themenfelder, welche von 1 (niedriges Potenzial) bis 5 (hohes Potenzial) zu bewerten waren. Aus der Branchenmeinung wird deutlich, dass die Oberleitungstechnologie erhebliches Potenzial zur Dekarbonisierung bietet, da sie laut Umfrage als eine der vielversprechendsten Chancen dieser Technologie angesehen wird. Das Themenfeld mit dem geringsten Potenzial ist die Erschließung von neuen Netzstabilitäts-potenzialen durch bidirektionales Laden. Daraus lässt sich ableiten, dass aus Branchensicht die Chancen insbesondere in den umweltbezogenen Aspekten liegen, was die Relevanz der Technologie im Kontext der Transformation im Verkehrssektor unterstreicht [9].

Technologieportfolio-Analyse während des Rollouts

Insbesondere im Bereich der Infrastrukturen sind Technologien stets ambivalent zu betrachten, da sie langfristige Eingriffe in bestehende Mobilitätssysteme darstellen. Um negative Auswirkungen und Folgen frühzeitig zu erkennen, ist es entscheidend, vielseitige Risiken aus den verschiedenen Branchensparten zu identifizieren. Daher sollten die Befragten die in der Umfrage vorgegebenen Risiken nach ihrer Kritikalität und Eintrittswahrscheinlichkeit einstufen. Die daraus entstandenen Ergebnisse sind in Form einer Risikomatrix, welche in Abb. 4 zu erkennen ist, visualisiert.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist hierbei in Abhängigkeit ihrer Kritikalität für das Projekt dargestellt. Je wahrscheinlicher das Eintreten und je höher die Kritikalität, desto schwerwiegender ist das Risiko einzustufen. Die Branche der Energiewirtschaft sieht die aufwendigen Genehmigungsprozesse genau wie bei der ersten Umfrage als größtes Risiko an. Zusätzlich dazu wird auch die Marktdurchdringung von Konkurrenztechnologien sowie die fehlende Energienachfrage durch Nutzer als ein großes Risiko bewertet. Die aktuelle Risikomatrix zeigt, dass die Branche nahezu alle Risiken in Bezug auf Kritikalität und Eintrittswahrscheinlichkeit höher bewertet hat als in der vorherigen Befragung.

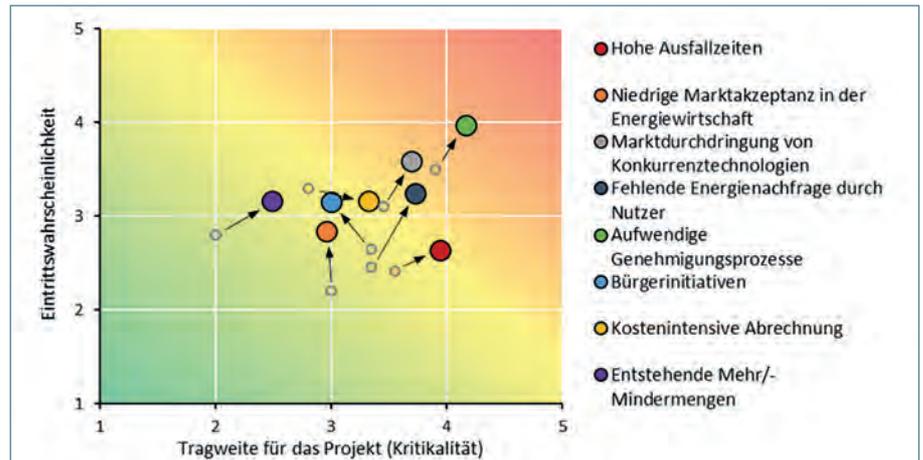


Abb. 4 Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit und Kritikalität in einer Risikomatrix [n = 96]

Es lässt sich ableiten, dass diese Entwicklung auf den laufenden Transformationsprozess im technologischen Bereich der Energiebranche sowie auf den aktuellen politischen Diskurs zurückzuführen ist. Zum einen bezieht sich dies auf die Technologieoffenheit im Forschungskontext, da derzeit verschiedene Konzepte evaluiert werden, deren zukünftige wirtschaftliche Rentabilität und politische Unterstützung noch ungewiss sind. Zum anderen beeinflusst die Politik erheblich die Brancheneinstellungen; derzeit liegt der Fokus durch den Masterplan Ladeinfrastruktur II auf stationären Ladesystemen, wodurch alternative Technologien als risikobehafteter erscheinen.

Neben den Chancen, Herausforderungen und Risiken der Oberleitungstechnologie aus Sicht der Energiewirtschaft umfasste das Ziel der Umfrage auch eine vergleichende Einordnung

der Oberleitungstechnologie gegenüber den alternativen Antriebslösungen. Bereits in der ersten Umfrage im Jahr 2022 wurden die Teilnehmenden zur Einschätzung des Potenzials der unterschiedlichen Transporttechnologien zur Erreichung eines nachhaltigen straßengebundenen Schwerlasttransports befragt, wobei die Einschätzung in einem Punkteschema von 1 (sehr geringes Potenzial) bis 5 (sehr hohes Potenzial) erfasst wurde (vgl. Abb. 5).

Die durchgeführten Umfragen zeigen auf, dass der Batterie on Board-Technologie – die Ausstattung der Lkw mit großen Energiespeichern inkl. des Ausbaus der notwendigen stationären Ladeinfrastruktur – in beiden Erhebungszeiträumen das größte Potenzial zugesprochen wurde. Während die Oberleitungstechnologie im Jahr 2022 noch mit einem Wert von 3,17 auf den vierten Rang im

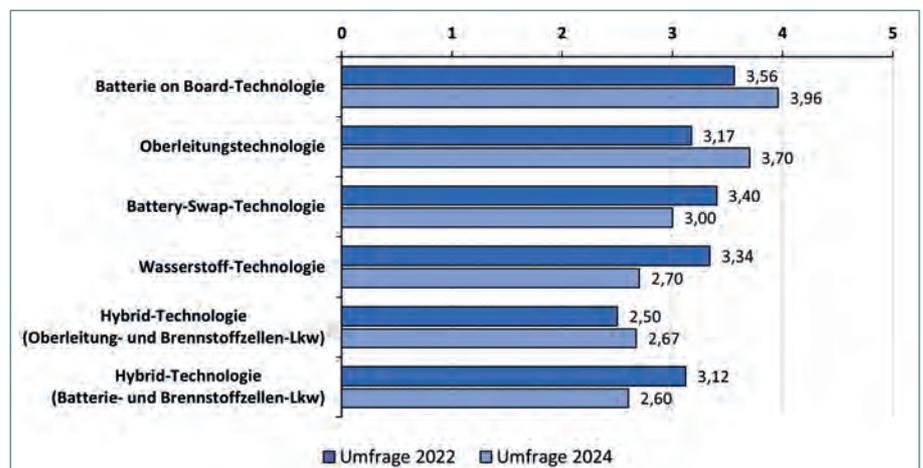


Abb. 5 Mittelwerte zur Einschätzung des Potenzials unterschiedlicher Transporttechnologien [n = 96]

technologischen Vergleich eingeschätzt wurde, so zeigt sich in der Umfrage von 2024 hier die größte Veränderung auf. Mit dem aktuellen Wert von 3,70 wird das Potenzial dieser Technologie aus der Sicht der Energiewirtschaft nicht nur höher eingeschätzt, vielmehr zeigt sich eine deutliche Diskrepanz im Vergleich zur Einschätzung der Battery-Swap-Technologie und der Wasserstoff-Technologie.

Dies deutet daraufhin, dass die positiven Ergebnisse aus den Feldversuchen zur Oberleitungstechnologie zu einer Veränderung der Einschätzung beitragen und gleichzeitig auch das Potenzial der wasserstoffbasierenden Technologien übertreffen. Die direkte Nutzung von Strom als Antriebstechnologie, sowohl aus stationärer oder dynamischer Ladeinfrastruktur, stellt somit die favorisierte Transporttechnologie dar.

Diese Entwicklung spiegelt sich jedoch nicht in der durchgeführten Befragung zur Haltung wieder (vgl. Abb. 6). Während im Jahr 2022 noch etwa 60 % aller Befragten angaben, dass diese der ELISA-Teststrecke wohlwollend gegenüberstehen, reduzierte sich der Wert in der zweiten Befragung auf etwa 40 %, wobei die Teilnehmer insbesondere auf die neutralen Antwortmöglichkeiten auswichen. Eine Ablehnung der ELISA-Teststrecke und somit der Oberleitungstechnologie ist weiterhin mit etwa 4 % sehr gering.

Diskussion der Befragungsergebnisse

Gleichwohl die Oberleitungstechnologie eine deutliche Verbesserung in der Einschätzung des Potenzials zur Erreichung eines nachhaltigen straßengebundenen Schwerlasttransports in den vergangenen zwei Jahren erreichte, werden die Risiken bei einem Rollout gegenüber der Umfrage von 2022 höher eingeschätzt. Dies führt unweigerlich zu dem Entschluss, dass auf Seiten der Energiewirtschaft eine größere Unsicherheit bezüglich des Ausbaus der Oberleitungstechnologie besteht, welche mitunter auf eine fehlende politische Entscheidung zurückzuführen ist. Diese Unsicherheit zeigt sich dabei nicht nur in der Haltung der Befragten in Bezug auf die ELISA-Teststrecke und somit der Oberleitungstechnologie, sondern insbesondere auch in Bezug auf einen Ausbau dieser. Waren im Jahr 2022 noch etwa 70 % der Teilnehmer für einen Ausbau der Technologie in

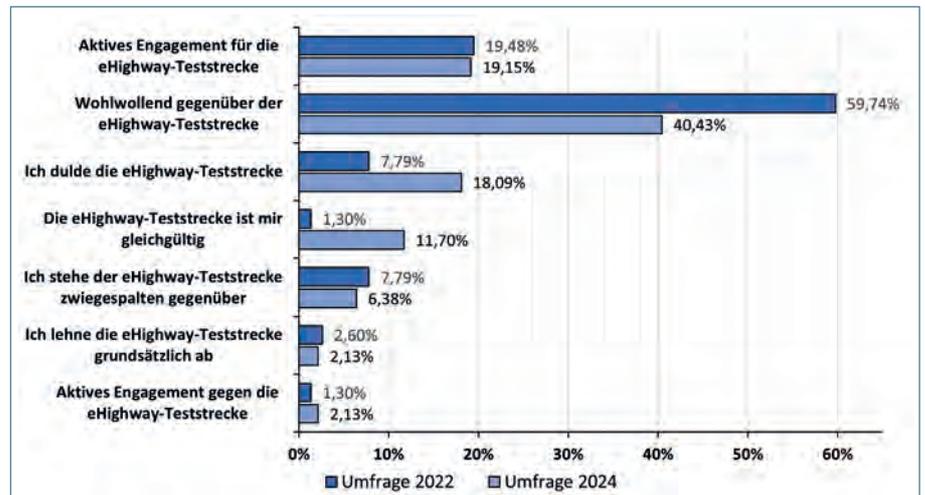


Abb. 6 Anteil der Befragten zur persönlichen Haltung zur ELISA-Teststrecke [n = 96]

Deutschland, so reduzierte sich der Wert auf etwa 54 % im Jahr 2024. Die analysierten und vorgestellten Entwicklungen der Akzeptanz in der Energiewirtschaft für die straßengebundene Oberleitungstechnologie verdeutlichen, dass im Gesamten die Oberleitungstechnologie weiterhin als eine vielversprechende Lösung angesehen wird. Der Rollout dieser Technologie ist jedoch von den politischen Rahmenbedingungen abhängig, wobei zwingend kurzfristig umsetzbare Lösungen zur Dekarbonisierung gefunden und umgesetzt werden müssen.

Literatur

- [1] Hein; Lerchl-Mitsch; Wilke (2023): Akzeptanz für straßengebundene Oberleitungstechnologie [online] <https://www.entega.ag/elisa/> [25.08.2024].
- [2] BMDV (2022): Masterplan Ladeinfrastruktur II der Bundesregierung; Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Oktober 2022 [online] https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur-2.pdf?__blob=publicationFile [28.08.2024].
- [3] Umweltbundesamt (2024): Klimaschutz im Verkehr [online] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr#undefined> [26.08.2024].
- [4] Umweltbundesamt (2024): Nachhaltige Mobilität [online] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/nachhaltige-mobilitaet> [26.08.2024].
- [5] bdew (2024): „Können das benötigte Wachstum zurzeit noch nicht erreichen“ [online] <https://www.bdew.de/energie/fortschrittsmonitor-energie-wende-2024/guenther-schuh-verkehrswende/> [26.08.2024].

- [6] BMU (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050 [Online]. Verfügbar: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf> [19.09.2024].
- [7] Hein; Knezevic (2023): Die Abrechnung elektrischer Energie für Oberleitungs-LKW. Modellvergleich ELISA II-B und AMELIE 2 [online] <https://www.entega.ag/elisa/> [02.09.2024].
- [8] Hein et al. (2024): Potentialanalyse Synergieeffekte dynamischer und stationärer Ladesysteme entlang von Fernstraßen [online] <https://www.entega.ag/elisa/> [02.09.2024].
- [9] IVV (2022): Evidenzbasierte Forschungsergebnisse ELISA [online] https://www.verkehr.tu-darmstadt.de/media/verkehr/fgvv/veroeffentlichungen_2/20230320_Evidenzbasierte_Forschungsergebnisse_ELISA.pdf [27.08.2024].

*C. Hein, e-netz Südhessen AG, Darmstadt, h-da Promotionszentrum -Nachhaltigkeitswissenschaften; J. K. Wilke, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, TU Darmstadt; Jan-Luca Wagner, e-netz Südhessen AG, Darmstadt
christian.hein@e-netz-suedhessen.de
juergen.wilke@tu-darmstadt.de*

Danksagung

Die Projektpartner danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz für die Zuwendungen und der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH für die freundliche Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.