

TRANSPORTATION IN CHARGE

Fraunhofer IFAM

Mobilitätswende – E-Lkw laden in Gewerbegebieten

Handlungsempfehlungen aus dem Projekt »Transportation in Charge«

TRANSPORTATION IN CHARGE

Erneuerbar mobil

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Diese Publikation ist durch den Input aller Projektpartner entstanden.

Fraunhofer IFAM

HCIC - Human-Computer Interaction Center

IAEW High Voltage Equipment & Grids, Digitalization & Energy Economics

ISB Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr

RWTH AACHEN UNIVERSITY

RHENUS HOME DELIVERY

DIE BEHRENS-GRUPPE

PSI

DGG Deutsche GVZ-Gesellschaft mbH



Vorwort & Danksagung

Über den Zeitraum von drei Jahren hat das Projekt »Transportation in Charge (TiC)« die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs intensiv begleitet. Als Konsortium aus Wissenschafts- und Praxispartnern konnten wir Hürden, Erfolgsfaktoren und konkrete Umsetzungserfahrungen bei der Einführung von E-Lkw systematisch untersuchen – sowohl aus der Perspektive einzelner Akteure als auch im Zusammenspiel des gesamten Systems.

Als TiC 2023 startete, standen Neugier und viele offene Fragen zur Machbarkeit im Mittelpunkt. Heute, nach rund 15 Millionen gefahrenen Kilometern mit mehr als 300 E-Lkw, zeigt sich deutlich: Die Elektromobilität im Straßengüterverkehr verlässt zunehmend die Nische und etabliert sich als praktikable Alternative.

Die Erkenntnisse aus drei Jahren wissenschaftlicher Analysen, zahlreichen Gesprächen und praktischen Erfahrungen sind in die vorliegenden Handlungsempfehlungen eingeflossen. Sie zeigen auf, wo Logistikunternehmen ihre individuelle Antriebswende beginnen können, welche Entwicklungen weiterhin erforderlich sind und wie Politik, Verwaltung und weitere Institutionen die Transformation wirksam unterstützen und beschleunigen können.

Zum Abschluss möchten wir allen danken, die zum Erfolg von TiC beigetragen haben. Unser besonderer Dank gilt dem gesamten Projektkonsortium für die vertrauensvolle und engagierte Zusammenarbeit, die die Grundlage für diese Handlungsempfehlungen bildet. Ebenso danken wir allen, die das Projekt durch ihr Interesse, ihre Erfahrungen sowie ihre Mitwirkung an Interviews und Umfragen bereichert haben. Dem Projektbeirat danken wir herzlich für die wertvollen Einschätzungen und die kontinuierliche Begleitung des Projekts über die gesamte Laufzeit hinweg.

Wir hoffen, mit diesen Handlungsempfehlungen einen wichtigen Beitrag zur Verkehrswende im Straßengüterverkehr leisten zu können.

Mit freundlichen Grüßen
Projektleitung »Transportation in Charge«
Fraunhofer IFAM

Inhalt

Vorwort & Danksagung ..... **Seite 3**
Einleitung »Transportation in Charge« ..... **Seite 6**
Beschreibung der Tags ..... **Seite 7**
Stakeholdergruppen ..... **Seite 8**
Handlungsempfehlungen ..... **Seite 13**

A. Logistikakteure



› Logistikunternehmen › Immobilienentwicklung
› Consulting & Projektierung

..... **Seite 13**

Handlungsfelder:

A.1 Flottentransformation als unternehmensweiten Prozess gestalten ..... **Seite 14**
A.2 Operative und technische Grundlagen für den E-Lkw-Hochlauf im Unternehmen schaffen ..... **Seite 17**
A.3 Logistikstandorte zu integrierten Energie- und Ladehubs weiterentwickeln ..... **Seite 21**

B. Infrastrukturbetreibende



› Netzbetreiber › CPOs

..... **Seite 25**

Handlungsfelder:

B.1 Netzplanung in Gewerbegebieten vorausschauend koordinieren ..... **Seite 26**
B.2 Skalierbare und verlässliche Ladeangebote für den Logistikbetrieb entwickeln ..... **Seite 29**



C. Institutionen

› Bundes- & Landespolitik › Kommunen & Städte › Wirtschaftsförderungen
› Kammern & Verbände › Förderstellen

Seite 32

Handlungsfelder:

C.1 Politische Leitplanken und Investitionssicherheit für den E-Lkw-Hochlauf schaffen ..... Seite 33
C.2 Systemische Voraussetzungen für Netzanschluss, Energieversorgung und Interoperabilität schaffen ..... Seite 36
C.3 Gewerbegebiete als planbare Lade- und Energiestandorte vorbereiten .... Seite 38

D. System- und Lösungsanbietende

› Ladeinfrastrukturhersteller › Fahrzeughersteller › EMS- & TMS-Anbietende
› Backend- & Kommunikationsanbietende

Seite 41

Handlungsfeld:

D.1 Verlässliche und skalierbare Systemlösungen für den Depotbetrieb bereitstellen ..... Seite 42

Impressum ..... Seite 46



Einleitung »Transportation in Charge«

Im Projekt »Transportation in Charge« wurde über einen Zeitraum von drei Jahren der Hochlauf von E-Lkw und Ladeinfrastruktur in Gewerbegebieten, Güterverkehrszentren und Unternehmen wissenschaftlich begleitet. Im Mittelpunkt standen die bedarfsgerechte Planung und Nutzung von Depotladeinfrastruktur, insbesondere die Auslegung von Ladeleistung und Infrastruktur sowie die Entwicklung von Szenarien für den zukünftigen Energiebedarf. Unternehmen und Gewerbegebiete wurden dabei als gekoppelte vernetzte Systeme aus Logistik, Flächennutzung, Energieversorgung, Netzanschluss und betrieblichem Ladebedarf betrachtet.

Eine besondere Stärke des Projekts lag im interdisziplinären Konsortium. Ingenieur-, Raum-, Netz- und Energiewissenschaften wurden mit softwaregestützter Systementwicklung und praktischen Erfahrungen aus unterschiedlichen Logistiksegmenten zusammengeführt. Dadurch wurde der Hochlauf von E-Lkw nicht isoliert als Fahrzeug- oder Infrastrukturthema betrachtet, sondern in den Zusammenhang konkreter betrieblicher, räumlicher und energetischer Anforderungen eingeordnet.

Grundlage der Analysen waren u. a. reale Fahrzeug-, Touren- und Standortdaten von mehr als 300 elektrischen Nutzfahrzeugen an insgesamt 17 Unternehmensstandorten. Ergänzend wurden Untersuchungen im Güterverkehrszentrum Bremen und weiteren Gewerbegebieten durchgeführt. So konnten Ladebedarfe, Ladefenster und Leistungsanforderungen mit den tatsächlichen Bedingungen in Depots, Gewerbegebieten und Güterverkehrszentren verknüpft werden. Berücksichtigt wurden außerdem die Auswirkungen zusätzlicher Ladeinfrastruktur auf die Verteilnetze sowie die Einbindung von Photovoltaik, Batteriespeichern und Energiemanagement in bestehende betriebliche Strukturen.

Darüber hinaus wurden die Perspektiven zentraler Akteure der Logistikbranche einbezogen. Dazu gehörten Logistikunternehmen, Betreibende von Netzen und Ladeinfrastruktur, kommunale und immobilienwirtschaftliche Institutionen sowie Anbietende technischer Systemlösungen.

Die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen schlagen die Brücke zwischen wissenschaftlicher Analyse und praktischer Umsetzung. Sie übersetzen die Projektergebnisse in konkrete Orientierungen für Planung, Investition, Betrieb und Regulierung. Im Fokus steht dabei nicht die vollständige Darstellung aller Forschungsergebnisse, sondern deren praktische Relevanz und Anwendbarkeit für die jeweiligen Stakeholdergruppen.

Beschreibung der Tags

Zur besseren Einordnung der Handlungsempfehlungen werden drei Tag-Gruppen verwendet: »Umsetzungshorizont« beschreibt die zeitliche Dimension und zeigt, ob eine Empfehlung kurzfristig, mittelfristig oder langfristig relevant ist. »Zielgruppen« macht sichtbar, welche Stakeholdergruppen an der Umsetzung beteiligt sind oder besonders adressiert werden. Der Tag »Quelle« schafft Transparenz über die Herkunft der zugrunde liegenden Informationen und unterstützt deren Einordnung. So wird erkennbar, ob eine Empfehlung beispielsweise auf wissenschaftlichen Projektergebnissen oder auf Einschätzungen des Projektbeirats sowie von Personen aus der Praxis und Stakeholdern beruht. Im fortlaufenden Prozess und anhand der Forschungsergebnisse zeigt sich auch weiterer Forschungsbedarf, der über das Projekt »Transportation in Charge« hinausgeht.

UMSETZUNGSHORIZONT:

› kurzfristig › mittelfristig › langfristig

ZIELGRUPPEN:

A. › Logistikunternehmen › Immobilienentwicklung › Consulting & Projektierung

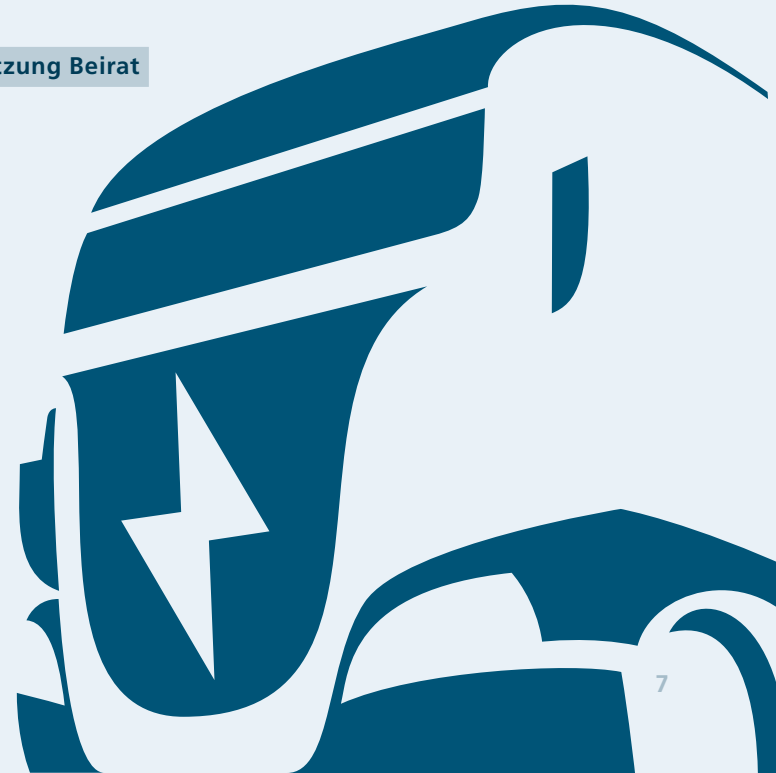
B. › Netzbetreiber › CPOs

C. › Bundes- & Landespolitik › Kommunen & Städte › Wirtschaftsförderungen › Kammern & Verbände › Förderstellen

D. › Ladeinfrastrukturhersteller › Fahrzeughersteller › EMS- & TMS-Anbietende › Backend- & Kommunikationsanbietende

QUELLE:

› Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Beirat › Einschätzung Praxisakteur › Forschungsbedarf



Stakeholdergruppen

Die Handlungsempfehlungen richten sich an vier übergeordnete Stakeholdergruppen, die aus Projektsicht maßgeblichen Einfluss auf den Einsatz und Markthochlauf von E-Lkw in der Logistik sowie auf den Aufbau von Ladeinfrastruktur (LIS) innerhalb und außerhalb von Gewerbegebieten haben.



A. Logistikakteure

› Logistikunternehmen
› Immobilienentwicklung
› Consulting & Projektierung

Verantworten Transformation der Logistik

- Flotten, Ladeinfrastruktur, Immobilien
- Planung, Umsetzung, Betrieb



B. Infrastrukturbetreibende

› Netzbetreiber
› CPOs

Zentraler operativer Akteur der LIS

- Planung, Betrieb, Service
- Verfügbarkeit, Sicherheit, Abrechnung



C. Institutionen

› Bundes- & Landespolitik
› Kommunen & Städte
› Wirtschaftsförderungen
› Kammern & Verbände
› Förderstellen

Verantworten Rahmenbedingungen für E-Mobilität in DE

- Regulierung
- Planung
- Finanzierung/Förderung
- Netzinfrastruktur



D. System- und Lösungsanbietende

› Ladeinfrastrukturhersteller
› Fahrzeughersteller
› EMS- & TMS-Anbietende
› Backend- & Kommunikationsanbietende

Bereitstellung der notwendigen Technologie

- Fahrzeuge, Software, Plattformtechnologie
- Grundlage für Betrieb, Kommunikation, Lademanagement

Die Stakeholdergruppen wurden aus der im Projekt identifizierten Akteurs- und Einflusslandschaft abgeleitet, die sich aus den relevanten Push- und Pull-Faktoren für den Markthochlauf von E-Lkw und den Aufbau von Ladeinfrastruktur ergibt. Maßgeblich für die Gruppierung sind die Hebelwirkung bei der Elektrifizierung von Güterverkehrsflotten, der direkte oder indirekte Einfluss auf Planung, Finanzierung, Genehmigung, Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur sowie die jeweilige Funktion im Zusammenspiel von Logistik, Energieversorgung, Flächenentwicklung und Regulierung.

Die Clusterung folgt damit einem handlungsorientierten Ansatz: Akteure mit operativer Umsetzungsverantwortung wurden als Logistikakteure zusammengefasst, während Akteure mit Verantwortung für Netzanschluss, Ladepunkte und Betriebsmodelle der Gruppe der Infrastrukturbetreibenden zugeordnet wurden. Institutionen bilden die Gruppe, die über regulatorische, planerische und förderpolitische Rahmenbedingungen Einfluss auf die Umsetzung nimmt. System- und Lösungsanbietende bilden eine breit gefasste Gruppe von Unternehmen, die technologische, digitale und organisatorische Grundlagen für Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur, Energiemanagement sowie Plattformlösungen bereitstellen.

Damit werden die Rollen und Einflussmöglichkeiten der beteiligten Akteure systematisch geordnet und als Grundlage für zielgruppenspezifische Handlungsempfehlungen aufbereitet. Im Folgenden werden die vier Stakeholdergruppen mit ihren jeweiligen Rollen, Verantwortlichkeiten und Einflussmöglichkeiten näher dargestellt.

A. Logistikakteure



Logistikunternehmen und Immobilienentwicklung, unterstützt von Consultingunternehmen und Projektierung, setzen den Einsatz von E-Lkw im operativen Betrieb um und bauen die notwendige Ladeinfrastruktur im Depot auf – und bilden so die Stakeholdergruppe der Logistikakteure. Alle Unternehmen mit Lkw-Flotte, auch außerhalb des Hauptgeschäftsfeldes, etwa als Werksverkehr, müssen ihre Flotten zukunftsfähig entwickeln. Zu ihren zentralen Aufgaben gehören die Planung der Ladebedarfe für die eigene Flotte, die Integration von Ladezeiten in bestehende Logistikprozesse sowie die wirtschaftliche Bewertung von Fahrzeugen, Ladeinfrastruktur und Betriebskosten. Diese Unternehmen stehen vor erheblichen Herausforderungen: hohe Investitionskosten für E-Lkw und Ladeinfrastruktur, Unsicherheiten beim Netzanschluss bzw. bei notwendigen Netzerweiterungen, die Minimierung von Standzeiten sowie die Abstimmung und Optimierung von Ladeprozessen und Tourenplanung. Hinzu kommt, dass Elektromobilität, Ladeinfrastruktur und Energiemanagement für viele Logistikunternehmen außerhalb ihres bisherigen Kerngeschäfts liegen. Die Umsetzung erfordert erhebliche zusätzliche technische, organisatorische und wirtschaftliche Kompetenzen.

Immobilienentwicklung schafft über Flächenbereitstellung, Finanzierung von Bauvorhaben und die Koordination mit Logistikunternehmen sowie Bau- und Genehmigungsbehörden wichtige Voraussetzungen für Ladeinfrastruktur. Ihre Herausforderungen liegen insbesondere in Flächenknappheit, unterschiedlichen kommunalen Anforderungen und der Abstimmung mit vielen beteiligten Akteuren.

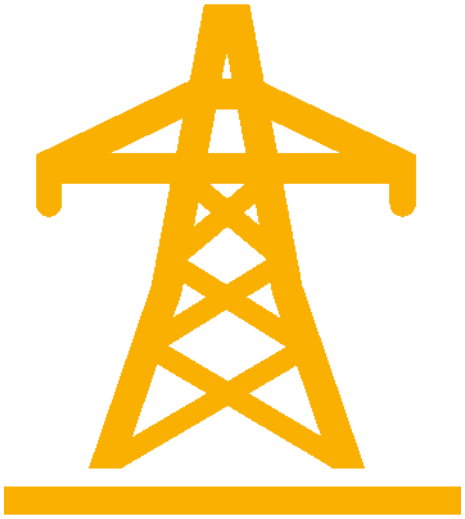


Zusätzlich besteht Unsicherheit darüber, wie Immobilien bereits in der Planungsphase für die Elektromobilität vorbereitet werden sollten, etwa durch PV-Anlagen, Netzanschlusskapazitäten oder Ladeinfrastruktur. Da Logistikimmobilien häufig bereits vor der konkreten Nutzung geplant und gebaut werden, lassen sich die Anforderungen künftiger und möglicherweise wechselnder Miet- oder Kaufparteien an die Energie- und Ladeinfrastruktur im Vorfeld kaum bestimmen.

Gleichzeitig hat die Bedeutung von Energie- und Ladeinfrastruktur in Logistikimmobilien für unterschiedliche Anwendungsfälle in den letzten Jahren zugenommen, sodass bei der Entwicklung von Immobilien abgewägt werden muss, ob Objekte ohne Berücksichtigung von Energie- und Ladeinfrastruktur künftig als »stranded assets« gelten könnten.

Consultingunternehmen und Projektierung unterstützen die Umsetzung vor allem durch Planung, Beratung und Projektentwicklung. Sie bewegen sich in einem Umfeld mit volatilen politischen Rahmenbedingungen, begrenzten Netzkapazitäten und konkurrierenden Infrastrukturprojekten, etwa zwischen Depotladen und öffentlichem Laden. Mit ihrer fachlichen Kompetenz beraten sie die umsetzenden Akteure. Im vergleichsweise jungen Feld der Elektrifizierung des Güterverkehrs und des Aufbaus entsprechender Ladeinfrastruktur, müssen Best-Practices erst etabliert werden. Beratungsunternehmen führen die Erkenntnisse aus unterschiedlichen Projekten zusammen und können dadurch eine zentrale Rolle beim Wissenstransfer übernehmen.

B. Infrastrukturbetreibende



Die Stakeholdergruppe der Infrastrukturbetreibenden umfasst Netzbetreiber sowie Betreiber von Ladeinfrastruktur, insbesondere Charge Point Operators (CPOs). Netzbetreiber nehmen dabei eine zentrale Rolle ein, da die Elektrifizierung von Logistikflotten nur dann skalierbar umgesetzt werden kann, wenn ausreichende Netzanschlussleistungen in Gewerbe- und Logistikgebieten verfügbar sind. Zu ihren Aufgaben gehören die Bereitstellung von Anschlussleistung, die vorausschauende Netzplanung, der Netzausbau sowie die Finanzierung und Koordination entsprechender Erweiterungsmaßnahmen. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, dass der tatsächliche Hochlauf von E-Lkw und der daraus entstehende Leistungsbedarf räumlich und zeitlich nur begrenzt vorhersehbar sind. Netzbetreiber müssen daher begründet abschätzen, in welchen Gebieten künftig zusätzliche Kapazitäten benötigt werden, während konkrete Anschlussanfragen häufig erst projektbezogen und zeitlich versetzt eingehen.



Darüber hinaus sind die Stromnetze in Gewerbegebieten vielfach historisch gewachsen und häufig nicht auf die zusätzlichen Leistungsanforderungen ausgelegt, die durch die Elektrifizierung großer Fahrzeugflotten, Depot- und Schnellladeinfrastruktur sowie weiterer elektrifizierter Prozesse verursacht werden. Dadurch entstehen Zielkonflikte zwischen kurzfristigen Anschlusswünschen einzelner Unternehmen und einer langfristig effizienten, gerechten und gebietsbezogenen Netzplanung. Netzbetreiber stehen somit vor der Aufgabe, Netzerweiterungswünsche so zu bewerten und zu priorisieren, dass vorhandene Kapazitäten nicht ausschließlich und vollständig durch einzelne frühe Antragstellende gebunden werden und spätere Bedarfe im Gebiet unberücksichtigt bleiben. Gleichzeitig müssen Lastspitzen vermieden, Genehmigungs- und Ausbauprozesse beschleunigt und Investitionen in den Netzausbau wirtschaftlich und regulatorisch abgesichert werden.

CPOs ergänzen diese Rolle auf der operativen Ebene durch den Aufbau und Betrieb von Ladepunkten, die Sicherstellung der technischen Verfügbarkeit sowie die Umsetzung von Zugangs-, Abrechnungs- und Betriebsmodellen. Sie bilden damit die Schnittstelle zwischen Ladeinfrastruktur, Nutzergruppen und Geschäftsmodellen. Ihre Herausforderungen liegen vor allem in der Wirtschaftlichkeit von Ladeinfrastruktur bei zunächst geringer Auslastung und unter Berücksichtigung des erwarteten Hochlaufs, der komplexen Standortplanung sowie der Entwicklung tragfähiger Modelle für geteilte Ladeinfrastruktur, etwa Shared Charging oder Durchleitungsmodelle.

C. Institutionen

Die Stakeholdergruppe der Institutionen umfasst Politik auf EU-, Bundes-, Länder- und Kommunalebene sowie Förderstellen, Wirtschaftsförderungen, Kammern, Verbände und weitere intermediäre Akteure. Die Bundes- und Landespolitik setzt über strategische Ziele, Roadmaps, rechtliche Rahmenbedingungen, Förderprogramme und Standardisierungsprozesse wesentliche Leitplanken für den Markthochlauf von E-Lkw und Ladeinfrastruktur. Dazu zählen die Beschleunigung von Genehmigungs- und Planungsprozessen, der Rechtsrahmen und die Koordination von Netzausbau und Anschlussleistung sowie eine klare Kommunikation gegenüber Marktakteuren. Herausforderungen liegen hier insbesondere in der föderalen Abstimmung über verschiedene Ebenen und Ressorts hinweg, in der Finanzierung, der Wirksamkeit von Förderprogrammen, langwierigen Genehmigungsprozessen, Netzengpässen sowie weiterhin bestehenden Markt- und Technologieunsicherheiten.

Kommunen wirken vor allem über die Bauleitplanung, Flächenbereitstellung sowie die Einbindung in kommunale Entwicklungskonzepte und Klimaziele auf die Umsetzung ein. Sie müssen dabei unterschiedliche Interessen von Unternehmen, Netzbetreibern, Flächeneigentümerschaft und weiteren lokalen Akteuren koordinieren. Förderstellen, Wirtschaftsförderungen sowie Kammern und Verbände übernehmen ergänzend eine unterstützende und vermittelnde Rolle, etwa durch Förderprogramme, Vernetzung, Beratung, Monitoring, Wissenstransfer, Interessenvertretung und Orientierung bei Standards. Die größten Herausforderungen bestehen in langsamen Umsetzungsprozessen, uneinheitlichen Standards und einer komplexen, sich stetig wandelnden Rechtslage. Hürden und Unsicherheiten bestehen insbesondere beim Teilen privater Ladeinfrastruktur.





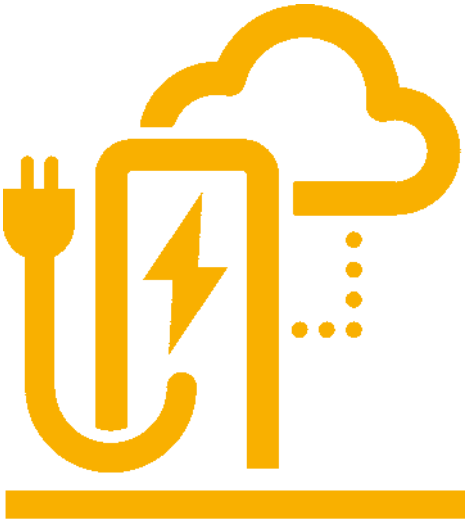
D. System- und Lösungsanbietende

Die Stakeholdergruppe der System- und Lösungsanbietenden umfasst Hersteller von Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur. Anbietende von Backend- und Kommunikationsarchitekturen sowie Anbietende von Energiemanagementsystemen (EMS) und Transportmanagementsystemen (TMS). Hersteller stellen geeignete E-Lkw-Modelle oder Ladeinfrastruktur bereit, beraten zu Ladeanforderungen und übernehmen Service- und Wartungsleistungen. Ihre Rolle ist zentral, weil Fahrzeugverfügbarkeit, Reichweite, Ladeleistung, Effizienz und Standardisierung wesentliche Voraussetzungen für die praktische Elektrifizierung von Logistikflotten darstellen. Zentrale Herausforderungen liegen in der Unsicherheit über den Markthochlauf, in der noch ausstehenden Standardisierung der Lade- und Fahrzeugtechnik – etwa bei Megawatt Charging Systems (MCS) und Combined Charging Systems (CCS) – sowie in der weiteren Steigerung der Fahrzeugeffizienz, insbesondere in kleineren Nutzfahrzeugklassen.



Backend- und Kommunikationsarchitekturen bilden die digitale Grundlage für einen zuverlässigen und skalierbaren Ladebetrieb. Sie müssen Interoperabilität sicherstellen, Authentifizierung ermöglichen, Plug&Charge bzw. Autocharge unterstützen, Smart Charging und Lastmanagement abbilden sowie Fahrzeug-, Ladepunkt-, Mess- und Abrechnungsdaten in bestehende Systeme integrieren. Gleichzeitig entstehen Herausforderungen durch viele unterschiedliche logistische Anwendungsfälle, uneinheitliche Standards und herstellerspezifische Schnittstellen, Anforderungen an Datenschutz und Sicherheit, Eichrechtskonformität über die gesamte Datenkette sowie die Vermeidung von Vendor-Lock-in (starke Abhängigkeit eines Kunden von einem Technologie- oder Dienstleistungsanbietenden).

Anbietende von Energiemanagementsystemen (EMS) und Transportmanagementsystemen (TMS) vervollständigen dieses Marktsegment durch digitale Lösungen für die energieoptimierte Einsatzplanung und das Depotmanagement. Sie müssen Reichweite, Ladezustand, Ladezeiten, Tourenplanung und Ruhezeiten in die operative Planung integrieren und gleichzeitig Energiemanagement im Depot, Lastmanagement, PV- und Speicherintegration, Peak-Shaving, Ladefahrpläne sowie Kosten-, Abrechnungs- und CO_2-Reporting ermöglichen. Herausforderungen ergeben sich vor allem aus der Verfügbarkeit und Qualität von Echtzeitdaten, heterogenen Standards wie ISO 15118, OCPP/OCPI und Hersteller-APIs sowie der Integration von Telematik-Daten. Weitere Anforderungen bestehen in der Skalierung der Lösungen über mehrere Depots und Partnerstrukturen hinweg sowie in klaren Datenschutz-, Rollen- und Rechtekonzepten.





A. Handlungsempfehlungen für Logistikakteure

A

A.1

HANDLUNGSFELD A.1

Flottentransformation als unternehmensweiten Prozess gestalten

Die Flottentransformation erfordert eine frühzeitige, bereichsübergreifende Planung, die operative Anforderungen, Fahrpersonal und Ladeentscheidungen systematisch einbindet.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Alle relevanten Unternehmensbereiche frühzeitig einbinden			
Fahrpersonal als zentrale Akteursgruppe der Transformation einbinden			
Fahrpersonal bei Ladeentscheidungen gezielt unterstützen			

A.1.1 Alle relevanten Unternehmensbereiche frühzeitig einbinden

› kurzfristig › mittelfristig › Logistikunternehmen › Consulting & Projektierung
› Projektergebnis › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Die Elektrifizierung einer Nutzfahrzeugflotte ist ein vielschichtiger Prozess, der weit über die reine Fahrzeugbeschaffung hinausgeht. Fuhrparkverantwortliche können diesen Prozess in der Regel nicht allein planen und umsetzen. Ladeinfrastruktur, Energiemanagement und Disposition betreffen auch andere Unternehmensbereiche und hängen von deren Entscheidungen und Ressourcen ab.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Die Transformation sollte als umfassender Unternehmensprozess geplant und frühzeitig unter Einbindung aller relevanten Bereiche gestaltet werden. Dazu zählen sowohl Entscheidungstragende auf Führungsebene als auch Mitarbeitende im operativen Betrieb, insbesondere Fahrerinnen und Fahrer, die die E-Lkw im täglichen Einsatz nutzen und mit der Ladeinfrastruktur arbeiten werden. Hier ist für eine koordinierte Planungsphase entscheidend, dass Verantwortlichkeiten früh abgestimmt und geklärt werden.

Die Ladeinfrastruktur muss sowohl auf dem Betriebshof als auch in die bestehende Energieinfrastruktur integriert werden. Dafür sollten frühzeitig die Eigentums- und Nutzungsverhältnisse der relevanten Flächen und Gebäude geklärt werden. Dies ist insbesondere bei gemieteten oder gepachteten Standorten relevant, da die Errichtung von Ladeinfrastruktur, der Ausbau von Photovoltaik- und Speicheranlagen sowie die mögliche Installation einer Trafostation mit vertraglichen Zustimmungen, klaren Zuständigkeiten und Investitionsentscheidungen verbunden sein können.

A.1



Auch die Verantwortlichen für Gebäude- und Elektrotechnik im Unternehmen sollten frühzeitig eingebunden werden. Die Disposition muss zudem die veränderten Anforderungen und Einsatzmöglichkeiten von E-Lkw berücksichtigen. Ein gemeinsamer, abgestimmter Transformationsplan unterstützt eine zügige und koordinierte Umsetzung und fördert die Akzeptanz bei allen Beteiligten.

A.1.2 Fahrpersonal als zentrale Akteursgruppe der Transformation einbinden

› kurzfristig › Logistikunternehmen › Consulting & Projektierung
› Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Der erfolgreiche Betrieb einer elektrifizierten Nutzfahrzeugflotte hängt maßgeblich von den Fahrerinnen und Fahrern ab. Sie setzen die geplanten Routen, Ladestopps und Ladestrategien im täglichen Betrieb praktisch um. Damit beeinflussen sie wesentlich, ob die angestrebten Effizienz- und Wirtschaftlichkeitsziele der Flottenumstellung erreicht werden.

Gleichzeitig werden Fahrende häufig nicht ausreichend in die Planung der Transformation einbezogen. Dadurch können Anforderungen aus dem realen Betrieb unberücksichtigt bleiben. Zeitdruck, unklare Anweisungen oder eine nicht bedarfsgerechte Auslegung von Fahrzeugen und Ladeprozessen können zu Unsicherheiten, Akzeptanzproblemen oder Abweichungen von geplanten Abläufen führen, etwa wenn das Depotladen im Arbeitsalltag nicht priorisiert wird.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Fahrerinnen und Fahrer sollten frühzeitig und systematisch in den Transformationsprozess eingebunden werden. Ihre praktischen Erfahrungen sind wichtig, um Routen, Ladeprozesse und Einsatzkonzepte realitätsnah zu planen und mögliche Umsetzungshürden frühzeitig zu erkennen.

Zentrale Maßnahmen sind eine frühzeitige Information, praxisnahe Schulungen und eine begleitete Einführung der E-Lkw im Betrieb. Ebenso wichtig sind klare Anweisungen, verständliche Ladeprozesse und ausreichende Zeitkapazitäten, insbesondere für das Laden im Depot oder unterwegs. Eine offene Gestaltung des Prozesses ermöglicht es, Rückmeldungen der Fahrenden aufzunehmen und Anpassungen vorzunehmen.

Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass eine gute Einbindung die Akzeptanz deutlich erhöhen kann – bis hin zu aktiver Begeisterung für die neue Technologie. Zudem können Vorteile wie geringere Lärmbelastung und ein angenehmeres Fahrverhalten stärker wahrgenommen werden. Dadurch können auch Zufriedenheit, Unternehmensbindung und potenziell die Gesundheit der Fahrenden gestärkt werden. Die Fahrenden sollten daher nicht nur als Anwendende, sondern auch als zentrale Multiplikatorinnen und Multiplikatoren der Flottentransformation verstanden werden.

A.1

A.1.3 Fahrpersonal bei Ladeentscheidungen gezielt unterstützen

› kurzfristig › mittelfristig › Logistikunternehmen › EMS- & TMS-Anbietende
› Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Bereits in der Planungsphase muss bedacht werden, dass es im Alltagsbetrieb möglich ist, dass bestimmte Touren planmäßig oder durch spontane Ereignisse nicht durch die betriebseigene Ladeinfrastruktur abgedeckt werden können. Im Gegensatz zum Depotladen sind die Fahrenden im Alltag des öffentlichen Ladens mit diversen Herausforderungen konfrontiert, die die Verfügbarkeit und Zugänglichkeit der Ladeinfrastruktur für die Nutzung durch E-Lkw betreffen. Dies umfasst die grundsätzliche Frage, wo überhaupt Ladeinfrastruktur entlang der zu fahrenden Routen verfügbar ist, aber auch Themen wie z. B. Rangierflächen, Durchfahrthöhen und Ladegeschwindigkeiten.

Die praktischen Erfahrungen im Projekt zeigten, dass die Fahrenden verschiedene Strategien nutzten, um Informationen über potenzielle Ladeorte zu sammeln und sich so auf das Anfahren dieser Ladepunkte vorzubereiten. Zu den Informationsquellen zählten beispielsweise Social-Media-Kanäle mit Ladeinfrastrukturbezug, Apps und Webseiten zum Thema Pkw-Laden, der Austausch von Fotos der Gegebenheiten vor Ort zwischen den Fahrenden und weitere Quellen. Insgesamt führte dies zu sehr inhomogenen Wissensständen und bei einigen Fahrenden zu Akzeptanzhemmnissen gegenüber dem Gesamtsystem.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Es ist entscheidend, die Fahrenden bei Ladeentscheidungen im öffentlichen Raum nicht allein zu lassen, sondern Hilfestellung zu geben, wo dies möglich ist. Idealerweise werden bereits mit der Tourenplanung durch die Disposition mögliche Ladestopps inkl. Ausweichmöglichkeiten vorgegeben oder zumindest empfohlen. Dazu muss zum einen die generelle Informationsbasis zu Lademöglichkeiten für E-Lkw im öffentlichen Raum breiter und verlässlicher werden und diese möglichst direkt in die Transportmanagementsysteme integriert sein. Ggf. kann es nötig sein, zu Beginn des Transformationsprozesses einmal die Lademöglichkeiten an den häufig gefahrenen Routen abzufahren und vor Ort zu erfassen, um so die zentrale Informationsbasis der Disposition zu erweitern. Auch im Regelbetrieb ist ein regelmäßiger und direkter Austausch zwischen Fahrenden und Disposition hinsichtlich der Ladeinfrastruktur sinnvoll, damit Erkenntnisse und Erfahrungswerte aus dem Fahrbetrieb bei der künftigen Tourenplanung berücksichtigt werden können. Entsprechende Formate oder Kanäle zum Austausch sollten aktiv eingeplant werden.

HANDLUNGSFELD A.2

Operative und technische Grundlagen für den E-Lkw-Hochlauf im Unternehmen schaffen

A.2

Der E-Lkw-Hochlauf im Unternehmen erfordert eine datenbasierte Abstimmung von Einsatzprofilen, Ladeinfrastruktur, IT-gestützter Ladeplanung sowie Service- und Verantwortungsstrukturen, damit Fahrzeuge zuverlässig, wirtschaftlich und ohne Störung operativer Abläufe eingesetzt werden können.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
■ Fahrzeug- und Einsatzprofile präzise bestimmen	■		
■ Ladeinfrastruktur bedarfsgerecht dimensionieren und in Betriebsabläufe integrieren	■		
■ Planungsdaten verknüpfen und Ladeprozesse automatisiert steuern	■	■	
■ Betriebsverfügbarkeit organisatorisch und technisch absichern		■	■

A.2.1 Fahrzeug- und Einsatzprofile präzise bestimmen

› kurzfristig › Logistikunternehmen › Consulting & Projektierung › Projektergebnis
› Einschätzung Beirat › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Die Anforderungen an E-Lkw unterscheiden sich je nach Geschäftsmodell und Einsatzprofil. Pauschale Annahmen zu Reichweite, Batteriekapazität oder Fahrzeugausstattung reichen nicht aus, da individuelle Gegebenheiten wie Tourenlängen, Topografie, Wetterbedingungen und Depotstruktur einen wesentlichen Einfluss auf die tatsächlichen Fahrzeuganforderungen haben. Vorurteile zur Einsatzfähigkeit von E-Lkw können Logistikunternehmen abhalten, den Schritt der Elektrifizierung zu erwägen. Die individuellen Anforderungen an die Fahrzeuge sind vielen Unternehmen selbst nicht bekannt.

Analysen der Praxisflotte zeigen jedoch, dass schwere Nutzfahrzeuge über 26 Tonnen standortabhängig durchschnittliche Tagesfahrleistungen von rund 320 bis 380 Kilometern bei mittleren Energieverbräuchen von 0,85 bis 1,00 kWh/km erreichten. Typischerweise starteten die Fahrzeuge mit einem Ladezustand von etwa 95 Prozent und kehrten mit rund 40 bis 42 Prozent zurück. Zudem zeigte sich ein deutlicher Temperatureinfluss: Bei Temperaturen unter 0 °C lagen die Verbräuche standortabhängig bei etwa 1,00 bis 1,15 kWh/km, während sie bei Temperaturen über 20 °C meist auf rund 0,78 bis 0,79 kWh/km sanken.

Für N1-Fahrzeuge lag die mittlere Tagesfahrleistung über alle ausgewerteten Fahrzeuge bei rund 255 Kilometern, standortabhängig zwischen etwa 148 und 306 Kilometern. Der

A.2



durchschnittliche Energieverbrauch war mit 0,35 bis 0,37 kWh/km vergleichsweise homogen. Auch hier zeigte sich ein Temperatureffekt: Bei Temperaturen unter 0 °C lagen die Verbräuche bei etwa 0,41 bis 0,45 kWh/km, bei Temperaturen über 20 °C bei rund 0,30 bis 0,33 kWh/km.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Die präzise, einsatzspezifische und datenbasierte Bestimmung der tatsächlichen Fahrzeuganforderungen stellt die maßgebliche Grundlage für die Fahrzeugauswahl dar. Dabei sollten die Art der Transportaufgabe und die lokalen Rahmenbedingungen systematisch berücksichtigt werden. Massentransporte und Volumentransporte stellen unterschiedliche Anforderungen an Nutzlast, Fahrzeugaufbau, Nebenverbraucher und Energiebedarf. Viele große Lkw-Hersteller haben standardmäßig Telematik-/Flottenmanagement-Systeme in den Lkw installiert (z. B. MAN RIO, DAF Connect, MB Fleetboard usw.). Diese Systeme können bereits bei den derzeit eingesetzten Verbrennerfahrzeugen Streckendaten aufzeichnen, die somit eine gute Basis für die Prüfung verschiedenster Einsatzmöglichkeiten von E-Lkw sind.

Die Praxisdaten verdeutlichen, dass sich Einsatzmuster signifikant unterscheiden können: Bei den untersuchten schweren Nutzfahrzeugen über 26 Tonnen zeigten sich vor allem regionale Verteilerverkehre mit Depotstart am Morgen und Rückkehr am Nachmittag sowie ergänzende nächtliche Shuttle- bzw. Hub-Standort-Verkehre mit teils mehreren Umläufen. Bei den untersuchten N1-Fahrzeugen standen dagegen Last-Mile-Zustellverkehre mit meist zwei wiederkehrenden Touren pro Tag, Depotbeladung und Rückkehr zum Depot oder zu dezentralen Abstellorten im Vordergrund. Da andere Logistikunternehmen wiederum abweichende Einsatzmuster aufweisen können, etwa hinsichtlich Tourenrhythmus, Umlaufstruktur, Standzeiten und Rückkehrorten, sollte die Eignung von E-Lkw nicht pauschal bewertet, sondern anhand der konkreten Einsatzprofile untersucht werden.

Ebenso sind Topografie und mögliche Rekuperationspotenziale einzubeziehen. In Einsatzgebieten mit starken saisonalen Schwankungen sollten zusätzlich Witterungseffekte berücksichtigt werden, insbesondere die Frage, ob die gewählte Fahrzeugausstattung auch im Winter alle vorgesehenen Routen zuverlässig bedienen kann. Ziel ist es, Fahrzeuge auszuwählen, die die operativen Anforderungen robust erfüllen, ohne überdimensionierte Batteriekapazität oder Ausstattung.

A.2.2 Ladeinfrastruktur bedarfsgerecht dimensionieren und in Betriebsabläufe integrieren

› kurzfristig › Logistikunternehmen › Consulting & Projektierung › Projektergebnis › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Ladeinfrastruktur für E-Lkw kann nicht isoliert geplant werden. Ladebedarfe, Tourenprofile, Standzeiten, Ladefenster, Depotprozesse und betriebliche Abläufe bestimmen gemeinsam, welche Ladeleistung, Anzahl an Ladepunkten und Standortintegration erforderlich sind. Fehlerhafte Dimensionierung oder ungünstige Integration kann entweder den Betrieb einschränken oder zu unnötigen Investitionskosten, zusätzlichen Wegen und betrieblichen Störungen führen.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Ladeinfrastruktur sollte auf Basis konkreter Touren-, Standzeit- und Ladebedarfsanalysen geplant werden. Dabei sind nicht nur die täglich benötigte Energiemenge, sondern insbesondere verfügbare Ladefenster, gleichzeitige Fahrzeuganwesenheit, erforderliche

A.2



Abfahrtsladezustände, betriebliche Reserven und Freiheitsgrade im Lademanagement zu berücksichtigen. Ziel ist eine Auslegung, die den Betrieb zuverlässig absichert, ohne Ladeleistung, Anzahl der Ladepunkte oder Netzanschluss unnötig zu überdimensionieren.

Die Praxisanalysen zeigen, dass die erforderliche Ladeleistung je nach Einsatzmuster stark variieren kann. Für reguläres Depotladen schwerer E-Lkw können Ladeleistungen im Bereich von etwa 50 bis 100 Kilowatt ausreichend sein, wenn längere Standzeiten verfügbar sind. Bei nächtlichen Shuttleverkehren, mehreren Umläufen oder kurzen Zwischenladefenstern können dagegen deutlich höhere Ladeleistungen von etwa 200 bis 350 Kilowatt erforderlich werden. Entsprechend sollten Ladeleistung und Ladepunktanzahl nicht pauschal festgelegt, sondern aus den konkreten Umlauf- und Standzeitprofilen abgeleitet werden.

Auch die Standort- und Netzanschlusssituation ist frühzeitig einzubeziehen. In den untersuchten Praxisfällen wurden u. a. Mittelspannungsanschlüsse realisiert, um bestehende Ladebedarfe und spätere Ausbaustufen abdecken zu können. An mehreren Standorten wurden DC-Ladesäulen mit jeweils zwei Ladepunkten und einer Systemleistung von 200 Kilowatt errichtet, die technisch auf eine spätere Erhöhung auf bis zu 400 Kilowatt vorbereitet sind.

A.2.3 Planungsdaten verknüpfen und Ladeprozesse automatisiert steuern

› kurzfristig › mittelfristig › Logistikunternehmen › EMS- & TMS-Anbietende
› Backend- & Kommunikationsanbietende › Projektergebnis › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Für einen zuverlässigen Betrieb von E-Lkw müssen Fahrzeug-, Touren-, Lade- und Einsatzplanung eng miteinander verzahnt sein. In vielen Logistikprozessen liegen die hierfür erforderlichen Informationen jedoch in unterschiedlichen Systemen vor, beispielsweise im Transport-, Flotten-, Lade- oder Energiemanagement. Ohne geeignete Schnittstellen können Ladebedarfe, Abfahrtszeiten, Fahrzeugverfügbarkeit und betriebliche Prioritäten nur eingeschränkt automatisiert berücksichtigt werden. Dadurch steigt der manuelle Planungsaufwand, und Ladeprozesse lassen sich weniger flexibel an operative Anforderungen anpassen. Auch Funktionen wie die Vorkonditionierung der Fahrzeuge entfalten ihren Nutzen nur dann vollständig, wenn sie in die Lade- und Einsatzplanung eingebunden werden.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Logistikunternehmen sollten offene Systemarchitekturen und standardisierte Schnittstellen nutzen, um relevante Planungsdaten systematisch bereitzustellen und miteinander zu verknüpfen. Transport-, Flotten-, Lade- sowie gegebenenfalls Energiemanagementsysteme sollten so gekoppelt werden, dass Ladevorgänge automatisiert nach Abfahrtszeit, Ladebedarf, Fahrzeugpriorität und betrieblichen Anforderungen gesteuert werden können.

Ergänzend sollte die Vorkonditionierung der Fahrzeuge in die Lade- und Einsatzplanung integriert werden. In den untersuchten Praxisfällen zeigte sich insbesondere in den Wintermonaten, dass eine gezielte Vorkonditionierung während des Ladevorgangs deutliche Energieeinsparungen ermöglichen kann. Da dieser Prozess vor Fahrtbeginn innerhalb bestehender Lade- oder Standzeiten erfolgen kann, lässt er sich ohne Einschränkung des operativen Ablaufs umsetzen.

A.2



A.2.4 Betriebsverfügbarkeit organisatorisch und technisch absichern

› mittelfristig › langfrsitig › Logistikunternehmen › Consulting & Projektierung
› Projektergebnis › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Die betriebliche Verfügbarkeit von E-Lkw und Ladeinfrastruktur ist für Logistikunternehmen zentral, da Fahrzeug- oder Ladepunktausfälle unmittelbar die Einsatzplanung, Lieferfähigkeit und Standortprozesse beeinträchtigen können. Fehlende lokale Servicestrukturen, unzureichende Elektromobilitätskompetenz in Werkstätten, Ersatzteile mit eingeschränkter Verfügbarkeit oder lange Reaktionszeiten können zu erheblichen Ausfallzeiten führen. Gleiches gilt für die Ladeinfrastruktur: Sind Wartung, Störungsbehebung und Zuständigkeiten nicht eindeutig geregelt, können Defekte an Ladepunkten den operativen Betrieb einschränken. Zusätzlich entstehen Risiken, wenn rechtliche und organisatorische Beziehungen zwischen den beteiligten Akteuren nicht frühzeitig geklärt sind, etwa zu Eigentum, Betrieb, Nutzung, Versicherung, Haftung und Serviceverantwortung.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Logistikunternehmen sollten frühzeitig lokale Servicestrukturen für Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur aufbauen. Dazu gehört, geeignete Werkstätten mit Elektromobilitätskompetenz zu identifizieren und klare Prozesse für Wartung, Diagnose und Reparatur festzulegen. Ergänzend sollten örtliche Elektrofachkräfte oder qualifizierte Servicepartner für die Ladeinfrastruktur eingebunden werden, um Störungen schnell beheben und Ausfallzeiten reduzieren zu können.

Ein Praxisfall aus dem Projekt hat gezeigt, dass verbindliche Service-Level-Agreements für die Ladeinfrastruktur besonders wichtig sind. Diese sollten Reaktionszeiten, Wartungsintervalle, Ersatzteilverfügbarkeit und Kontaktpersonen eindeutig festlegen. Ebenso sollten Verantwortungsbereiche zwischen Logistikunternehmen, Subunternehmern, Ladeinfrastrukturbetreibenden, Elektrofachkräften und gegebenenfalls Vermietenden klar abgegrenzt werden. Dazu zählen insbesondere Nutzungsregeln, Zugangsrechte, Haftungsfragen, Versicherungen und Zuständigkeiten bei Schäden oder Betriebsunterbrechungen.

Zur Erhöhung der Betriebssicherheit kann zudem eine robuste technische Auslegung der Ladeinfrastruktur beitragen. Eine Möglichkeit sind zentral versorgte Ladelösungen, bei denen eine zentrale Leistungseinheit mehrere kompakte Ladepunkte an den Stellplätzen versorgt. Dadurch können empfindliche Leistungskomponenten gebündelt und besser geschützt installiert werden, während an den Fahrzeugstellplätzen nur platzsparende Ladepunkte erforderlich sind. Entscheidend ist jedoch, dass technische Auslegung, Servicekonzept und Verantwortungsstruktur gemeinsam geplant werden, damit Fahrzeug- und Ladeinfrastrukturverfügbarkeit im laufenden Betrieb zuverlässig abgesichert sind.

HANDLUNGSFELD A.3

Logistikstandorte zu integrierten Energie- und Ladehubs weiterentwickeln

A.3



Logistikstandorte müssen künftig als integrierte Energie- und Ladehubs geplant werden, bei denen Ladeinfrastruktur, Netzanschluss, PV, Speicher, Energiemanagement und Immobilienentwicklung wirtschaftlich und standortbezogen zusammengedacht werden.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
■ PV, Speicher und Ladeinfrastruktur wirtschaftlich bewerten		■	
■ Netzanschlussleistung intelligent steuern und Flexibilitätspotenziale prüfen		■	■
■ Logistikimmobilien elektrifizierungs- und multitenantfähig entwickeln		■	■

A.3.1 PV, Speicher und Ladeinfrastruktur wirtschaftlich bewerten

› mittelfristig **› Logistikunternehmen** **› Immobilienentwicklung**
› Consulting & Projektierung **› Projektergebnis** **› Einschätzung Praxisakteur**

PROBLEMSTELLUNG:

Mit dem Aufbau elektrischer Flotten gewinnen lokale Energiesysteme an Logistikstandorten deutlich an Bedeutung. Stromerzeugung, Energiemanagement und Ladeinfrastruktur werden damit zunehmend Teil der betrieblichen Wertschöpfung. Für Logistikunternehmen stellt sich dabei nicht nur die Frage, ob PV-Anlagen oder Batteriespeicher technisch möglich sind, sondern vor allem, ob sie den Strompreis am Depot wirksam senken, den Netzanschluss entlasten und den wirtschaftlichen Betrieb von E-Lkw verbessern können.

Die Wirtschaftlichkeit ist jedoch stark standortabhängig. Relevante Einflussgrößen sind u. a. Dachflächen, Dachlasten, Gebäudeausrichtung und Faktoren wie u. a. die verfügbare Netzanschlussleistung, Stromtarife und Investitionskosten. Ohne standortbezogene Bewertung besteht das Risiko, Anlagen falsch zu dimensionieren oder wirtschaftliche Potenziale nicht zu nutzen. Gleichzeitig kann eine sinnvolle Kombination aus PV, Speicher und Ladeinfrastruktur dazu beitragen, den Aufbau von Ladeinfrastruktur zu erleichtern oder bei begrenzter Netzanschlussleistung möglicherweise zu beschleunigen.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

PV-Anlagen, Batteriespeicher und Ladeinfrastruktur sollten gemeinsam und standortbezogen wirtschaftlich bewertet werden. Dafür sollten zunächst das erwartete Ladeprofil der E-Lkw, die verfügbaren Netzanschlusskapazitäten sowie Strompreis- und Tarifmodelle erfasst werden.

A.3



Auf dieser Basis können unterschiedliche Varianten verglichen werden, etwa reine Depotladeinfrastruktur, Ladeinfrastruktur mit PV-Anlage, Ladeinfrastruktur mit Speicher oder kombinierte Systeme aus PV, Speicher und intelligentem Energiemanagement.

Bei PV-Anlagen sollte die Planung vor allem an den physischen Rahmenbedingungen des Standorts ausgerichtet werden, insbesondere an verfügbarer Dachfläche, Gebäudeausrichtung, Statik und maximaler Dachlast. Batteriespeicher sollten gezielt dort geprüft werden, wo sie einen konkreten wirtschaftlichen oder betrieblichen Nutzen stiften können, etwa bei begrenzter Netzanschlussleistung, dynamischen Stromtarifen, atypischer Netznutzung, Peak-Shaving oder als Übergangslösung, wenn ein Ausbau des Netzanschlusses erst später realisierbar ist.

Zentral ist dabei die Frage, welchen effektiven Strompreis das Unternehmen am Depot erreichen kann. Die Ergebnisse des im Projekt modellierten Total Cost of Ownership (TCO)-Rechners zeigen beispielhaft, dass bei einem schweren E-Lkw im Verteilerverkehr mit einer Tagesfahrleistung von etwa 350 bis 400 Kilometern, heutigen Marktpreisen für E-Lkw und Diesel sowie aktuellen Mautbedingungen und einem Betrachtungszeitraum von fünf Jahren der Break-even-Preis für Strom bei rund 30 ct/kWh liegt. Dieser Wert ist ausdrücklich als projektspezifischer Orientierungswert zu verstehen: TCO-Ergebnisse hängen immer vom konkreten Einsatzfall, Fahrzeugpreis und weiteren Kostenannahmen ab.

Dennoch verdeutlicht der Wert, dass die Optimierung des Depotstrompreises ein zentraler Hebel für die Wirtschaftlichkeit von E-Lkw ist. Wenn PV-Anlagen und Batteriespeicher standortbezogen sinnvoll kombiniert werden, können sie dazu beitragen, Strombezugskosten zu senken, Lastspitzen zu reduzieren, Netzanschlussbedarfe zu begrenzen und den elektrischen Lkw-Betrieb wirtschaftlich attraktiver zu machen.

A.3.2 Netzanschlussleistung intelligent steuern und Flexibilitätspotenziale prüfen

› mittelfristig › langfristig › Logistikunternehmen › Consulting & Projektierung
› Netzbetreiber › Projektergebnis › Einschätzung Praxisakteur › Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Beim Aufbau von Ladeinfrastruktur für E-Lkw wird häufig angenommen, dass die Netzanschlussleistung der Summe der installierten Ladepunktleistungen entsprechen muss. Dies kann zu sehr hohen Anschlussbedarfen, höheren Kosten und einer erschwerten Umsetzung führen, obwohl in der Praxis nicht alle Fahrzeuge gleichzeitig mit voller Leistung laden müssen. Entscheidend ist daher, die verfügbare Anschlussleistung möglichst effizient zu nutzen und Ladevorgänge so zu steuern, dass die Mobilitätsaufgabe zuverlässig erfüllt wird.

Darüber hinaus können E-Lkw und Ladeinfrastruktur perspektivisch Flexibilität für markt- oder systemdienliche Anwendungen bereitstellen. Der wirtschaftliche Nutzen ist jedoch stark standortabhängig und hängt u. a. von flexiblen Ladezeiten, Standzeiten, Tourenanforderungen, Netzanschlussdimensionierung, Trafo-Auslastung und den Freiheitsgraden im lokalen Energiesystem ab.

A.3



LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Ein 1:1-Verhältnis zwischen Netzanschlussleistung und installierter Ladepunktleistung ist nicht zwingend erforderlich. Durch Last- und Lademanagement können Ladevorgänge nach Abfahrtszeit, Ladebedarf, Fahrzeugpriorität und verfügbarer Anschlussleistung koordiniert werden. Echtzeitfähige Last- und Lademanagementsysteme können zusätzlich helfen, auf ungeplante Fahrzeugankünfte, veränderte Abfahrtszeiten oder Schwankungen im Gebäudeenergiebedarf dynamisch zu reagieren. Im Projekt durchgeführte Simulationen zeigten, dass durch intelligentes Lademanagement jährliche Einsparungen von mehreren Tausend Euro möglich sein können.

Ergänzend können Logistikunternehmen prüfen lassen, ob vorhandene Flexibilität auch für markt- oder systemdienliche Anwendungen genutzt werden kann. Dies ist insbesondere für Unternehmen interessant, die ihre Logistikaufgabe vergleichsweise flexibel gestalten können oder bei bestimmten E-Lkw über längere Standzeiten verfügen. In solchen Fällen kann externe Beratung sinnvoll sein, um technische Voraussetzungen, Vermarktungsmöglichkeiten, Erlöspotenziale und betriebliche Risiken belastbar zu bewerten. Da die Bereitstellung von Flexibilität jedoch vom eigentlichen Hauptgeschäft der Logistikunternehmen abweicht, sollte sie nur auf Grundlage einer sorgfältigen Kosten-Nutzen-Prüfung verfolgt werden.

Weiterer Forschungsbedarf besteht bei der Bewertung des Flexibilitätspotenzials für markt- und systemdienliche Anwendungen auf Grundlage belastbarer Kosten-Nutzen-Rechnungen. Ein Nutzen kann dort in der Vergütung für die Teilnahme an marktlichen und systemdienlichen Prozessen entstehen, wobei Kosten beispielsweise auf Seiten der gegebenenfalls eingeschränkten Mobilität sowie Batteriedegradation entstehen können.

A.3.3 Logistikimmobilien elektrifizierungs- und multitenantfähig entwickeln

› mittelfristig › langfristig › Immobilienentwicklung › Consulting & Projektierung
› Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Logistikimmobilien werden zunehmend nicht nur nach Fläche, Lage und Verkehrsanbindung bewertet, sondern auch nach ihrer Fähigkeit, Energie- und Ladeinfrastruktur aufzunehmen. Für die Immobilienentwicklung besteht dabei eine besondere Planungsunsicherheit: Häufig ist in der Entwicklungsphase noch nicht bekannt, wer die Immobilie später nutzen wird, ob sie langfristig oder von mehreren Parteien genutzt wird und welche konkreten Anforderungen an Ladeinfrastruktur, Strombedarf und Abrechnung daraus resultieren. Gleichzeitig kann eine spätere Nachrüstung von Netzanschluss, Leerrohren, Transformatorenflächen oder PV-Voraussetzungen aufwendig, teuer oder nur eingeschränkt möglich sein.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Logistikimmobilien müssen bereits in der Entwurfsphase elektrifizierungsfähig geplant werden. Auch wenn die späteren Nutzeranforderungen noch nicht vollständig bekannt sind, wird an leistungsfähigen Stromanschlüssen, Erweiterungsflächen und vorbereitender Infrastruktur für Ladepunkte mittelfristig kaum ein Weg vorbeiführen. Dazu gehören ausreichende Netzanschlusskapazitäten, großzügige Leerrohrreserven, geeignete Flächen

A.3

für Transformatorenstationen, statische Voraussetzungen für PV-Anlagen sowie eine Flächenplanung, die spätere Ladeinfrastruktur im Betrieb ermöglicht.

Für die Immobilienentwicklung empfiehlt es sich, frühzeitig externe Beratung einzubinden und unterschiedliche Nutzungsszenarien zu prüfen. Dafür können Beratungstools eingesetzt werden, die Verkehrsmengen, erwartete E-Mobilitätshochläufe, Ladebedarfe und zukünftige Nachfrage nach elektrifizierten Logistikstandorten modellieren. Solche Tools wurden auch im Projekt entwickelt und können helfen, belastbare Zukunftsszenarien abzuleiten.

Bei Objekten mit mehreren Mietparteien sollten zudem flexible technische und organisatorische Lösungen vorgesehen werden. Hardwareagnostische Backend-Systeme, getrennte Mess- und Abrechnungsmöglichkeiten sowie skalierbare Anschluss- und Ladeinfrastruktur erleichtern eine spätere Nutzung durch unterschiedliche Mietparteien mit verschiedenen Anforderungen. Dadurch können Logistikimmobilien zukunftsfähig ausgelegt und das Risiko reduziert werden, dass sie aufgrund fehlender Energie- und Ladeinfrastruktur künftig an Attraktivität verlieren oder als »stranded assets« gelten.





B. Handlungsempfehlungen für Infrastrukturbetreibende

B

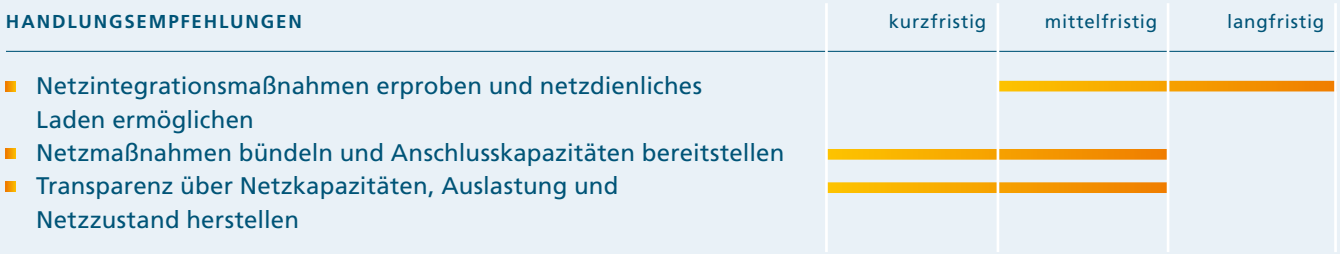
B.1

HANDLUNGSFELD B.1

Netzplanung in Gewerbegebieten vorausschauend koordinieren

Netzbetreiber sollten Netzintegration und Netzplanung in Gewerbegebieten vorausschauend ausrichten, Maßnahmen bündeln und Transparenz schaffen, um hohe Netzbelastung durch gleichzeitige Ladeprozesse, überhöhte Anschlusswerte und lange Ausbauzeiträume zu vermeiden.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN



- Netzintegrationsmaßnahmen erproben und netzdienliches Laden ermöglichen
- Netzmaßnahmen bündeln und Anschlusskapazitäten bereitstellen
- Transparenz über Netzkapazitäten, Auslastung und Netzzustand herstellen

B.1.1 Netzintegrationsmaßnahmen erproben und netzdienliches Laden ermöglichen

› mittelfristig › langfristig › Netzbetreiber › Stakeholder Interviews
› Einschätzung Praxisakteur › Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Mit zunehmender Durchdringung von E-Lkw steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Ladeprozesse zeitlich gebündelt auftreten und dadurch Lastspitzen im lokalen Netzabschnitt entstehen. Für Netzbetreiber besteht daher die zentrale Herausforderung darin, Maßnahmen zur Netzintegration zu identifizieren, die eine Entzerrung gleichzeitiger Ladevorgänge ermöglichen und Ladeprozesse bevorzugt in Zeiten geringerer Netzauslastung verlagern.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Netzbetreiber sollten geeignete Netzintegrationsmaßnahmen erproben und fundiert festlegen. Dazu zählen insbesondere flexible Netzanschlussvereinbarungen, mit denen Ladeleistungen zeitlich oder betrieblich an die jeweilige Netzsituation angepasst werden können. Dabei ist sicherzustellen, dass die gewählten Maßnahmen insbesondere bei hoher E-Lkw-Durchdringung wirksam zur Reduktion gleichzeitiger Ladeprozesse beitragen oder Ladevorgänge gezielt in Zeiten niedrigerer Netzauslastung verschieben.

Ergänzend sollten Flexibilitätsmodelle wie beispielsweise dynamische Netzentgelte weiterentwickelt und erprobt werden, um netzdienliches Laden wirtschaftlich attraktiv zu machen.

Dadurch können Lastspitzen im lokalen Netzabschnitt reduziert, bestehende Netzkapazitäten effizienter genutzt und der Bedarf an kurzfristigem Netzausbau verringert werden. Die Untersuchungen innerhalb des Projekts haben gezeigt, dass netzdienliche, global optimierte Ladestrategien im zugrundeliegenden Szenario die resultierenden Leistungsspitzen bis auf 17 Prozent der ursprünglichen Leistung reduzieren können. Selbst unter Nutzung des vereinfachten Verfahrens (Ausgeglichenes Laden: Gleichverteilung der Ladeleistung über den gesamten Standzeitraum) können Ladespitzen bis auf 29 Prozent reduziert werden.

B.1.2 Netzmaßnahmen bündeln und Anschlusskapazitäten bereitstellen

› kurzfristig › mittelfristig › Netzbetreiber › Stakeholder Interviews
› Einschätzung Beirat › Einschätzung Praxisakteur › Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Mit zunehmender Marktdurchdringung von E-Lkw kann in Gewerbegebieten und Güterverkehrszentren (GVZ) ein hoher gleichzeitig auftretender Ladebedarf entstehen. Werden Anschlussanfragen einzelner Unternehmen isoliert betrachtet, besteht zudem die Gefahr, dass vorsorglich angemeldete hohe Anschlussleistungen Netzkapazitäten unnötig binden und so zu einer ineffizienten Netzauslastung führen.

Der Aufbau von Ladeinfrastruktur für E-Lkw führt zu steigenden Leistungsbedarfen, die durch bestehende Netzanschlüsse nicht immer ausreichend abgedeckt werden können. Wenn Anschlusskapazitäten nur verzögert oder in unzureichendem Umfang bereitgestellt werden, kann dies den Ausbau von Ladeinfrastruktur und damit den Hochlauf elektrischer Logistikverkehre bremsen.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Netzbetreiber und Energieversorger sollten Netzmaßnahmen in Gewerbegebieten szenariobasiert und gebündelt planen. Dabei sind unterschiedliche Zukunftsszenarien zu berücksichtigen, insbesondere der Hochlauf von E-Lkw, die Durchdringung von Photovoltaikanlagen sowie weitere elektrische Leistungsbedarfe im Gebiet. Darauf aufbauend sollten Netzausbau- und Netzverstärkungsmaßnahmen vorausschauend und gesamtheitlich geplant werden, anstatt einzelne Anschlussanfragen isoliert zu betrachten.

Ergänzend sollten Anschlusswerte für Ansiedelnde aktiv koordiniert werden. Ziel ist eine effiziente Nutzung vorhandener Netzkapazitäten und die Vermeidung vorsorglich überhöhter Anschlussanmeldungen. Für diese Koordination sind belastbare Prognosen zu künftigen Lade- und Netzbedarfen erforderlich. Im Projekt wurde hierfür ein Bottom-up-Ansatz zur Abschätzung der Entwicklung von Ladebedarfen entwickelt.

Weiterer Forschungsbedarf besteht bei einer einheitlichen und skalierbaren Methodik zur Bestimmung künftiger Netz- und Ladebedarfe in Gewerbegebieten. Diese Methodik sollte Netzplanung, Ladeinfrastrukturbedarf, erwartete Fahrzeughochläufe und weitere dezentrale Energieanwendungen gemeinsam berücksichtigen.

Für eine vorausschauende Bereitstellung von Anschlusskapazitäten besteht weiterer Forschungsbedarf bei Finanzierungs- und Risikobewertungsmechanismen. Dies betrifft insbesondere die Frage, wie Netzbetreiber Netzausbau bereits vor konkreten Einzelanfragen wirtschaftlich und regulatorisch absichern können, ohne Investitionsrisiken einseitig zu tragen.

B.1



B.1.3 Transparenz über Netzkapazitäten, Auslastung und Netzzustand herstellen

› kurzfristig › mittelfristig › Netzbetreiber › Stakeholder Interviews
› Einschätzung Beirat › Einschätzung Praxisakteur › Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Für die Planung von Ladeinfrastrukturprojekten fehlen häufig frühzeitige Informationen über verfügbare Anschlusskapazitäten sowie über die Auslastung und den Zustand des Netzes. Dadurch können Netzanschlussprozesse verzögert werden, weil die technische Umsetzbarkeit erst spät bewertet werden kann. Gleichzeitig bleiben mögliche Synergien zur effizienteren Nutzung vorhandener Netzkapazitäten ungenutzt.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Für relevante Netzinformationen ist ein deutschlandweit einheitliches Vorgehen zu entwickeln, mit dem Anschlusskapazitäten, Netzauslastung und Netzzustand frühzeitig, vergleichbar und planungsrelevant bereitgestellt werden können. Dadurch lassen sich Ladeinfrastrukturprojekte besser vorbereiten und Netzinformationen für eine bundesweite Standortbewertung von Ladeinfrastruktur nutzbar machen. Dies betrifft insbesondere die Frage, in welchen Gewerbegebieten oder Verkehrskorridoren zusätzliche Lade- und Anschlussbedarfe voraussichtlich entstehen und wo vorhandene Netzkapazitäten effizient genutzt werden können.

Gleichzeitig ist der Umgang mit Daten kritischer Infrastruktur sicher und eindeutig zu regeln. Erforderlich sind klare Datenstandards, definierte Zuständigkeiten, geeignete Aggregations- und Schutzmechanismen sowie sichere Datenplattformen, über die relevante Informationen bereitgestellt werden können, ohne sensible Netzdaten offenzulegen. Auf dieser Grundlage können Netzbetreiber Transparenz schaffen, Planungsprozesse beschleunigen und gleichzeitig die Anforderungen an Datensicherheit und Versorgungssicherheit wahren.

HANDLUNGSFELD B.2

Skalierbare und verlässliche Ladeangebote für den Logistikbetrieb entwickeln

B.2

CPOs müssen Ladeangebote entwickeln, die für den Logistikbetrieb zuverlässig, reservierbar und skalierbar nutzbar sind und gleichzeitig eine gemeinsame Nutzung sowie effiziente Anschlussbedarfe in GVZ und Gewerbegebieten ermöglichen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
■ Ladeinfrastruktur modular, interoperabel und hochverfügbar betreiben	■	■	
■ Ladepunkt-, Leistungs- und Stellplatzverfügbarkeit aktiv orchestrieren		■	
■ Geteilte, logistikfähige Ladeangebote in GVZ und Gewerbegebieten schaffen		■	■

B.2.1 Ladeinfrastruktur modular, interoperabel und hochverfügbar betreiben

› kurzfristig › mittelfristig › CPOs › Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Ladeinfrastruktur für E-Lkw muss mit steigenden Leistungsbedarfen und wachsenden Flotten skaliert werden können. Wird die fortschreitende Flottentransformation und Erweiterbarkeit der Ladeinfrastruktur nicht frühzeitig mitgeplant, können spätere Leistungserhöhungen mit hohem baulichen und technischen Aufwand verbunden sein. Gleichzeitig haben Ausfälle der Ladeinfrastruktur im Logistikbetrieb direkte Auswirkungen auf Fahrzeugverfügbarkeit und Lieferfähigkeit.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

CPOs sollten Ladeinfrastruktur modular und interoperabel auf Basis offener Standards wie OCPI, OCPP und ISO 15118 betreiben. Dadurch können spätere Leistungserhöhungen einfacher umgesetzt und umfangreiche Tiefbauarbeiten vermieden werden. Ergänzend sollten hohe Verfügbarkeiten über Service-Level-Agreements abgesichert werden, damit die Ladeinfrastruktur als verlässlicher Bestandteil des Logistikbetriebs genutzt werden kann.

B.2



B.2.2 Ladepunkt-, Leistungs- und Stellplatzverfügbarkeit aktiv orchestrieren

› mittelfristig › CPOs › Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Für die Disposition sind Echtzeitinformationen über die verfügbare Ladeinfrastruktur unerlässlich. Eingeschränkte, defekte oder belegte Ladepunkte stören die Logistikabläufe und verhindern eine verlässliche Tourenplanung, die Ladeprozesse mitdenkt.

Für den Einsatz von E-Lkw bedarf es mehr als nur den technischen Belegungsstatus einzelner Ladepunkte zu kennen. Für eine verlässliche Disposition müssen auch die verfügbare Ladeleistung und die zugehörigen Stellplätze berücksichtigt werden. Ohne diese erweiterte Datensicht können intelligente Dispositionsverfahren Ladeprozesse nur eingeschränkt planen, insbesondere wenn Ladepunkte zwar technisch verfügbar sind, die Stellplätze aber nicht nutzbar oder nicht eindeutig zugeordnet sind.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

CPOs sollten die Verfügbarkeit von Ladepunkten, Ladeleistung und Stellplätzen aktiv koordinieren. Die Datensicht auf Ladepunkte sollte um eine Stellplatzsicht erweitert werden, damit Ladeinfrastruktur und zugehörige Stellflächen zuverlässig in der operativen Planung berücksichtigt werden können. Neben dem technischen Status eines Ladepunkts sollten daher auch Informationen zur tatsächlichen Nutzbarkeit des Stellplatzes, zur verfügbaren Ladeleistung, zu Belegungszeiten und zu möglichen Reservierungen bereitgestellt werden.

Zudem sollte die verfügbare bzw. garantierte Ladeleistung an den Anforderungen des schweren Straßengüterverkehrs ausgerichtet werden. Ein zentraler Referenzpunkt ist dabei die gesetzlich vorgeschriebene Ruhepause von etwa 45 Minuten, die sich im Fernverkehr für Nachladevorgänge eignet. Als Orientierungsgröße kann ein Energiebedarf für rund 300 Kilometer zusätzliche Reichweite dienen. Ladepunkte für E-Lkw sollten daher so dimensioniert und betrieben werden, dass sie dieses Nachladeziel unter realen Betriebsbedingungen möglichst verlässlich unterstützen.

B.2.3 Geteilte, logistikfähige Ladeangebote in GVZ und Gewerbegebieten schaffen

› mittelfristig › langfrisitg › CPOs › Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Aktuell legen viele Unternehmen bei der Elektrifizierung ihrer Flotten den Fokus auf Depotladen auf dem eigenen Betriebshof. Parallel sind öffentlich zugängliche Ladeangebote essenziell für den weiteren Hochlauf von E-Lkw. Denn nicht für alle Unternehmen ist es möglich und sinnvoll, eigene Ladeinfrastruktur aufzubauen, sei es aufgrund von Platzmangel, fehlender Anschlusskapazitäten, Mietverhältnissen oder Finanzierung. Auch können Touren über die Reichweite hinausgehen oder nicht vom Depot aus starten, sodass sie nicht (vollständig) mit Depotladen abgebildet werden können. Die bestehende Pkw-Ladeinfrastruktur ist dabei häufig für Lkw

B.2

nicht nutzbar, da sie etwa nicht schwerlastgerecht ist und durch Größe und Auslegung nicht von großen Fahrzeugen angefahren werden können. Ungewissheit über die Belegung von Ladepunkten und Konditionen verhindern die zuverlässige Planung von Ladezeiten in logistischen Abläufen. Die Ladeangebote werden nicht nur an den viel diskutierten Rastplätzen gebraucht.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Öffentliche Ladeangebote stellen eine wichtige Voraussetzung für den breiten Hochlauf von E-Lkw dar, da sie logistische Anwendungsfälle ohne oder ergänzend zu Depotladeinfrastruktur ermöglichen. Standorten in GVZ und Gewerbegebieten kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, da hier Logistikverkehre gebündelt auftreten, Pausen gemacht werden und so Bedarfe gebündelt anfallen. CPOs sollten daher logistikfähige Ladeinfrastruktur zur gemeinschaftlichen Nutzung aufbauen. Bei der baulichen Gestaltung sind u. a. die Gewichtsbelastung ebenso wie die Stellplatz- und Rangierflächen des Güterverkehrs zu berücksichtigen. Die Ladeinfrastruktur selbst muss ebenfalls an die Anforderungen von Logistikverkehren angepasst sein. Dazu zählen neben der Ladeleistung und der Gestaltung der Ladesäule auch organisatorische Aspekte. Reservierbare Ladekapazitäten und gesicherte, günstige Konditionen geben den nutzenden Unternehmen Planungssicherheit bei der Erfüllung und Kalkulation ihrer Logistikaufgabe.

Die gemeinsame Nutzung von Ladeinfrastruktur reduziert die notwendigen Investitionen einzelner Unternehmen und steigert die Auslastung der Infrastruktur. In Gewerbegebieten können so mitunter die Netzkapazitäten effizienter ausgenutzt werden als bei vielen Einzelvorhaben. Verschiedene Modelle zur Ausgestaltung gemeinschaftlicher Ladeangebote sind möglich, von öffentlicher bis zu gemeinschaftlich nutzbarer Ladeinfrastruktur einzelner Unternehmen. CPOs sollten prüfen, welcher Aufbau im jeweiligen Gebiet ökonomisch und energetisch sinnvoll ist.





C. Handlungsempfehlungen für Institutionen

C

HANDLUNGSFELD C.1

Politische Leitplanken und Investitionssicherheit für den E-Lkw-Hochlauf schaffen

C.1



Institutionen geben durch regulatorische Rahmenbedingungen und Fördermechanismen politische Orientierung und Investitionssicherheit, sodass der Hochlauf von E-Lkw wirtschaftlich tragfähig, planbar und koordiniert erfolgen kann.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
■ Batterieelektrische Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs konsequent verfolgen			
■ Förder-, Steuer- und Mautregelungen langfristig absichern			
■ Regulatorische Rahmenbedingungen an veränderte Anforderungen anpassen			

C.1.1 Batterieelektrische Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs konsequent verfolgen

› mittelfristig › langfristig › Bundes- & Landespolitik

› Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Die Verkehrswende im Straßengüterverkehr erfordert eine klare politische und strategische Orientierung. Obwohl batterieelektrische Fahrzeuge bereits heute für viele Anwendungsfelder geeignet und wirtschaftlich sind, bestehen weiterhin Unsicherheiten hinsichtlich der Technologiepfade, Fahrzeugverfügbarkeit und Umsetzungsgeschwindigkeit. Diese Unsicherheit erschwert Investitionsentscheidungen und kann die gezielte institutionelle Adressierung kritischer Umsetzungshürden verzögern.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Die große Herausforderung der Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs erfordert den gezielten und effizienten Einsatz der vorhandenen Ressourcen. Dies setzt eine systematische und umfassende Kostenbetrachtung in Form sogenannter TCO-Analysen bei der Abwägung der technologischen Optionen voraus. Im Projekt wurden TCO-Vergleiche zwischen den vorrangig diskutierten Optionen wasserstoffbetriebener und batterieelektrischer Fahrzeuge angestellt. In allen betrachteten Konfigurationen zeigten batterieelektrische Fahrzeuge eine klar bessere Wirtschaftlichkeit gegenüber Brennstoffzellenfahrzeugen und mitunter gegenüber konventionellen Dieselfahrzeugen. Der Abgleich von Fahrtweiten und verfügbaren Reichweiten zeigte darüber hinaus, dass E-Lkw bereits heute in vielen Bereichen des

C.1



Straßengüterverkehrs erfolgreich eingesetzt werden können. Eine klare technologische Fokussierung auf allen Ebenen, vom Unternehmen über das Gewerbegebiet bis hin zur Politik, schafft Planungssicherheit für die beteiligten Akteure und ermöglicht es, kritische Hürden des Markthochlaufs gezielt zu adressieren.

C.1.2 Förder-, Steuer- und Mautregelungen langfristig absichern

› kurzfristig › mittelfristig › langfristig › Bundes- & Landespolitik › Förderstellen
› Projektergebnis › Stakeholder Interview › Einschätzung Praxisakteur
› Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Der Markthochlauf von E-Lkw und Ladeinfrastruktur ist in der Hochlaufphase weiterhin mit hohen Investitionshürden verbunden. Die Wirtschaftlichkeit batterieelektrischer Nutzfahrzeuge hängt daher neben Fahrzeug- und Energiekosten auch von verlässlichen Förder-, Steuer- und Mautregelungen ab. Große Investitionen werden durch unklare oder kurzfristige Rahmenbedingungen gebremst, weil Planungssicherheit fehlt.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Förderansätze für den Aufbau von Ladeinfrastruktur für schwere batterieelektrische Nutzfahrzeuge, wie das aktuelle Förderprogramm des Bundesministeriums für Verkehr (BMV), sind ein wichtiges Instrument der Hochlaufphase, das fortzuführen und gezielt weiterzuentwickeln ist. Ergänzende, langfristig gestaltete Maßnahmen können Unternehmen, insbesondere kleine und mittlere, in der Flottentransformation stärken. Fördermechanismen sollten an Kriterien der Fördereffizienz geknüpft werden, etwa an eine bedarfsgerechte Dimensionierung, hohe Auslastungsperspektiven, gemeinsame Nutzungskonzepte oder eine effiziente Nutzung vorhandener Netzanschlusskapazitäten.

Die bis Mitte 2031 verlängerte Mautbefreiung für emissionsfreie Lkw ist für den Markthochlauf ein wirksames Instrument, da sie die Wirtschaftlichkeit von E-Lkw gegenüber Diesel-Lkw verbessert. Mittelfristig sollte die Steigerung der Attraktivität von E-Lkw durch die Mautlogik gesichert werden. Langfristig sollte untersucht werden, wie die Maut Anreize für einen treibhausgas-, schadstoff- und lärmärmeren Straßengüterverkehr setzen kann, ohne die auskömmliche Finanzierung der Straßeninfrastruktur zu gefährden. Ein Phase-Out des aktuellen Fördermechanismus muss frühzeitig konzeptioniert werden.

Darüber hinaus sollten weitere politische Maßnahmen stärker an den strukturellen Ursachen der Mehrkosten ansetzen. Mögliche Instrumente könnten bei den Fahrzeugherstellern ansetzen und den Hochlauf durch sinkende Anschaffungskosten beschleunigen. Europäische CO_2-Flottengrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge sind ein bestehender Hebel, da sie direkt auf die Angebotsseite wirken und Herstellern klare Zielpfade für emissionsarme bzw. emissionsfreie Fahrzeuge vorgeben. Die ausgewählten politischen Instrumente sollten evaluiert und entsprechend angepasst werden, denn ihre Wirkung hängt stets von der konsequenten politischen Umsetzung ab.

C.1.3 Regulatorische Rahmenbedingungen an veränderte Anforderungen anpassen

C.1

› mittelfristig › langfristig › Bundes- & Landespolitik › Förderstellen
› Kommunen & Städte › Kammern & Verbände › Projektergebnis
› Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur › Forschungsbedarf

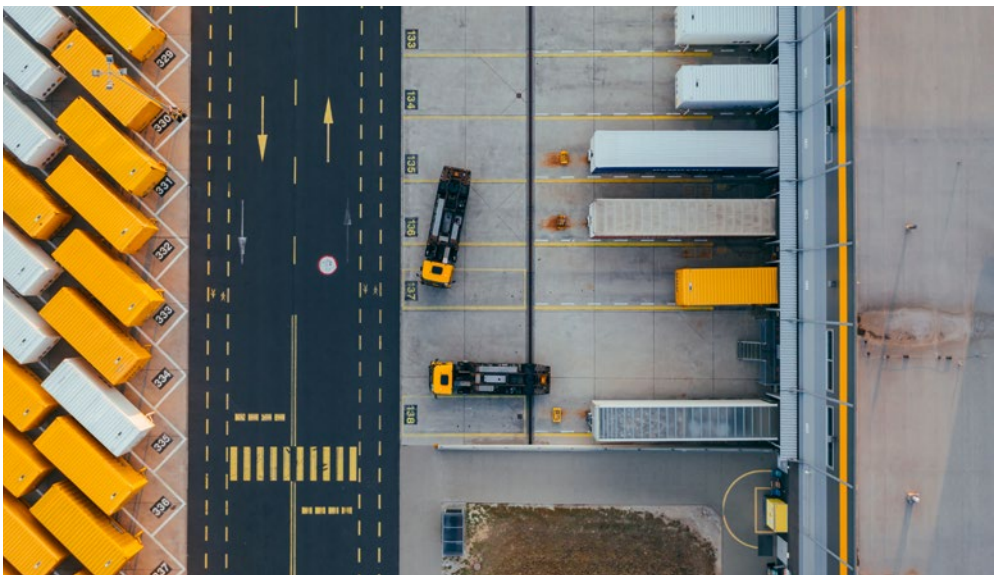
PROBLEMSTELLUNG:

Die regulatorischen Rahmenbedingungen des Straßengüterverkehrs sind auf konventionelle Lkw ausgerichtet und schränken den Wechsel auf E-Lkw mitunter ein.

Unter anderem verringert das große Batteriegewicht die Nutzlast eines E-Lkw gegenüber einem Diesel-Lkw. Der Nutzlastnachteil kann bei Gewichtstransporten, etwa im Straßenvor- und -nachlauf des Kombinierten Verkehrs, die Wirtschaftlichkeit batterieelektrischer Fahrzeuge mindern, wenn Transportaufgaben nicht wie bisher erfüllt werden können. Die derzeitigen Gewichtsboni reichen nach Brancheneinschätzungen nicht aus, um das Batteriegewicht vollständig auszugleichen.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Die rechtlichen Regularien sind ein wirkungsvolles Instrument, mit dem die EU und der Bund den Fahrzeugbestand aktiv steuern können. Anpassungen der zulässigen Gesamtgewichte könnten den Antriebswechsel ohne Veränderung der Logistikprozesse erleichtern. Der Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge kann so auch in intermodalen Transportketten und bei Gewichtstransporten wirtschaftlich attraktiver werden. Jegliche Änderungen der Regularien erfordern die kritische Abwägung u. a. zwischen Logistikbranche und Straßeninfrastruktur.



C.2

HANDLUNGSFELD C.2

Systemische Voraussetzungen für Netzanschluss, Energieversorgung und Interoperabilität schaffen

Institutionen schaffen die regulatorischen und planerischen Voraussetzungen, damit Netzanschlüsse, Energieversorgung, lokale Energiesysteme und interoperable Systemstandards den Hochlauf von E-Lkw-Ladeinfrastruktur ermöglichen.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
■ Netz-, Anschluss- und Standardisierungsprozesse beschleunigen und vereinheitlichen		▬	▬
■ Lokale Stromerzeugung, Speicherung und Netzeinspeisung vereinfachen		▬	▬

C.2.1 Netz-, Anschluss- und Standardisierungsprozesse beschleunigen und vereinheitlichen

› mittelfristig › langfristig › Bundes- & Landespolitik › Kommunen & Städte
› Projektergebnis › Einschätzung Praxisakteur › Stakeholder Interviews
› Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Der Aufbau von Ladeinfrastruktur für E-Lkw führt zu steigenden Leistungsbedarfen, die durch Stromerzeugung, Verteilnetze und Speicherinfrastruktur systemseitig abgesichert werden müssen. Verzögerungen beim Netzausbau und bei der Bereitstellung von Netzanschlusskapazitäten können den Ausbau der Ladeinfrastruktur verlangsamen und die Planungssicherheit für Unternehmen erheblich einschränken. Zusätzlich erschweren unterschiedliche Technische Anschlussbedingungen die Skalierung von Ladeinfrastruktur durch standardisierte Prozesse, insbesondere für Unternehmen mit mehreren Standorten.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Institutionen sollten den Ausbau nachhaltiger Stromerzeugung, Verteilung und Speicherung auf allen Netzebenen beschleunigen. Dazu sind politische Rahmenbedingungen erforderlich, die eine zügige Bereitstellung von Netzanschlüssen ermöglichen und Ladeinfrastrukturprojekte für E-Lkw planbarer machen. Ein zentrales Instrument ist die konsequente Vereinheitlichung der technischen Anschlussbedingungen, um Genehmigungs- und Anschlussprozesse zu beschleunigen und den Ausbau von Ladeinfrastruktur insbesondere für standortübergreifend tätige Unternehmen effizienter zu skalieren.

C.2

Zudem sollte ein regulatorischer Rahmen die systemübergreifende Interoperabilität fördern, indem er standardisierte Schnittstellen und einheitliche Vorgaben für die Integration von Transport-, Energie-, Flotten- und Lademanagementsystemen festlegt. Klare Standards und Schnittstellenanforderungen sind erforderlich, um die verschiedenen Anforderungen an E-Lkw vom Laden bis zur Disposition zu koordinieren. Darüber hinaus werden neue Betriebsmodelle wie geteilte Ladeinfrastruktur, Durchleitungsmodelle oder Vehicle-to-Grid-Anwendungen für netzdienliches Laden ermöglicht. Weitere Forschung ist erforderlich, um ihre technische und organisatorische Umsetzung zu prüfen und zu entwickeln. Institutionen sollten daher verbindliche Orientierung für Marktakteure schaffen und die Anwendung offener, interoperabler Standards gezielt unterstützen.

C.2.2 Lokale Stromerzeugung, Speicherung und Netzeinspeisung vereinfachen

› mittelfristig › langfristig › Bundes- & Landespolitik › Kommunen & Städte
› Projektergebnis › Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Das Stromnetz steht vor den Herausforderungen volatiler und dezentral erzeugter erneuerbarer Energie. Lokale Energiesysteme können die Eigennutzung durch die Einbindung von Ladeinfrastruktur und Speichern erhöhen, die Netzeinspeisung steuern und so das Netz entlasten. Ihr Aufbau und Betrieb stehen jedoch vor regulatorischen Hürden. Dadurch entstehen auch beim Energy Sharing innerhalb der Nachbarschaft Netzentgelte, die den wirtschaftlichen Anreiz schmälern. Komplexe Umsetzungs-, Anschluss- und Einspeiseprozesse erschweren die Integration lokaler Lösungen.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

In Gewerbegebieten und insbesondere auf großen (Logistik-)Hallen bestehen große Potenziale für erneuerbare Energien. Speicherlösungen können der Pufferung dienen und Ladeinfrastruktur bei geringer Netzanschlusskapazität ermöglichen. Ein lokales Energiesystem aus Stromerzeugung vor Ort, Speicherlösungen sowie Möglichkeiten zum Energy Sharing und zur Netzeinspeisung können dazu beitragen, dezentrale Energiepotenziale effizienter zu nutzen und einen wichtigen Beitrag zum Aufbau von Ladeinfrastruktur für E-Lkw leisten.

Institutionen sollten Rahmenbedingungen schaffen, die die Umsetzung lokaler Energiesysteme über Grundstücksgrenzen hinweg möglich und attraktiv machen. Durch die systematische Kombination von PV-Anlagen, Batteriespeichern und Ladeinfrastruktur werden dezentrale Energiepotenziale gehoben, das Stromnetz stabilisiert und die Klimafreundlichkeit gesteigert.

C.3

HANDLUNGSFELD C.3

Gewerbegebiete als planbare Lade- und Energiestandorte vorbereiten

Gewerbegebiete sind auf Basis belastbarer Daten, integrierter Gebietskonzepte und gezielter Ansiedlungssteuerung vorausschauend als Lade- und Energiestandorte zu entwickeln, damit Lade-, Netz- und Flächenbedarfe der batterieelektrischen Logistik koordiniert berücksichtigt werden.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
■ Gewerbegebiete vorausschauend auf Lade- und Verkehrsbedarfe ausrichten		■	
■ Datengrundlagen, Verkehrsaufkommen und Energiebedarfe in Gewerbegebieten systematisch erfassen	■	■	
■ Gebietsbezogene Fördermechanismen für integrierte Energie- und Infrastrukturentwicklungskonzepte etablieren		■	■
■ Gewerbegebiete aktiv über Ansiedlungsförderung steuern		■	■

C.3.1 Gewerbegebiete vorausschauend auf Lade- und Verkehrsbedarfe ausrichten

› mittelfristig › Wirtschaftsförderungen › Kommunen & Städte › Förderstellen
› Bundes- & Landespolitik › Projektergebnis › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Künftige Ladebedarfe in Gewerbegebieten hängen von den angesiedelten Unternehmen und deren Nutzungsmustern von Fahrzeugen ab. Insbesondere in Gebieten mit hohem Schwerlastverkehrsaufkommen können sich erhebliche Anforderungen an Ladeleistung, Netzanschluss und Flächen ergeben. Werden diese Bedarfe in der Planung nicht ausreichend berücksichtigt, entstehen Risiken durch Fehlplanungen: Eine Überdimensionierung kann zu kostspieligen Fehlinvestitionen führen, während eine Unterdimensionierung oder Verzögerung den Hochlauf batterieelektrischer Logistik behindern kann. Dabei sind die Planung und Entwicklung von Infrastruktur durch die Flächenstruktur und -verfügbarkeit begrenzt.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Sowohl neue als auch bestehende Gewerbegebiete sollten frühzeitig und vorausschauend auf die Anforderungen des batterieelektrischen Güterverkehrs ausgerichtet werden. Dazu sollten Flächennutzungsstrukturen, Verkehrsmengen und erwartete Ladebedarfe bereits in

der Planung systematisch berücksichtigt werden. Bei hoher Flächenkonkurrenz muss Ladeinfrastruktur in die Abwägung und Flächenzuweisung einbezogen werden. In Gebieten mit viel Güterverkehr sollte leistungsfähige und bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur frühzeitig integriert und entsprechende Flächen definiert werden.

Gleichzeitig sind Implementierungshürden auf allen Ebenen zu adressieren, vom Einzelstandort über das Gewerbegebiet bis zur regionalen und überregionalen Infrastrukturplanung. Ziel ist es, den Aufbau von Ladeinfrastruktur zu beschleunigen und den Hochlauf batterieelektrischer Logistik nicht durch unzureichend vorbereitete Standorte zu begrenzen. Mit zunehmender Elektrifizierung der Nutzfahrzeuge werden Energie- und Ladeinfrastruktur zu zusätzlichen Standortfaktoren, die aktiv gestaltet werden müssen.

C.3.2 Datengrundlagen, Verkehrsaufkommen und Energiebedarfe in Gewerbegebieten systematisch erfassen

› kurzfrisitg › mittelfristig › Kommunen & Städte › Wirtschaftsförderungen
› Einschätzung Praxisakteur › Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Die vorausschauende Entwicklung von Gewerbegebieten und Energieinfrastruktur erfordert fundierte Prognosen über Verkehrsmengen und Energiebedarfe. Bisher erfolgen Projektionen mitunter durch grobe Abschätzungen auf Grundlage unvollständiger, ungenauer oder veralteter Daten. Weder eine solide Datengrundlage noch eine wissenschaftlich fundierte Methodik sind etabliert. Dabei sind die Entwicklungen von Gebieten individuell und abhängig von den bestehenden Nutzungen und Strukturen von Gewerbeflächen sowie den lokalen Rahmenbedingungen.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Der bedarfsgerechte Aufbau von Ladeinfrastruktur in Gewerbegebieten ist auf die belastbare Prognose zukünftiger örtlicher Ladebedarfe angewiesen. Diese Abschätzung wiederum erfordert eine zuverlässige Datengrundlage und eine wissenschaftlich fundierte Prognose. Entsprechende Methodiken für die Ermittlung und szenarienbasierte Projektion des Straßengüterverkehrsaufkommens und der dadurch ausgelösten Energiebedarfe gilt es skalierbar zu entwickeln und zu etablieren. Im Projekt wurde eine Bottom-up-Methodik erarbeitet, die aufgrund nicht verfügbarer Daten auf zeitintensive Erhebungen und Datenaufbereitung angewiesen ist. Es sollte eine einheitliche Datengrundlage zu Flächennutzung, Verkehrsmengen, energetischen Lastprofilen, vorhandenen Netzkapazitäten und Gebäudecharakteristika systematisch erfasst und zusammengeführt werden, um die methodische Weiterentwicklung zu ermöglichen. Entscheidend ist die einheitliche, detaillierte und aktuelle Datenerfassung und -bereitstellung. Bestehende Daten etwa aus der Mauterfassung könnten eine aussagekräftige Basis darstellen, wenn die datenschutzkonforme Verarbeitung ermöglicht wird. Ein ganzheitlicher digitaler Zwilling von Gewerbegebieten kann diese Informationen integrieren und Wechselwirkungen zwischen Logistikaufkommen und Energieinfrastruktur simulieren. Ergänzend sollte die Datenlandschaft bundesweit und perspektivisch europaweit harmonisiert werden, um Insellösungen zu vermeiden und Vergleichbarkeit zu schaffen.

C.3



C.3.3 Gebietsbezogene Fördermechanismen für integrierte Energie- und Infrastrukturentwicklungskonzepte etablieren

› mittelfristig › langfristig › Bundes- & Landespolitik › Kommunen & Städte
› Wirtschaftsförderungen › Kammern & Verbände › Förderstellen › Forschungsbedarf

PROBLEMSTELLUNG:

Durch die Förderung einzelbetrieblicher Investitionen in Ladeinfrastruktur besteht die Gefahr, dass Ladeinfrastruktur in Gewerbegebieten und GVZ unkoordiniert aufgebaut wird. Abstimmungen mit Netzbetreibern, Energieversorgern und kommunalen Planungsstellen finden individuell und unabgestimmt statt. Mit der Folge, dass Anschlusskapazitäten ineffizient gebunden werden und Synergiepotenziale zwischen benachbarten Unternehmen ungenutzt bleiben.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Ohne Koordination bleiben Vorteile räumlicher Nähe ungenutzt. Eine integrierte Konzeptionierung erlaubt die Gebietsentwicklung zu steuern und so Synergien zu heben, Energieinfrastruktur effizient zu nutzen und Netzkapazitäten sinnvoll zu verteilen. Der Netzausbau könnte gebündelt betrachtet und die Transformation auch für später einsteigende oder finanziell schwächere Unternehmen ermöglicht werden. Darüber hinaus können die Wirksamkeit von Investitionen und Fördermitteln gesteigert werden.

Daher sollte die Förderung integrierter Gebietskonzepte in Betracht gezogen werden, die u. a. erwartete Ladebedarfe, verfügbare Netzkapazitäten, mögliche Ausbaustufen, gemeinsame Nutzungsmodelle, Reservierungs- und Abrechnungslösungen sowie die Einbindung von Energiemanagementsystemen berücksichtigen. Entwicklungskonzepte könnten den Ausbau von Energieinfrastruktur aktiv lenken, Kooperationen von Unternehmen anreizen und als Grundlage für weitere, gezielte Förderung dienen. Entsprechende Fördermechanismen sollten geprüft werden.

C.3.4 Gewerbegebiete aktiv über Ansiedlungsförderung steuern

› mittelfristig › langfristig › Bundes- & Landespolitik › Kommunen & Städte
› Wirtschaftsförderungen › Förderstellen › Stakeholder Interviews
› Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Der künftige Ladebedarf in Gewerbegebieten hängt wesentlich von den ansässigen Unternehmen und den durch sie entstehenden Nutzfahrzeugverkehren ab. Veränderungen und Entwicklungen durch Wechsel der Mietparteien, Neuansiedlungen, Gebietserweiterung oder Gebietsüberplanung sind nur begrenzt prognostizierbar – und somit auch die daraus folgenden Ladebedarfe.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Die Entwicklung von Gewerbegebieten sollte nicht nur antizipiert, sondern durch vorausschauende Planung und Ansiedlungsförderung aktiv gesteuert werden. Erwartete Güterverkehre und resultierende Ladebedarfe sollten frühzeitig in Ansiedlungsentscheidungen einbezogen werden, sodass Lade- und Netzbedarfe sowie mögliche Synergien zwischen Unternehmen berücksichtigt werden können. So können Gewerbegebiete gezielter auf die Anforderungen batterieelektrischer Logistik vorbereitet und zukunftsfähig gestaltet werden.



D. Handlungsempfehlungen für System- und Lösungsanbietende

D

D.1

HANDLUNGSFELD D.1

Verlässliche und skalierbare Systemlösungen für den Depotbetrieb bereitstellen

System- und Lösungsanbietende müssen robuste, interoperable und skalierbare Lösungen bereitstellen, damit Ladeinfrastruktur, Fahrzeuge, Energiemanagement und logistische Planung im Depotbetrieb zuverlässig zusammenwirken.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
■ Robuste und skalierbare Ladeinfrastruktur für Logistikdepots entwickeln			
■ Systemintegration durch standardisierte Schnittstellen ermöglichen			
■ Betriebsdaten systemübergreifend nutzbar machen			

D.1.1 Robuste und skalierbare Ladeinfrastruktur für Logistikdepots entwickeln

› kurzfristig › mittelfristig › Ladeinfrastrukturhersteller › Fahrzeughersteller
› EMS- & TMS-Anbietende › Backend- & Kommunikationsanbietende
› Stakeholder Interviews › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Der Betrieb von E-Lkw und Ladeinfrastruktur in Logistikdepots unterscheidet sich deutlich von klassischen Pkw-Ladeanwendungen. Nutzfahrzeuge sind größer und schwerer, rangieren auf engen Flächen und werden je nach Betriebsablauf an Stellplätzen, Ladezonen oder Rampen geladen. Ladepunkte sind dadurch höheren mechanischen Belastungen und Beschädigungsrisiken ausgesetzt. Zudem müssen sie in bestehende Umschlags- und Sicherheitsbereiche integriert werden, ohne bestehende Betriebsabläufe zu beeinträchtigen.

Hinzu kommt, dass Ladeprozesse im Depot stark von Tourenplanung, Fahrzeugverfügbarkeit und Netzanschlussleistung abhängen. Diese Parameter ändern sich im weiteren Flottenhochlauf. Wenn Ladeinfrastruktur, Fahrzeuge und Energiemanagementsysteme diese betrieblichen Schwankungen nicht zuverlässig abbilden, entstehen Risiken für Fahrzeugverfügbarkeit, Betriebssicherheit und Erweiterbarkeit des Ladeparks.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Hardwareseitig sollten Ladepunkte, Anschlusstechnik und zugehörige Komponenten mechanisch robust, platzsparend und gegen typische Belastungen durch Rangier- und



Umschlagsprozesse geschützt ausgelegt werden. Hersteller von Ladeinfrastruktur sollten hierfür geeignete Bauformen, Schutzkonzepte und standortspezifische Installationsoptionen bereitstellen, etwa für Stellplätze, Ladezonen, Rampen oder zentrale Leistungseinheiten mit dezentralen Ladepunkten.

Softwareseitig sollten Ladeinfrastruktur, Fahrzeuge und Energiemanagementsysteme variable Ladeleistungen, unterschiedliche Standzeiten, priorisierte Abfahrten und begrenzte Netzanschlussleistungen verarbeiten können. Lademanagementsysteme sollten sowohl kurze, leistungsstarke Zwischenladungen als auch längere, netzschonende Depotladungen unterstützen. Bei längeren Standzeiten sollte die Ladeleistung so gesteuert werden, dass der erforderliche Ladezustand zur nächsten Abfahrt erreicht wird, ohne unnötige Lastspitzen zu erzeugen.

Systemlösungen sollten modular und skalierbar aufgebaut sein. Zusätzliche Ladepunkte, höhere Ladeleistungen, heterogene Fahrzeugflotten und neue Einsatzprofile sollten ohne grundlegende Systemwechsel integrierbar sein. Der im Projekt betrachtete Praxisfall zeigt diesen Bedarf exemplarisch, da dort kurze Zwischenladungen für Nacht-Shuttle und längere Depotladungen über Nacht parallel abgebildet werden müssen.

D.1.2 Systemintegration durch standardisierte Schnittstellen ermöglichen

› kurzfristig **› mittelfristig** **› Ladeinfrastrukturhersteller** **› Fahrzeughersteller**
› EMS- & TMS-Anbietende **› Backend- & Kommunikationsanbietende**
› Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Der Betrieb von E-Lkw erfordert das Zusammenspiel unterschiedlicher Systeme, darunter Disposition, Ladeinfrastruktur, Backend-Systeme, Lademanagement sowie weitere Anwendungen im operativen Betrieb. Damit diese Systeme technisch miteinander kommunizieren können, sind standardisierte Schnittstellen, Protokolle und Datenformate erforderlich. Wenn Standards und Protokolle uneinheitlich umgesetzt werden, entstehen projektspezifische Sonderlösungen, zusätzlicher Integrationsaufwand und Abhängigkeiten von einzelnen Anbietenden. Dies kann die Skalierbarkeit von Ladeparks einschränken und spätere Erweiterungen, Systemwechsel oder die Einbindung zusätzlicher Anwendungen erschweren.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

Im Projekt zeigte sich, dass die technische Integration unterschiedlicher Systeme wesentlich davon abhängt, ob Schnittstellen offen, sicher, skalierbar und ausreichend dokumentiert bereitgestellt werden. System- und Lösungsanbietende müssen daher Systemarchitekturen entwickeln, die eine verlässliche Kommunikation zwischen Ladeinfrastruktur, Backend-Systemen, Fahrzeugen, Energiemanagement und operativen Anwendungen ermöglichen.

Standards und Protokolle sind konsequent umzusetzen, damit technische Interoperabilität nicht erst im Einzelfall projektspezifisch hergestellt werden muss. Dadurch können Integrationsaufwände reduziert, unterschiedliche Systeme einfacher kombiniert und zukünftige Erweiterungen ohne grundlegende Systembrüche ermöglicht werden.

D.1



D.1.3 Betriebsdaten systemübergreifend nutzbar machen

› kurzfristig › mittelfristig › Ladeinfrastrukturhersteller › Fahrzeughersteller
› EMS- & TMS-Anbietende › Backend- & Kommunikationsanbietende
› Einschätzung Beirat › Einschätzung Praxisakteur

PROBLEMSTELLUNG:

Im Betrieb elektrischer Logistikflotten entstehen Daten aus Ladeinfrastruktur, Fahrzeugen, Energiemanagement, Backend-Systemen und operativen Anwendungen. Diese Daten liegen jedoch häufig in getrennten Systemen vor, sind uneinheitlich strukturiert oder für Logistikunternehmen nur eingeschränkt zugänglich. Dadurch bleibt ihr Nutzen für den operativen Betrieb begrenzt. Besonders problematisch sind intransparente Datenflüsse, fehlende Kennzahlen und hoher Integrationsaufwand in bestehende Betriebs-, Routen- und Dispositionssysteme.

LÖSUNG UND EMPFEHLUNG:

System- und Lösungsanbietende müssen Betriebsdaten zugänglich, verständlich und unmittelbar nutzbar bereitstellen. Datenflüsse sind transparent zu dokumentieren und über geeignete Schnittstellen in bestehende Betriebs-, Routen- und Dispositionssysteme einzubinden. Gleichzeitig müssen die Systeme an die konkreten Anforderungen des Logistikbetriebs angepasst werden können, etwa hinsichtlich Ladeplanung, Abrechnung, Energieverbräuchen, Belegungsinformationen, Kostenstellen oder Nutzergruppen.

Relevante Kennzahlen wie Ladezustände, Energieverbräuche, Kosten, Auslastung, Abweichungen und Störungen sollten in einem praxisgerechten Reporting aufbereitet werden. So können Daten für Ladeplanung, Dispatching, Abrechnung und Energiemanagement wirksam genutzt werden.



»Transformation gelingt, wenn wir gemeinsam vorausdenken.«

Impressum

Autorenschaft

Dipl.-Ing. Sönke Stührmann, Fraunhofer IFAM
Karl Glökler, Fraunhofer IFAM
Leandra Schmeißer, Fraunhofer IFAM
Carlo Montag, Fraunhofer IFAM
Marc Lüdcke, Fraunhofer IFAM
Fynn Welzel, ehemals Fraunhofer IFAM
Andreas Bong, IAEW RWTH Aachen
Simon Braun, IAEW RWTH Aachen
Marcel Porschen, ISB RWTH Aachen
Dr. Ralf Philipsen, HCIC RWTH Aachen
Julian Loh, Behrens-Wöhlk GmbH & Co. KG
Jan Pfisterer, Rhenus Home Delivery GmbH
Marlene Gieczinski, PSI Software SE
Dr. Hans-Thomas Nürnberg, PSI Software SE
Dr. Thomas Nobel, Deutsche GVZ-Gesellschaft mbH
Steffen Nestler, Deutsche GVZ-Gesellschaft mbH

Herausgeber und Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Sönke Stührmann
Konsortialleiter Projekt »Transportation in Charge«

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Abteilung Energiesystemanalyse
Wiener Straße 12
28359 Bremen

Soenke.stuehrmann@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de

Bildnachweis
Fotos: © AdobeStock

Gestaltung
Jens Oertel Design, Bremen

Diese Publikation ist im Rahmen des Förderprogramms »Erneuerbar Mobil« im Verbundprojekt »Transportation in Charge« erstellt worden. Sie ist kostenfrei erhältlich.

Erscheinungsdatum: August 2026







TRANSPORTATION IN CHARGE

www.ifam.fraunhofer.de/de/magazin/transportation-in-charge.html

www.ifam.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM