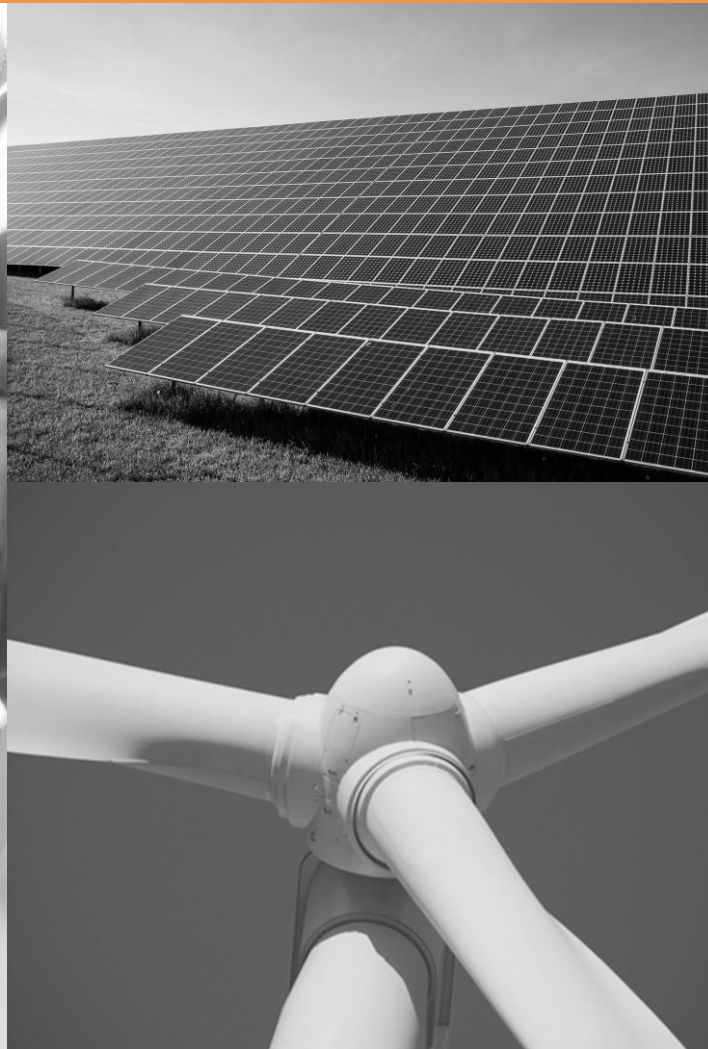




Standortfaktor Energienetze

Die Bedeutung der Stromnetzinfrastruktur für das Rheinland

für den

Logistikregion Rheinland e.V.

Düsseldorf

Autoren

Friederike Berger
Karsten Burges
Stefan Kippelt

Impressum

ef.Ruhr GmbH
Emil-Figge-Straße 76
44227 Dortmund

RE-xpertise
Bölschestr. 30
12587 Berlin



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Stefan Kippelt
Tel.: +49 (0)151 28062662
Mail: stefan.kippelt@efruhr.de
Web: www.efruhr.de

Auftraggeber:

Logistikregion Rheinland e.V.
Geschäftsstelle
c/o Industrie- und Handelskammer Düsseldorf

Dortmund, 07.01.2025



Kurzzusammenfassung

Hintergrund

Die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs ist ein zentraler Baustein zur Erreichung der deutschen Klimaziele und bietet erhebliche Potenziale für die Reduktion von Treibhausgasemissionen. Der Verkehrssektor, der aktuell einen erheblichen Anteil der nationalen Emissionen verursacht, steht vor der Herausforderung, seine CO₂-Emissionen bis 2045 weitestgehend vollständig zu vermeiden. In diesem Kontext rückt das Rheinland, als eine der bedeutendsten Logistikregionen Europas, in den Fokus. Die Region zeichnet sich durch ihre zentrale Lage und ihre hohe Dichte an Logistikunternehmen aus, was sie zu einem Schlüsselakteur in der Transformation des Straßengüterverkehrs macht.

Der vorliegende Bericht analysiert die Bedeutung der Stromnetz-Infrastruktur für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs im Rheinland. Im Mittelpunkt stehen die Herausforderungen und Potenziale, die sich aus der notwendigen Anpassung der Stromnetzinfrastruktur ergeben. Dabei wird insbesondere der zukünftige Energiebedarf, der Ausbau der Ladeinfrastruktur und die Netzanschlusskapazitäten untersucht. Ziel ist es, konkrete Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger, Netzbetreiber und Logistikunternehmen zu formulieren, um den Hochlauf der Elektromobilität effektiv zu gestalten.

Chancen und Herausforderungen

Die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs im Rheinland bringt zahlreiche Herausforderungen mit sich, bietet jedoch auch Chancen für die Region. Eine der zentralen Herausforderungen liegt in der Deckung des steigenden Strombedarfs und der Bereitstellung der dafür notwendigen Anschlusskapazität in den Verteilnetzen.

Aktuelle Studien gehen davon aus, dass der heutige Bestand an schweren Nutzfahrzeugen bis 2045 um ca. 17 % steigt und zugleich weitestgehend durch batterieelektrische Fahrzeuge ersetzt wird. Übertragen auf das Rheinland bedeutet dies ein Bestand von ca. 46 Tsd. batterieelektrischen schweren Nutzfahrzeugen (d.h. Sattelzugmaschinen und Lkw ab 3,5 t) bis 2035 und ca. 85 Tsd. Fahrzeuge bis 2045.

Bis 2035 ist zur Versorgung dieser Fahrzeuge ein zusätzlicher Elektrizitätsbedarf von etwa 5,5 TWh zu erwarten. Bis 2045 steigt dieser Bedarf auf ca. 8,8 TWh an, was einem geschätzten Anstieg von rund 15 % des heutigen Stromverbrauchs der

Region entspricht. Hohen Anteil trägt hierbei die Elektrifizierung von Sattelzugmaschinen, die sowohl hohen Fahrleistungen als auch hohe spezifische Stromverbräuche aufweisen.

Batterieelektrische schwere Nutzfahrzeuge sind zur Bewältigung ihrer (Transport-) Aufgaben auf eine Vielzahl verschiedener Ladeoptionen angewiesen. Im Langstrecken-Verkehr wird dieser Bedarf vor allem durch öffentliche Ladeinfrastruktur (d.h. Megawatt-Charging und Nachtladen) gedeckt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein Großteil des Ladebedarfs in oder am eigenen Depot oder Kunden-Depots gedeckt werden wird. Entsprechend fällt dem Depotladen eine entscheidende Rolle zu.

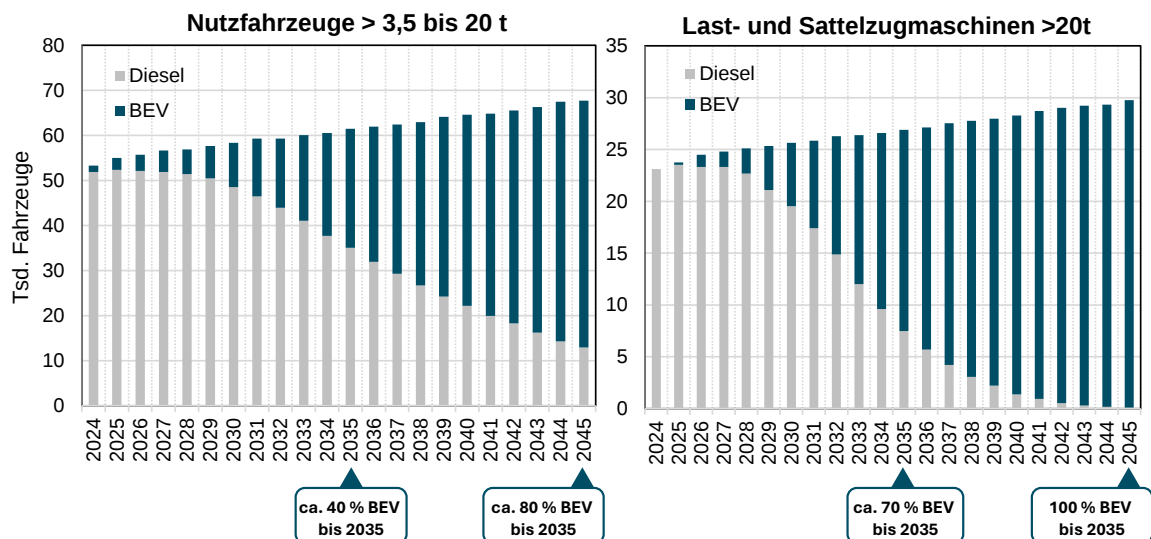


Abbildung 1: Erwarteter Bestand an Nutzfahrzeugen zwischen 3,5 und 20 t (links) sowie Last- und Sattelzugmaschinen ab 20 t (rechts) im Rheinland.

Zum Anschluss der hierfür notwendigen Ladeinfrastruktur ist im Rheinland bis 2035 ein zusätzlicher Netzanschlussbedarf von ungefähr 2,5 GVA notwendig. Dies entspricht in etwa der Leistung an Windenergieanlagen, die im Rheinland seit 2005 errichtet wurden. Bis 2045 steigt dieser Wert auf ca. 4 GVA an. Durch den Einsatz von Lademanagement kann dieser Wert geringer ausfallen – geringere Auslastungen der Ladeinfrastruktur können ihn erhöhen. Ein hoher zusätzlicher Netzanschlussbedarf betrifft mit 90 respektive 100 MVA die Städte Duisburg und Köln.

Ein Großteil des Netzanschlussbedarfs wird das Mittelspannungsnetz betreffen. Betriebe, die heute über einen Anschluss in der Niederspannung verfügen, werden zur Versorgung ihrer batterieelektrischen Fahrzeugflotte perspektivisch einen An-

schluss in der Mittelspannung, große Logistikbetriebe Anschlüsse in der darüberliegenden Umspannebene (d.h. die Verlegung eines eigenen Kabels bis zum nächsten 110-kV-Umspannwerk) benötigen.

Neben der Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs sind in vielen Logistikbetrieben auch weitere Veränderungen zu erwarten. Der Ausbau von Photovoltaikanlagen auf Logistikimmobilien, die Dekarbonisierung der Gebäudewärme sowie die zunehmende Automatisierung in der Lagerlogistik erhöhen den Strombedarf weiter. Diese parallelen Entwicklungen bieten Potenziale für Synergien, erhöhen den Netzananschlussbedarf jedoch zusätzlich.

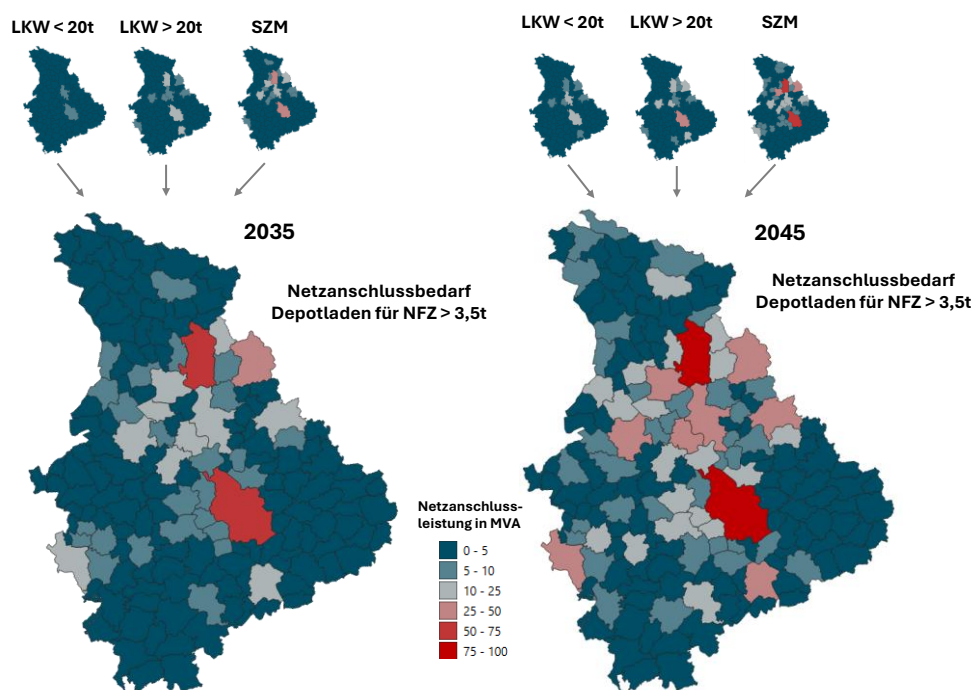


Abbildung 2: Regionale Verortung des Netzan Anschlussbedarfs für das Depotladen bis 2035 (links) und 2045 (rechts).

Neben der Logistikbranche stehen auch andere Sektoren vor tiefgreifenden Veränderungen. Parallel werden weitere neue Lasten wie Wärmepumpen, Speicher und Rechenzentren hinzukommen. Dieser Vergleich zeigt, dass der Anschlussbedarf der erwarteten Verbraucher eine große Herausforderung für die Verteilnetzbetreiber (und auch den Übertragungsnetzbetreibern) sein kann. Die derzeit bereits zu beobachtenden Berichte über lange Realisationszeiten für Netzan Anschlüsse (siehe z.B. [14]) dürften mittelfristig bestehen bleiben. Der steile Teil der Wachstumskurven liegt in den Jahren nach 2030. Das Risiko, dass der Hochlauf der Elektromobilität durch den Mangel an Ladeinfrastruktur behindert wird, wird sich vor allem in der ersten Hälfte des nächsten Jahrzehnts manifestieren.

Hemmnisse und Lösungsansätze

In der Analyse wurden eine Reihe von Unsicherheiten und Hemmnissen mit Bezug zur Ladeinfrastruktur herausgearbeitet, die den Logistikunternehmen den Systemwechsel zur Elektromobilität im Straßengüterverkehr erschweren. Neben der zahlenmäßigen Analyse stützt sich das Ergebnis dabei auf Interviews, die im Jahr 2024 mit mehreren Unternehmen aus der Logistikbranche, Netzbetreibern und Interessenverbänden durchgeführt wurden.

Die identifizierten Hemmnisse werden nur dann adäquat adressiert werden, wenn alle beteiligten Akteure ihren Teil zum Gelingen des Wandels beitragen. Auch wenn den Logistikunternehmen die Hauptrolle zukommt, können sie die Herausforderung nur mit aktiver Unterstützung anderer Akteure bewältigen. Zu nennen sind hier vor allem:

- Entwickler und Eigentümer von Gewerbestandorten
- Netzbetreiber
- Gemeinden und Behörden
- Politik und Regulierung

Zusammenfassend umschreiben sechs Fragen die Unsicherheiten. Die folgende Auflistung deutet auch an, welche Akteure idealerweise zu den Lösungsansätzen beitragen.

➤ **Technologiewechsel – Wann und welcher?**

Der Umstieg auf Elektromobilität erfordert hohe Anfangsinvestitionen. Wie wirtschaftlich diese sind, hängt von externen Faktoren ab, die weit in die Zukunft reichen. Deren künftige Entwicklung ist für die Unternehmen schwer abschätzbar. Beispiele sind Preis- und Kostenentwicklungen bei Fahrzeugen und Strom sowie sich ändernde politische Rahmenbedingungen, die technologiespezifische Anreize setzen. Dazu kommen die Änderungen der betrieblichen Abläufe, die durch die verschiedenen Ladeoptionen erzwungen werden und zu denen noch wenig Erfahrungen vorliegen. Diese Unsicherheiten führen bei einem Teil der Unternehmen zu einer abwartenden Haltung.

Lösungsansätze: Für die erforderliche unternehmerische Entscheidung müssen die **Logistikunternehmen** selbst treffen. Ein verlässliches und förderliches **politisches Umfeld** dafür allerdings eine Grundvoraussetzung. Die Festlegung auf ein Zielsystem (z.B. Technologie: batterie-elektrische Antriebe, Infrastruktur: europaweite, bedarfsgerechte öffentliche Ladepunkte,

Konsistenz: Abgleich der politischen Zielstellungen und Kommunikation über alle Ebenen) vermindert bestehende Unsicherheiten. Die nötigen Anpassungen der Abläufe und Prozesse müssen durch die **Logistikunternehmen** vor allem zu Beginn der Hochlaufphase als Lernprozess begriffen und pragmatisch angegangen werden.

➤ **Bewirtschaftung von Ladeinfrastruktur – Wer macht was?**

Logistikunternehmen müssen nicht zwingend selbst die Verantwortung für die Errichtung von Ladeinfrastruktur übernehmen. Eine ausschließliche Nutzung der Ladeinfrastruktur nur durch eigene Fahrzeuge wird ohnehin die Ausnahme sein. Viele Transportunternehmen stellen Dienstleistungen für Dritte bereit. Depotladen bedeutet in diesem Fall Laden beim Kunden. Die gemeinschaftliche Nutzung von Ladepunkten, die durch Dritte errichtet und bewirtschaftet werden, bietet potenzielle wirtschaftliche Vorteile und kann unternehmerische Risiken mindern. Als Akteure kommen die Eigentümer der Gewerbegrundstücke oder externe Servicedienstleister in Betracht (Charge Point Operators, CPO). Die komplexen rechtlichen und steuerlichen Konsequenzen, die dabei berücksichtigt werden müssen, stehen einem pragmatischen Ansatz in der Hochlaufphase allerdings im Weg.

Lösungsansätze: Die Abwägung eine darauf aufbauende informierte Entscheidung setzen eine frühzeitige Kommunikation und verbindliche Abstimmung aller Beteiligten auf einem Standort voraus. **Logistikunternehmen, Grundstückseigentümer, Betreiber von Gewerbegebieten** und idealerweise potentielle **externe Dienstleister** müssen gemeinsam das bevorzugte Konzept definieren und die damit verbundenen, teils komplexen Schnittstellenaspekte adressieren, bevor Fakten geschaffen werden.

Vor allem aber müssen auf **politischer Ebene** bestehende, z.T. hohe rechtliche, steuerliche und bürokratische Hürden für die Bereitstellung von Ladestrom an Dritte abgebaut werden.

Da die Auswirkungen dieser Entscheidung ggf. raumplanerische Auswirkungen jenseits der Grundstücksgrenzen ist eine aktive Beteiligung der **Kommunen** dringend zu empfehlen.

➤ **Bedarfsermittlung – Wieviel Leistung braucht es?**

Die erforderliche Ladeleistung hängt von der Anzahl der Fahrzeuge und deren Einsatzprofilen sowie vom Lademanagement ab. Das bedeutet auch, dass sie sich während des Hochlaufs stetig ändert. Gerade in der frühen

Phase des Umstiegs verfügen die Logistikunternehmen über wenig Erfahrungen, so dass eine effiziente und auf lange Sicht wirtschaftliche Dimensionierung des Netzanschlusses eine Herausforderung darstellt.

Lösungsansätze: Die **Logistikunternehmen** müssen die Anforderungen, die sich aus ihren individuellen Abläufen und Fahrprofilen durch das Laden ergeben verstehen lernen. Vor allem die möglichen Effizienzgewinne durch Lademanagement können nur dann ausgeschöpft werden, wenn die Einführung der Elektromobilität durch ein systematisches Monitoring begleitet wird. Es kann sinnvoll sein, dazu externe fachliche Unterstützung einzuholen. Der Austausch mit anderen Unternehmen ist aber mindestens ebenso wichtig. Wenn das Laden gemeinschaftlich organisiert ist oder an externe **Dienstleister** ausgelagert ist, müssen sich diese an Monitoring und Auswertung beteiligen. Da sich die Freiheitsgrade bei der Gestaltung des Ladens mit dem Hochlauf verbessern, sollte dieser Lernprozess langfristig angelegt werden.

➤ **Umsetzungsfristen Netzanschluss – Wann beginnt für wen die Planung?**

Die Dimensionierung der bestehenden Netzanschlüsse der Logistikunternehmen wird nur in wenigen Ausnahmefällen ausreichen, um Nutzfahrzeugflotten laden zu können. In der strategischen Planung berücksichtigen die Netzbetreiber die langfristig erwartete Zunahme neuer Lasten wie Elektromobilität oder Wärmepumpen. Ein konkreter Kundenanschluss wird aber erst dimensioniert, geplant und gebaut, wenn ein konkretes Netzanschlussbegehren vorliegt. Die Umsetzungsfrist hängt davon ab, wie weitreichend und komplex die Änderungen sind, die für die Einbindung der Kundenanlage in das Netz erforderlich sind. Der Netzanschlussvertrag muss theoretisch geschlossen werden, lange bevor der tatsächliche Bedarf besteht.

Netzinfrastuktur kann zudem nicht inkrementell erweitert werden. Der Wechsel von einem Netzanschlusskonzept auf ein anderes (Anschluss an eine höhere Netzebene) bringt erhebliche Kosten mit sich.

Der Ausbau der Netzinfrastuktur sollte in jedem Fall zwischen Nachbarn koordiniert werden. Andernfalls drohen Ineffizienzen (z.B. mehrfache Tiefbauarbeiten und erhebliche Mehrkosten für Anschlussnehmer, die einen Anschluss beantragen, nachdem die vorhandene Kapazität kurz zuvor ausgeschöpft wurde).

Die Qualität von Planung und Anschlussanfrage unter Ausschöpfung der vorhandenen und zukünftig geschaffenen Gestaltungsoptionen (beispielsweise detailliertes Ladeinfrastrukturkonzept, Lademanagement, Erweiterbarkeit oder flexible Netzanschlussvereinbarungen) verringern die Kosten und erhöhen die Geschwindigkeit in der Planung und der Umsetzung.

Lösungsansätze: **Logistikunternehmen** müssen eine Vorstellung vom Zielsystem entwickeln, so dass ein Wechsel von Netzanschlusskonzepten vermieden werden kann. Die Möglichkeiten, die ein Lademanagement zur Begrenzung der Netzanschlussleistung bietet, müssen dabei von Anfang an mitgedacht werden. Der für das Laden erforderliche Netzanschluss sollte frühzeitig beantragt werden. Ein enger Austausch mit dem Netzbetreiber hilft, den Prozess zu steuern.

Netzbetreibern kommt die Verantwortung zu, das knappe Gut, das die Netzkapazität unweigerlich darstellt, effizient zu bewirtschaften und dabei die spezifischen Sachzwänge, denen die Logistikunternehmen ausgesetzt sind, zu berücksichtigen. Bestrebungen, die im Netz gegebenen freien Kapazitäten anteilig so zu vergeben, dass starke Verwerfungen vermieden werden, die sich lediglich aus dem Zeitpunkt des Anschlussantrags ergeben, sind vielversprechend. Auch alle Möglichkeiten, Transparenz und Kommunikation zwischen den Akteuren an Logistikstandorten zu unterstützen, sollten ausgeschöpft werden.

Netzbetreiber unterliegen als natürliche Monopole der Regulierung durch die Bundesnetzagentur (BNetzA). Die Regulierung wird durch den Gesetzgeber und die BNetzA stetig weiterentwickelt. Die Netzbetreiber sollten in ihrer Interessenvertretung die Belange ihrer Kunden, in diesem Fall der Logistikbranche, reflektieren und in die Kommunikation einfließen lassen. Auch dafür braucht es einen regelmäßigen Austausch mit den Unternehmen.

➤ **Investitionen in Netzanschluss und Ladeinfrastruktur – Woher kommt die Finanzierung?**

Die für das Errichten der Ladeinfrastruktur erforderlichen Anfangsinvestitionen sind hoch. Die Unternehmen müssen nicht nur die Mittel für die Errichtung der Ladepunkte aufbringen, sondern auch für die Herstellung des Netzanschlusses. Selbst, wenn das mit den Investitionen verbundene wirtschaftliche Risiko gering wäre, stellt die Höhe der finanziellen Vorleistungen für die Branche eine Herausforderung dar.

Lösungsansätze: Die **Logistikunternehmen** können das Hemmnis an sich kaum ausräumen, sondern müssen damit umgehen. Eine abwartende Haltung verspricht wenig Nutzen. Wünschenswert wäre eine nachhaltige Investitionsförderung, z.B. durch Bürgschaften oder zinsgünstige Kredite. Dafür müssen vor allem auf der **politischen Ebene** Entscheidungen getroffen und geeignete politische Instrumente implementiert werden.

➤ **Netzanschlussbedingungen und regulatorische Vorgaben – Was gilt es zu beachten?**

Bei vielen der aufgeworfenen Fragen ist eine fachliche, juristische und steuerliche Beratung unerlässlich. Dies gilt vor allem bei allen Formen der gemeinsamen Nutzung von Ladeinfrastruktur. Auch die gesetzlichen energiewirtschaftlichen Anforderungen sowie die technischen Anschlussbedingungen der Netzbetreiber unterliegen einem permanenten Wandel. Für die Unternehmen ist es herausfordernd, den Überblick über die aktuell geltenden Regelungen zu behalten.

Lösungsansätze: Für die **Logistikunternehmen** ist es unerlässlich, sich fachlich gut zu informieren und beraten zu lassen. Da die Regularien und Vorschriften komplex sind, zugleich aber für viele Beteiligte gelten, macht es Sinn, einen strukturellen, brancheninternen Informationsaustausch zu organisieren.

Die Tatsache, dass die verschiedenen Regelwerke stetig weiterentwickelt werden, bietet zugleich die Chance Einfluss auf den Prozess zu nehmen. Hierzu sollte die **Branche über ihre Verbände und Vertretungen** gegebene gemeinsame Interessen mit anderen Branchenorganisationen identifizieren und vorzugsweise gemeinsam artikulieren.

Die skizzierten Lösungsansätze zielen im Kern auf einen stetigen Abgleich des Bedarfs an Ladeleistung mit der verfügbaren Netzanschlusskapazität und berühren die

verschiedenen Akteure in unterschiedlicher Weise. Die damit verbundenen Herausforderungen für die Logistikbranche lassen sich drei Spannungsfeldern zuordnen, die durch die identifizierten Lösungsansätze nur zum Teil ausgeräumt werden können.

- Elektrische Netze werden nicht ‚auf Vorrat‘ gebaut. Für die Verteilnetzbetreiber ist ein konkretes Netzanschlussbegehren die Voraussetzung für die Entwicklung der Infrastruktur. Planung, Genehmigung und Umsetzung umfangreicherer Maßnahmen kann 5 bis zu 10 Jahre betragen, in ungünstigen Fällen auch mehr. Für Logistikunternehmen ist es schwer, Verbindlichkeiten für Maßnahmen einzugehen, deren Umsetzung und Amortisation weit in der Zukunft liegt. Dieser Aspekt wird dadurch verstärkt, dass übliche Abschreibungsdauern für Investitionsgüter in der Logistikbranche bei wenigen Jahren liegen, die Abschreibungszeiträume für elektrische Betriebsmittel der Netzbetreiber aber mehrere Jahrzehnte überspannen.

- Für die Hochlaufphase wäre es wünschenswert die Netzanschlussleistung inkrementell mit dem Bedarf zu steigern. Die Entwicklung der elektrischen Infrastruktur erfolgt aber technisch bedingt in größeren Schritten. Netzanschlüsse können nicht beliebig skaliert werden. Es gibt Niveaus, ab denen ein vorhandener Anschluss nicht mehr weiter ausgebaut werden kann, sondern durch einen neuen, stärkeren ersetzt werden muss. Investitionsentscheidungen in Netzanschlusskapazität stellen deshalb eine Planungsherausforderung dar und bergen ein Risiko – durchaus auch, wenn dabei zu zurückhaltend vorgegangen wird.
- In vielen Fällen sind die Logistikunternehmen nur Nutzer und nicht Eigentümer der Flächen. Die Infrastruktur eines Gewerbegebietes wird durch den Eigentümer und / oder Entwickler des Gebietes geplant und bereitgestellt. Netzanschlüsse für das Laden von E-Lkw erfordern deutlich höhere Leistungen als die bisherigen Lasten auf Logistikflächen. Im Planungsstadium ist aber nicht sicher absehbar, welche Unternehmen die Flächen in welcher Weise nutzen werden. Entwickler müssen die langfristigen Änderungen mitdenken und in einer Weise in Vorleistung gehen, die bisher so nicht erforderlich war.

Gerade weil diese grundsätzlichen Spannungsfelder nicht vollständig aufgelöst werden können, ist es wichtig, während der Hochlaufphase alle Optionen zu nutzen, mit denen die Unsicherheiten und Risiken minimiert und beherrscht werden können. Wenn der Übergang zur Elektromobilität im Straßengüterverkehr erst einmal vollzogen ist, verlieren die Spannungsfelder an Bedeutung.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	14
1 Hintergrund und Ziele	15
2 Elektromobilität im Straßengüterverkehr – Chancen und Potentiale für die Region Rheinland	16
2.1 Status quo und aktuelle Entwicklung	16
2.2 Hochlaufszenarien für die Elektromobilität im Straßengüterverkehr	19
2.3 Netzanschlusskonzepte	28
2.4 Einordnung und weitere Trends	30
2.5 Räumliche Situation im Rheinland	34
3 Hemmnisse und Lösungsansätze	38
3.1 Technologiewechsel – Wann und welcher?	39
3.2 Bewirtschaftung von Ladeinfrastruktur – Wer macht was?	41
3.3 Bedarfsermittlung – Wieviel Leistung braucht es?	43
3.4 Umsetzungsfristen Netzanschluss – Wann beginnt für wen die Planung?	47
3.5 Investitionen in Netzanschluss und Ladeinfrastruktur – Woher kommt die Finanzierung	51
3.6 Netzanschlussbedingungen und regulatorische Vorgaben	53
4 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	54
4.1 Schlussfolgerungen	54
4.2 Handlungsempfehlungen	55
Literaturverzeichnis	59
Danksagung	61

Abkürzungsverzeichnis

CCS	Combined Charging System
DC	Direct Current / Gleichstrom
DCS	Depot Charging System / Depotladen
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
HS	Hochspannung
kW	Kilowatt
MCS	Megawatt Charging System
MS	Mittelspannung
MVA	Megavoltampere
MW	Megawatt
NCS	Night Charging System / Übernachtladen
NS	Niederspannung
TCO	Total Cost of Ownership
zIGg	Zulässiges Gesamtgewicht

1 Hintergrund und Ziele

Das Rheinland hat eine herausragende Bedeutung für den Güterverkehr in Europa. Diese Region ist ein zentraler Verkehrsknotenpunkt, sowohl für den Straßen-, Schienen- als auch den Schiffsverkehr. Etwa 11% der in Deutschland gemeldeten schweren Nutzfahrzeuge entfallen auf diese Region.

Die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs ist eine essentielle Komponente zur Erreichung der deutschen und europäischen Klimaziele und ist auf verschiedenen Ebenen durch Gesetze und Normen festgeschrieben. Aktuelle Studien gehen davon aus, dass der Elektrifizierung des Sektors durch batterieelektrische Fahrzeuge dabei die bedeutendste Rolle zukommen wird. Die Studie „Klimaneutrales Deutschland“ [1] misst der Antriebswende im Güterverkehr einem Reduktionspotenzial von 53 Mio. Tonnen CO₂ bis 2040 bei. Dies entspricht 8 % der deutschen Treibhausgasemissionen im Jahr 2023.

Damit dies erfolgreich umgesetzt werden kann, muss das Angebot an Ladeinfrastruktur auch für Nutzfahrzeuge entsprechend ausgebaut werden. Außer einem bedarfsgerechten Netz an Schnellladestationen entlang der Hauptverkehrsrouten, werden auch Lademöglichkeiten in den Logistikzentren benötigt. Aktuelle Prognosen (siehe [2], [3]) gehen davon aus, dass über die Hälfte der benötigten Ladeenergie direkt in den Depots bezogen wird.

Dieser erhöhte Strombedarf erfordert an den Standorten gegenüber dem Status Quo eine signifikante Steigerung der Netzanschlusskapazität. Mangelnde Netzkapazität kann die Transformationsziele der Branche gefährden oder zumindest deren Erreichung verzögern. Zugleich stellen derartige Hemmnisse für die Logistikunternehmen wirtschaftliche Risiken dar. Die Netzanschlusskapazität wird somit zu einem entscheidenden Standortfaktor für Logistikzentren und muss frühzeitig in die Planungen einbezogen werden. Auf der anderen Seite müssen Netzbetreiber Entwicklungen und Bedarfe der Logistikbranche berücksichtigen und den zukünftigen Netzausbau vorrausschauend gestalten.

Ziel dieser Studie ist es die aus Sicht der Logistikbranche drängenden Herausforderungen im Bereich der elektrischen Ladeinfrastruktur für das Rheinland, aber auch darüber hinaus, aufzuzeigen. Aus den Ergebnissen quantitativer Analysen sowie einer Vielzahl von Interviews mit verschiedenen Stakeholdern werden Handlungsempfehlungen für verschiedene Zielgruppen abgeleitet..

2 Elektromobilität im Straßengüterverkehr – Chancen und Potentiale für die Region Rheinland

2.1 Status quo und aktuelle Entwicklung

Die Logistikbranche im Rheinland

Die Logistikbranche spielt im Rheinland (Regierungsbezirke Düsseldorf und Köln) eine bedeutende Rolle. Ende 2020 waren in Nordrhein-Westfalen ca. 400 Tsd. sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Bereich Transport und Logistik tätig, was 5,6 % aller Beschäftigten im Land entspricht [4]. Ein substanzieller Anteil der Beschäftigten arbeitet dabei im Rheinland, das aufgrund seiner zentralen Lage, sowohl im Straßengüterverkehr als auch im Schienen- und Schiffsverkehr eine bedeutende Position in Europa einnimmt. Städte wie Duisburg (9,7 %), Mönchengladbach (8,5 %) oder der Rhein-Kreis Neuss (7,3 %) weisen besonders hohe Beschäftigungsanteile im Logistiksektor auf.

Entsprechend ist die Anzahl der Unternehmen in der Logistikbranche hoch. In Nordrhein-Westfalen gibt es rund 24.000 Unternehmen, die einen Umsatz von 60 Milliarden Euro erwirtschaften [5]. Viele Unternehmen sind dabei entlang des Rheins angesiedelt. Weitere Schwerpunkte befinden sich im Raum Aachen und Mönchengladbach (siehe Abbildung 2-1).

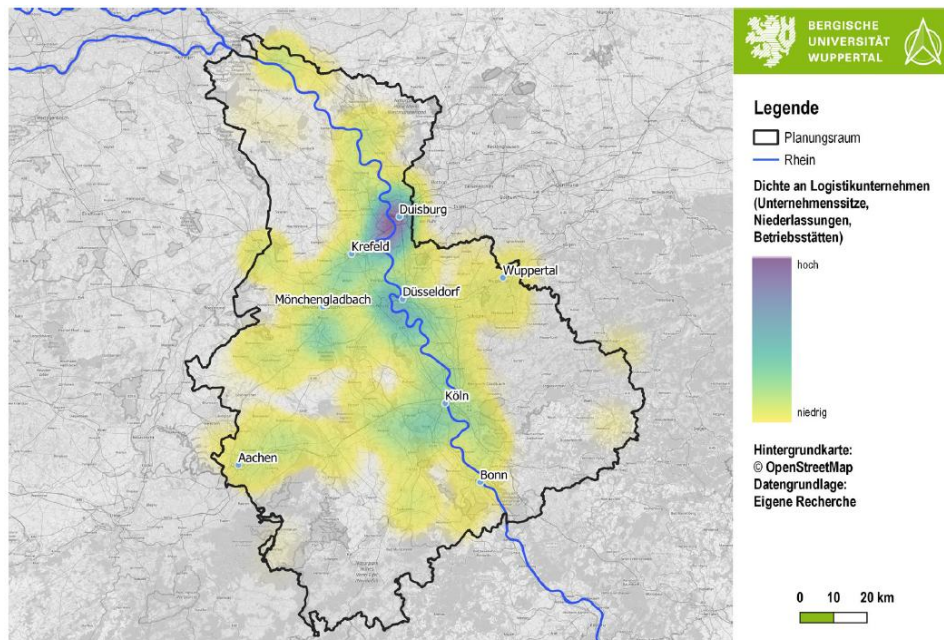


Abbildung 2-1: Räumliche Verteilung von Logistikunternehmen im Rheinland. Quelle: [6]

Im Rheinland waren im Jahr 2024 ca. 76 Tsd. schwere Nutzfahrzeuge (d.h. im Kontext dieser Untersuchung Sattelzüge und Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht >3,5t) gemeldet [7]. Die Zulassungszahlen teilen sich etwa hälftig auf die Regierungsbezirke Düsseldorf und Köln auf. Etwa ein Drittel der gemeldeten schweren Nutzfahrzeuge sind Sattelzüge (vgl. Abbildung 2-2). Land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge, leichte Nutzfahrzeuge (zLGg. ≤ 3,5 t) sowie Kraftomnibusse werden im Rahmen dieser Analyse nicht behandelt.

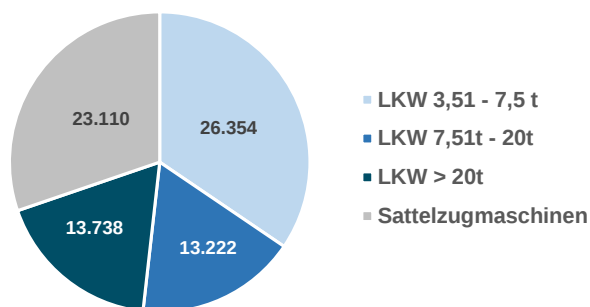


Abbildung 2-2: Bestände an schweren Nutzfahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 3,5 t im Rheinland im Jahr 2024.

Zur Erreichung der deutschen Klimaziele muss (neben vielen weiteren Sektoren) auch der Bestand der schweren Nutzfahrzeuge bis spätestens 2045

weitestgehend dekarbonisiert werden. Trotz der Tatsache, dass im Jahr 2024 deutschlandweit lediglich circa 500 batterieelektrische Sattelzüge und zirka 16.000 batterieelektrische Lkw (auch <3,5 t) zugelassen wurden [8] wird eine deutliche Zunahme des batterieelektrischen Lkw-Bestandes erwartet.

Eine grundsätzliche Herausforderung beim Einsatz schwerer Nutzfahrzeuge stellt dabei die Verfügbarkeit eines ausreichend dichten Netzes an Ladeinfrastruktur dar. Aufgrund der, im Vergleich zur täglichen Fahrleistung, geringen Reichweite vieler Fahrzeuge sind batterieelektrische Fahrzeuge, je nach Anwendungsfall und Fahrzeug, auf eine Vielzahl an Lademöglichkeiten angewiesen. Die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur¹ listet daher sieben Ladeszenarien für schwere Nutzfahrzeuge auf. Diese sind:

- Eigenes Betriebsgelände (1)
- Fremdes Betriebsgelände (2) z.B. beim Be- oder Entladen oder das Laden an Umschlagpunkten/Güterverteilzentren (4)
- Mobile Ladepunkte (3), bspw. für Baustellenfahrzeuge
- Öffentliche Lade-Hubs in Gewerbegebieten (5)
- Öffentliches Nachtladen (6) oder Zwischenladen (7) an Verkehrsachsen

Insbesondere die letzten beiden Ladeszenarien wurden Ende des Jahres 2024 von der Autobahn GmbH in Form eines initialen Lkw-Ladenetzes für schwere Nutzfahrzeuge angegangen (Details siehe [9]). In einer ersten Ausschreibungsrunde wurden dabei die ersten 130 von insgesamt 350 geplanten Lkw-Ladestandorten ausgeschrieben. Insgesamt soll das Ladenetz ca. 1.800 MCS-Ladepunkte mit mindestens 800 kW Ladeleistung und weitere 2.400 CCS-Ladepunkte umfassen. Zusätzlich soll dabei auch auf die Stromversorgung von Transportkälteaggregaten geachtet werden. Im Rheinland sind dabei 23 Standorte vorgesehen (siehe Abbildung 2-2). Etwa die Hälfte der Standorte sind dabei Doppel-Standorte, die auf beiden Autobahnseiten jeweils gegenüber angeordnet sind. Der leistungsstärkste Standort befindet sich bei Rheinbach und weist eine Netzanschlussleistung von ca. 15 MVA auf. Dies ermöglicht beispielsweise das zeitgleiche Laden von ca. 13 E-Lkw einer Leistung von 1.000 kW (Megawatt Charging).

¹ Siehe <https://nationale-leitstelle.de/nutzfahrzeuge/>

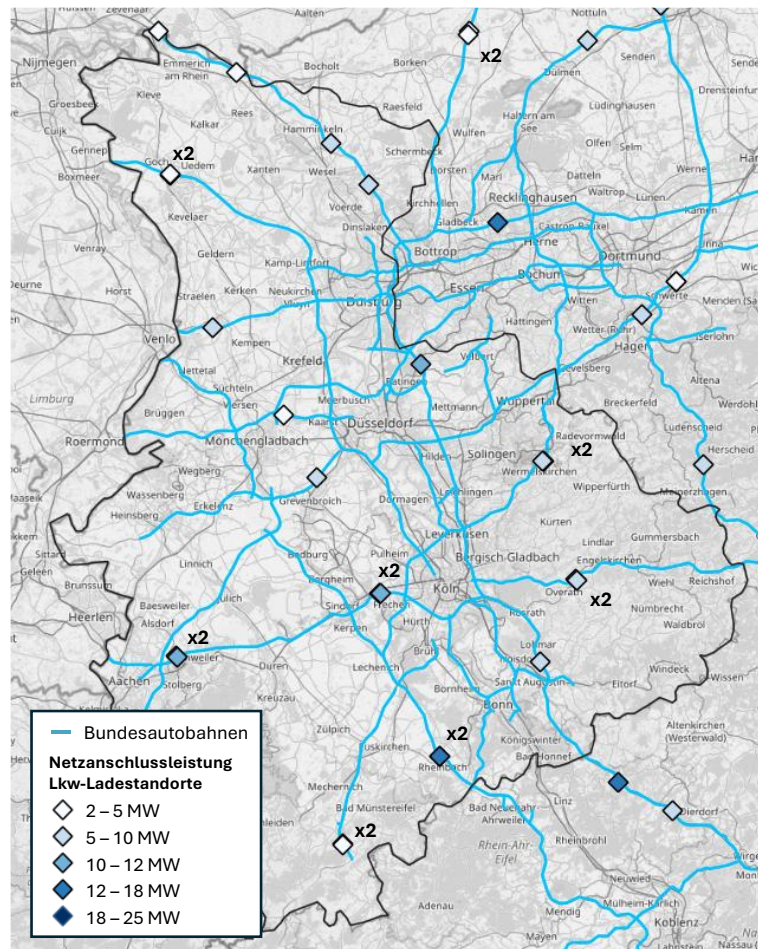


Abbildung 2-3: Geplantes Lkw-Schnellladenetz im Rheinland.

2.2 Hochlaufszzenarien für die Elektromobilität im Straßengüterverkehr

Das Rheinland hat eine herausragende Bedeutung für den Güterverkehr in Europa. Diese Region ist ein zentraler Verkehrsknotenpunkt, sowohl für den Straßen- und den Schienenverkehr als auch die Binnenschifffahrt. Günstige Anbindungen an den Rhein als bedeutendste Wasserstraße Europa sowie der Zugang zu wichtigen Europäischen Hauptstrecken des Schienen-Güterverkehrs machen das Rheinland zu einer der wichtigsten Logistik-Regionen in Deutschland. Allein in den Regierungsbezirken Düsseldorf und Köln sind ca. 10 % des deutschen Bestandes an Sattelzugmaschinen sowie 9 % der Lastkraftwagen > 7,5t gemeldet.

Die angestrebte Klimaneutralität bis 2045 erfordert eine umfassende Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass batterieelektrische Antriebskonzepte eine zentrale Rolle bei dieser

Transformation spielen werden. Antriebskonzepte, die auf Brennstoffzellen, Oberleitungen oder alternativen Kraftstoffen basieren, zeigen in jüngeren Untersuchungen einen deutlich geringeren Anteil am Technologiemark der Nutzfahrzeuge (vgl. z.B. [2], [10]).

Im Falle des Einsatzes von Wasserstoff und alternativen Kraftstoffen wird dies zumeist mit der vergleichsweise geringen Energieeffizienz und damit einhergehend hohen Betriebskosten begründet. Einige Studien gehen für den Güterfernverkehr bei besonders langen Fahrstrecken von einem begrenzten Anteil von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen aus (in [10] bspw. 10% des Absatzes bis 2030). Dennoch berichten Logistikunternehmen, dass die Beimischung alternativer Kraftstoffe insbesondere bei schweren Nutzfahrzeugen aktuell für sie noch die wirtschaftlichste Variante ist, um klimaneutralere Transportlösungen anbieten zu können. Insofern sind alternative Kraftstoffe für eine Reduzierung des CO₂-Ausstoßes im Verkehr eine Übergangslösung.

Im Falle von Hybrid-Oberleitungs-Konzepten stellt der hohe (internationale) Infrastrukturbedarf eine wesentliche Hürde dar. Hersteller äußern sich zu dieser technischen Option größtenteils verhalten (vgl. [10]).

Jüngste Untersuchungen stimmen darin überein, dass der Großteil alternativer Antriebskonzepte durch batterieelektrische Fahrzeuge realisiert wird. Als Referenz für die folgenden Untersuchungen wird daher das Szenario „recharge 2035“ der Studie „StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs“ [2] aus dem Jahr 2023 verwendet. In diesem Szenario steht ab dem Jahr 2035 eine flächendeckende und bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Die Ergebnisse dieses Szenarios werden in dieser Untersuchung auf die Gegebenheiten des Rheinlands (Regierungsbezirke Düsseldorf und Köln) adaptiert. Dabei werden sowohl die Substitutionsquote zugunsten batterieelektrischer Fahrzeuge als auch ein allgemeiner Zuwachs der Transportleistung und damit einhergehend auch des Fahrzeug-Gesamtbestandes für das Rheinland zugrunde gelegt. Als Grundlage dienen dabei die im Rheinland zugelassenen Nutzfahrzeuge zum 01.01.2024.

Im Ergebnis ergibt sich hierbei eine Anzahl von 26 Tsd. batterieelektrischen Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht zwischen 3,51 t und 20 t bis 2035 (43 % des Gesamtbestandes) bzw. 55 Tsd. Fahrzeuge bis 2045 (siehe Abbildung 2-4).

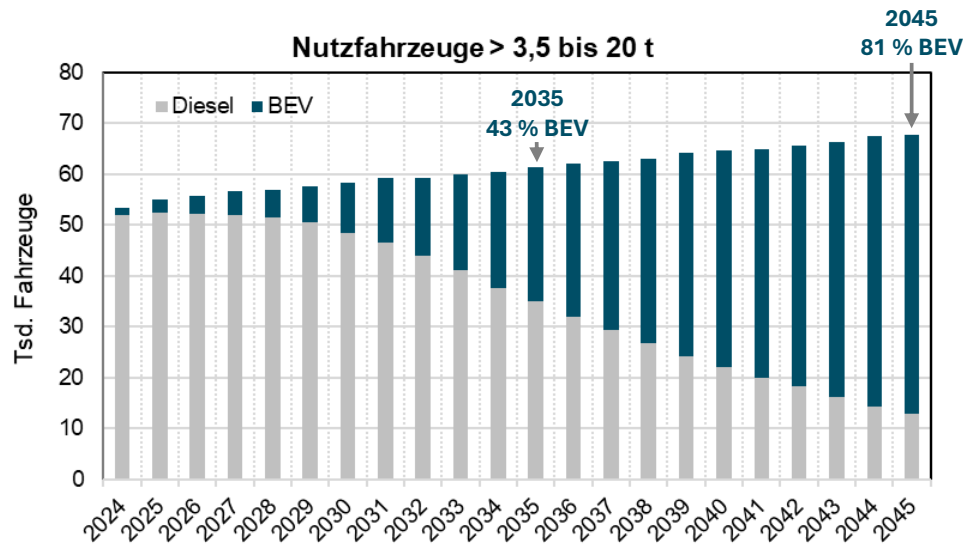


Abbildung 2-4: Prognostizierter Bestand batterieelektrischer Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht zwischen 3,51 und 20t im Rheinland.

Für Sattelzugmaschinen sowie Lastkraftwagen ab 20 t wird eine schnelle Substitution der Fahrzeuge prognostiziert (siehe Abbildung 2-5). Dies liegt vor allem darin begründet, dass diese Fahrzeuge mit ca. 4 bis 5 Jahren deutlich geringere Haltedauern vorweisen als Fahrzeuge geringerer Gewichtsklassen. Zusätzlich kommt der erwartete Kostenvorteil batterieelektrischer Fahrzeuge durch die höhere Fahrleistung bei Last- und Sattelzügen eher und deutlicher zum Tragen, sodass die Kaufentscheidung früher zugunsten batterieelektrischer Fahrzeuge ausfällt. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Verfügbarkeit batterieelektrischer Fahrzeuge, insbesondere im Schwerlastbereich, noch deutlich dem prognostizierten Bedarf hinterherläuft. Darüber hinaus steigt durch das Eigengewicht der Traktionsbatterie das Leergewicht der Fahrzeuge, was zu Lasten der Nutzlast gehen kann.

Neben der Elektrifizierung des Bestandes prognostiziert das verwendete Szenario eine allgemeine Steigerung der Güterverkehrsleistung i.H.v. +17 % bis 2035 und +29% bis 2045, die sich in entsprechend steigenden Bestandszahlen niederschlägt.

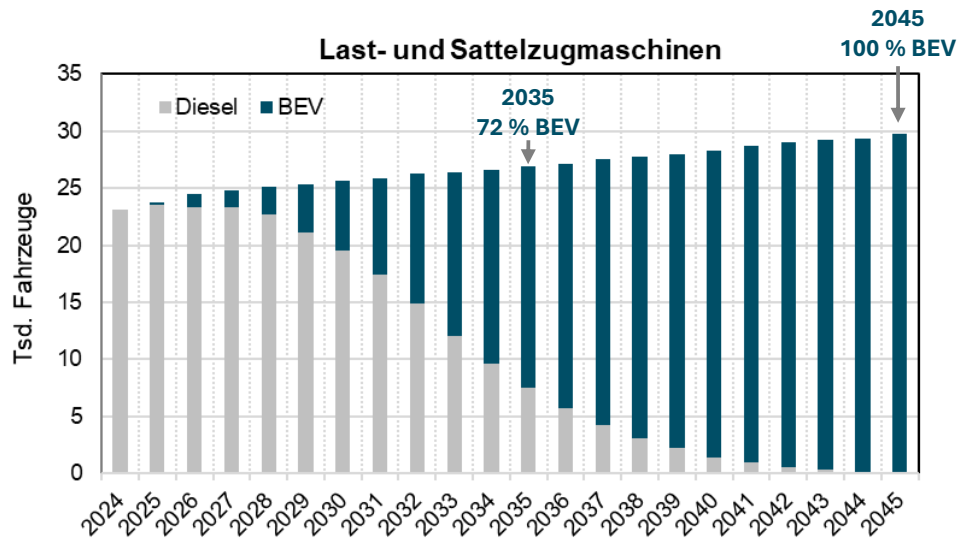


Abbildung 2-5: Prognostizierter Bestand batterieelektrischer Last- und Sattelzugmaschinen (zlgGw. >20 t) im Rheinland bis 2045.

Durch Kombination der prognostizierten Bestandszahlen batterieelektrischer Fahrzeuge mit heute durchschnittlichen Fahrleistungen sowie typischen Verbrauchswerten der Fahrzeugklassen kann anschließend der notwendige elektrische Energiebedarf der zukünftigen batterieelektrischen Fahrzeugflotte abgeschätzt werden (siehe Tabelle 2-1). Für das Rheinland ergibt sich für Nutzfahrzeuge >3,5 t ein jährlicher Ladeenergiebedarf von ca. 5,6 TWh bis 2035 und 8,8 TWh bis 2045. Etwa zwei Drittel des Energiebedarfs fallen dabei bei Sattelzugmaschinen an, die aufgrund ihrer hohen Fahrleistung und hoher Verbrauchswerte hohe spezifische Ladeenergiebedarfe aufweisen.

Der Endenergieverbrauch Strom betrug zum Vergleich im Jahr 2023 für ganz NRW ca. 113 TWh [11]. Gemessen am Anteil des Fahrzeugbestandes des Rheinlandes entsprechen die o.g. Zahlen einem geschätzten Zuwachs von ca. 15 % bis 2045 (für Nutzfahrzeuge > 3,5 t).

Tabelle 2-1: Schätzungen zum Hochlauf der Elektromobilität für die verschiedenen Nutzfahrzeugklassen in der Logistikregion Rheinland und des damit korrespondierenden Elektroenergiebedarfs.

		Lastkraftwagen			Sattelzug- maschinen	Referenz
		3,5t-7,5t	7,5t-20t	> 20t		
Bestandsentwicklung						
Bestand 2024 Rheinland	#	26.354	13.222	13.738	23.110	[7]
Zuwachs bis 2035	%	+17%	+17%	+16%	+16%	[2]
Zuwachs bis 2045	%	+28%	+28%	+29%	+29%	[2]
Anteil BEV 2035	%	43%	43%	72%	72%	[2]
Anteil BEV 2045	%	81%	81%	99%	99%	[2]
Bestand BEV 2035	#	13.259	6.652	11.474	19.301	-
Bestand BEV 2045	#	27.324	13.709	17.545	29.514	-
Ladeenergiebedarf						
Jahres-Fahrleistung	km	34.042	54.158	97.840	129.779	[12]
spez. Energiebedarf	kWh/ km	0,39	0,57	1,10	1,40	[2]
Jahresenergiebedarf (DC) Rheinland 2035	GWh	176	205	1.235	3.507	-
Jahresenergiebedarf (DC) Rheinland 2045	GWh	362	423	1.888	5.362	-

Das Ladeverhalten batterieelektrischer Nutzfahrzeuge wird, wie auch ihr jeweiliges Nutzungsverhalten, stark vom individuellen Einsatzfall abhängen. Grundsätzlich wird jedoch erwartet, dass der Ladebedarf kleinerer Fahrzeuge sowie schwere Nutzfahrzeuge mit kurzen Tages-Fahrleistungen zum überwiegenden Teil auf dem eigenen Betriebsgelände gedeckt wird.

In einer Studie zur Ermittlung des Ladinfrakstrukturbedarfs für batterieelektrische Nutzfahrzeuge [3] für das Land Baden-Württemberg wurden bspw. lediglich 20% der Ladevorgänge im Regionalverkehr an öffentlicher Ladeinfrastruktur erwartet, während 80 % im Depot verortet werden. Im Fernverkehr findet hingegen lediglich ca. ein Drittel der Ladestopps am eigenen oder Kunden-Depot statt.

Das Forschungsprojekt StratES [2] geht, über alle Nutzfahrzeug-Klassen ab 3,5 t hinweg, von einem Anteil von 55 % der Ladeenergie aus, die im Depot mit einer Leistung von 150 kW geladen werden. Weitere 23 % der Ladeenergie wird an öffentlichen Nachtladen-Möglichkeiten mit ebenfalls 150 kW geladen. Auf das Megawatt-Laden (1.000 kW) sowie das CCS-Laden (350 kW) fallen die verbleibenden ca. 22 %.

Werden die Ergebnisse des Projektes StratES auf die ermittelten Ladeenergiebedarfe des Rheinlandes übertragen, ergibt sich zunächst ein Ladeenergiebedarf je Ladeinfrastruktur-Typ. Zusammen mit typischen Auslastungsquoten kann hieraus überschlägig die benötigte Mindest-Anzahl an Ladepunkten ermittelt werden, die notwendig ist, um diesen Ladebedarf zu decken. Die dabei verwendeten Werte wurden der Studie „Einfach Laden an Rastanlagen“ [13] sowie den dafür erarbeiteten Detail-Ergebnissen entnommen. Die Werte beziehen sich dabei auf die Auslastung der Ladeinfrastruktur und nicht des Netzanschlusses. Ein Wert von 3.000 h entspricht dabei beispielsweise dem vollständigen Abruf der Ladeleistungen in 3.000 h des Jahres. Dies bedeutet bei 250 Arbeitstagen im Jahr 12 Stunden Ladezeit am Tag – ein Wert, der bei vielen Einsatzszenarien die Obergrenze der praktisch erreichbaren Ladezeit darstellen dürfte.

Tabelle 2-2: Typen und Auslastung von Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge.

Ladeinfrastruktur-Typ	Ladeleistung	Volllaststunden	Auslastung
öff. Megawatt Charging (MCS)	1 MW	1.750 h	20 %
Zwischenladen (CCS)	350 kW	2.500 h	29 %
öff. Übernachtsladen (NCS)	150 kW	2.300 h	26 %
Laden im Depot (DCS)	150 kW	3.000 h	35 %

Anhand dieser Werte kann anschließend der notwendige Mindestbedarf an Ladeinfrastruktur ermittelt werden (siehe Tabelle 2-3). Diese Herangehensweise vernachlässigt (zumindest für das öffentliche Laden) die regionale Verteilung der Ladeinfrastruktur. Während der Hochlaufphase wird allerdings standortabhängig nur eine begrenzte Auslastung der Ladeinfrastruktur erreicht. Dadurch wird der Gesamtbedarf unterschätzt, sodass aus diesen Zahlen nicht auf den Infrastrukturbedarf vor 2035 geschlossen werden kann. Kleinere Betriebe können ihre Ladeinfrastruktur zudem ggf. nicht zu den oben angebenen Anteilen auslasten, sodass auch hier ein dauerhafter Mehrbedarf entstehen kann.

Für das Rheinland ergibt sich für das Depotladen von Nutzfahrzeugen > 3,5 t ein Bedarf von ca. 4.300 Ladepunkten bis 2035 und ca. 6.700 Ladepunkten im Jahr 2045. Der Großteil der Ladepunkte wird jeweils für die Versorgung von Sattelzugmaschinen benötigt.

Tabelle 2-3: Geschätzte Anzahl der erforderlichen Ladepunkte in der Logistikregion für 2035 und 2045.

	Lastkraftwagen			Sattelzug- maschinen	Summe
	3,51-7,5t	7,51t-20t	> 20t		
Bedarf an Ladepunkten 2035					
öff. Megawatt Charging (MCS, 1 MW) #	0	4	71	525	600
Zwischenladen (CCS, 350 kW) #	30	35	212	200	447
öff. Übernachtsladen (NCS, 150 kW) #	76	89	895	3.558	4.542
Laden im Depot (DCS, 150 kW) #	273	303	1.372	2.634	4.309
Bedarf an Ladepunkten 2045					
öff. Megawatt Charging (MCS, 1 MW) #	0	9	108	803	920
Zwischenladen (CCS, 350 kW) #	62	73	324	306	703
öff. Übernachtsladen (NCS, 150 kW) #	157	184	1.368	5.440	6.992
Laden im Depot (DCS, 150 kW) #	563	624	2.098	4.028	6.749

Aus dem so ermittelten Mengengerüst kann anschließend der Bedarf an zusätzlicher Netzanschlussleistung ermittelt werden, der zum Anschluss der Ladeinfrastruktur erforderlich ist. Dabei muss zusätzlich der Wirkungsgrad der Ladeinfrastruktur (Umwandlung AC-DC, Kühlung) sowie der Leistungsfaktor (zus. Blindleistungsbedarf) berücksichtigt werden. Diese Werte erhöhen den Bedarf an Netzanschlussleistung gegenüber der bereitgestellten DC-Leistung um ca. 10 %.

Der Leistungsbedarf am Netzanschlusspunkt lässt sich oftmals auch durch den Einsatz von Lademanagement oder auch ‚gesteuertem Laden‘ deutlich reduzieren. Im Falle von öffentlicher Ladeinfrastruktur kann dies etwa durch die kombinierte Errichtung von MCS- und NCS-Infrastruktur erfolgenden. In der Studie „Einfach Laden an Rastanlagen“ konnte gezeigt werden, dass die notwendige Netzanschlussleistung gegenüber der Nennleistung der Lader um 40 bis 50% reduziert werden kann. Im Falle des Depotladens können ggf. Synergien mit anderen Formen des Strombezugs genutzt werden, insbesondere bei der Bereitstellung von Raumwärme. Im Falle des Depotladens ist die Höhe der dabei erreichbaren Reduktion der Anschlussleistung jedoch sehr individuell und – besonders im Kontext der bereits als vergleichsweise hoch angesetzten Volllaststunden der Ladeinfrastruktur deutlich geringer. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse hier ohne die potenziellen Nutzeffekte des Energiemanagements angegeben.

Zusammenfassend ergibt sich ein Gesamt-Anschlussbedarf in Höhe von ca. 2,5 GVA bis zum Jahr 2035 für das Depotladen im Rheinland sowie 4,1 GVA bis zum Jahr 2045 (siehe Tabelle 2-4).

Tabelle 2-4: Schätzung der erforderlichen zusätzlichen Netzanschlussleistung für das Laden elektrischer Nutzfahrzeuge in der Logistikregion Rheinland im Jahr 2035 und 2045 exkl. Lademanagement für das Depotladen.

		Lastkraftwagen			Sattelzugmaschinen	Summe
		3,51-7,5t	7,5t - 20t	> 20t		
Bedarf an zusätzlicher Netzanschlussleistung (alle Ladeoptionen)						
Jahr 2035	MVA	74	88	567	1.782	2.511
Jahr 2045	MVA	152	182	912	2.869	4.115
Bedarf an zusätzlicher Netzanschlussleistung (nur Depotladen)						
Jahr 2035	MVA	46	50	229	439	764
Jahr 2045	MVA	94	104	350	671	1.219

Für das Depotladen allein, also zusätzlichen Netzanschlüssen, die auf dem Betriebsgelände der Logistikunternehmen notwendig werden, ergibt sich ein zusätzlicher Bedarf in Höhe von ca. 760 MVA bis 2035 bzw. 1,2 GVA bis 2045. Der Großteil des Bedarfs wird durch batterieelektrische Sattelzugmaschinen verursacht.

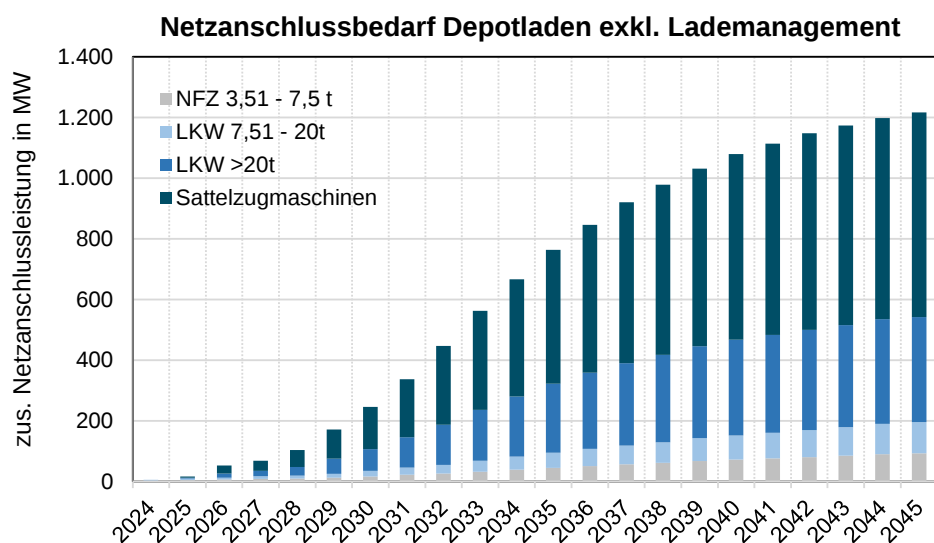


Abbildung 2-6: Zeitlicher Verlauf des Leistungsbedarfs für das Depotladen im Rheinland. Vor 2035 kann der Bedarf durch geringere Auslastungen der Infrastruktur höher ausfallen.

Während der öffentliche Ladebedarf (MCS, NCS und CCS) vor allem entlang großer Verkehrsachsen entsteht, erfolgt das Depotladen an den bereits heute existierenden (bzw. bis 2045 errichteten) Depotstandorten. In den vielen Fällen sind diese mit den Zulassungsbezirk identisch, wodurch sich dieser Bedarf näherungsweise anhand der Zulassungszahlen regional verorten

lässt². Abbildung 2-7 zeigt das Ergebnis der Regionalisierung. Besonders hohe Anschlussleistungen weisen die Städte Köln (97 MVA bis 2045) sowie Duisburg (88 MVA bis 2045) auf. Auch die Städte Düsseldorf, Essen, Wuppertal, Krefeld, Neuss, Grevenbroich, Mönchengladbach, Aachen und Bonn weisen bis 2045 Bedarf von bis zu 50 MVA auf. Gespräche mit Netzbetreibern und Energieversorgungsunternehmen lassen jedoch darauf schließen, dass entsprechende Anschlussleistungen nicht in allen Fällen zeitgerecht bereitgestellt werden können. Eine Einschätzung von Realisierbarkeit und Umsetzungsfristen liefert Abschnitt 3.4.

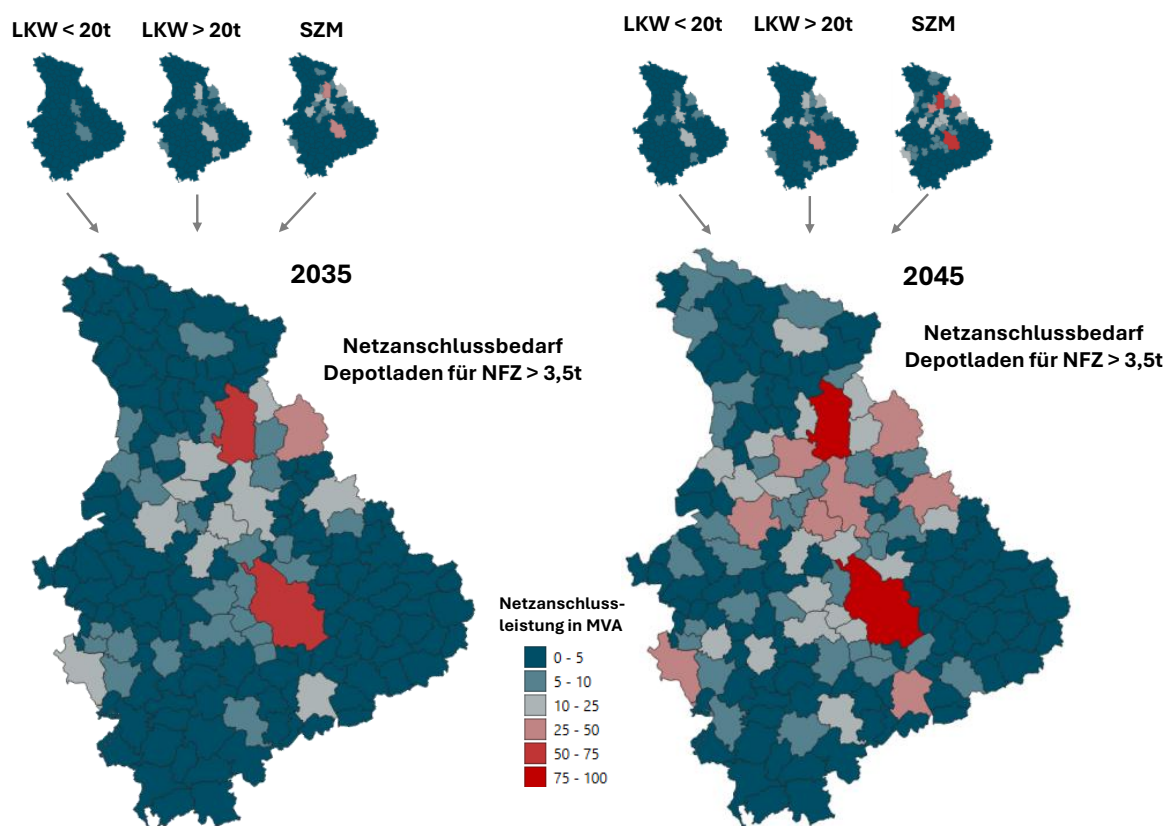


Abbildung 2-7: Regionale Verortung des Netzanlassbedarfs für das Depotladen bis 2035 (links) und 2045 (rechts).

² Unschärfen ergeben sich hierbei durch überregional tätige Akteure sowie oft ausländische Subunternehmer. Eine weitere Ausnahme bildet Bonn – hier sind viele Fahrzeuge der Unternehmen Post und DHL angemeldet. Die Zulassungszahlen wurden für diese Kommune auf diejenige Anzahl reduziert, die hinsichtlich der Bevölkerungszahl dem NRW-weiten Durchschnitt entspricht.

2.3 Netzanschlusskonzepte

Netzanschlusskonzepte für Verbraucher werden in der Regel weitestgehend unabhängig von der Art der versorgenden Verbraucher ausgeführt. Netzanschlusskonzepte für Ladeinfrastruktur ähneln dabei prinzipiell anderen Konzepten. Hauptmerkmale sind neben der Anschlussleistung (und damit verbunden der Netzebene) die Frage, ob das Anschlusskonzept ausfallsicher und somit mit hoher Verfügbarkeit ausgeführt wird. Dies ist bei Verbrauchern der Standard (jedoch nicht bei großen Erneuerbaren Energie-Anlagen).

Abhängig von der notwendigen Netzanschlussleistungen verfügen Logistikbetriebe heute über einen Anschluss in der Niederspannung (NS, beispielsweise zur Versorgung eines Bürogebäudes sowie ggf. einer kleineren Halle) oder in der Mittelspannung (Versorgung großer Logistikimmobilien).

Kleinere bis mittlere Logistikbetriebe, insbesondere in der Transport- und Ladelogistik verfügen heute häufig über einen Netzanschluss in der Niederspannung (NS) oder der angrenzenden Umspannebene (eigene Leitung zum nächstgelegenen Ortsnetz-Transformator). Typische Anschlussleistungen reichen hier von ca. 30 kVA (Standard-Hausanschluss) bis hin zu maximal ca. 200 kVA bei Anschlüssen in der NS/MS-Umspannebene (siehe Abbildung 2-8). An einem Niederspannungs-Anschluss lassen sich lediglich wenige Ladepunkte mit geringer Leistung betreiben. Für schwere Nutzfahrzeuge sind solche Anschlüsse ungeeignet. Anschlüsse in der MS/NS-Umspannebene lassen bei ausreichend freier Anschlusskapazität und geeignetem Einsatzszenario den Betrieb lediglich einzelner schwerer Nutzfahrzeuge zu. Betriebe in dieser Anschlussebene werden bei Anschaffung bereits weniger schwerer Nutzfahrzeuge (die auf dem eigenen Gelände geladen werden soll) mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen Anschluss in der Mittelspannung wechseln müssen.

Mittlere bis große Logistikimmobilien verfügen bereits heute meist über einen Netzanschluss in der Mittelspannung. Der Leistungsbedarf wird heute abhängig vom Standort für den Betrieb von Bürogebäuden, Beleuchtung und Automatisierungstechnik wie Lagerverwaltungssystemen oder Fördertechnik verursacht. Seit einigen Jahren führt auch eine Elektrifizierung von Fahrzeugen der Verteillogistik für einen steigenden Leistungsbedarf. Bei Standorten mit existierendem Anschluss in der Mittelspannung wird längerfristig, d.h. mit fortschreitendem Hochlauf der Elektromobilität, in vielen Fällen ein Wechsel in die HS/MS-Umspannebene erforderlich. Abhängig ist dies v.a. vom individuellen Ladeinfrastrukturbedarf sowie der in der Mittelspannung

vorhandene Leistungsreserve. Höhere Anschlussebenen sind nur bei sehr großen Logistikimmobilien mit entsprechend hohem Anschlussbedarf notwendig.

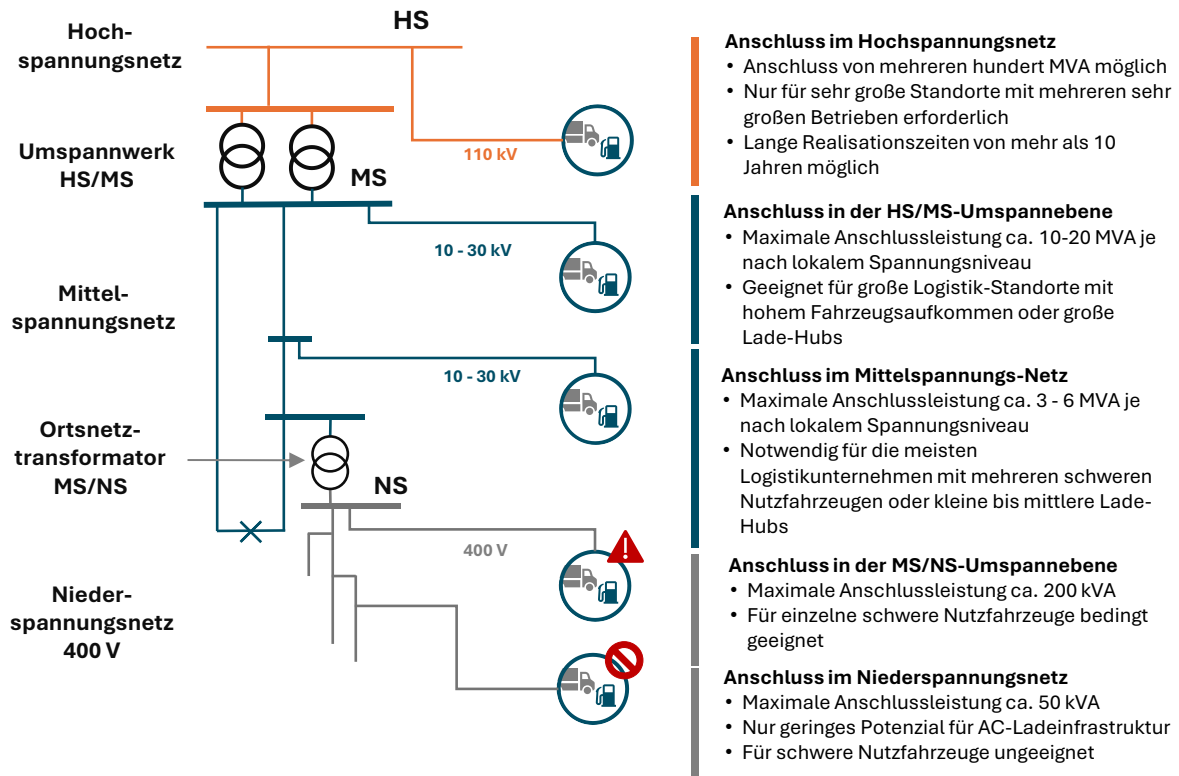


Abbildung 2-8: Ebenen des Stromnetzes sowie deren Eignung zur Versorgung schwerer Nutzfahrzeuge.

Die Wahl der Anschlussebene ist jedoch stets von Fall zu Fall zu bewerten und hängt neben den anfallenden Kosten besonders auch auf der noch freien Leistungskapazität der eingesetzten Betriebsmittel ab. Existieren Engpässe in höheren Netzebenen, kann ein Anschluss weiterer Verbraucher erst nach Beseitigung des Engpasses erfolgen.

Bereits ohne den Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge variiert der Leistungsbedarf von Logistikbetrieben enorm. Immobilien der reinen Lagerlogistik können Leistungsbedarfe von lediglich 100-200 kW pro Hektar Lagerfläche aufweisen. Werden hochautomatisierte Lagersysteme, Kühlsysteme und/oder Ladeinfrastruktur für PKW genutzt, kann der notwendige Anschlussbedarf auch 1.000 kW pro Hektar übersteigen.

2.4 Einordnung und weitere Trends

Vergleichende Einordnung der Ergebnisse

Die vorangegangenen Abschätzungen deuten auf einen Gesamt-Anschlussbedarf in Höhe von ca. 2,5 GVA bis zum Jahr 2035 für das Depotladen im Rheinland sowie 4,1 GVA bis zum Jahr 2045 (siehe Tabelle 2-4). Diese abstrakten Zahlen bedürfen einer Einordnung, um die damit verbundenen Ambitionen zu verdeutlichen.

Die Entwicklung der Windenergie bietet einen geeigneten Vergleich. Der Zeitraum, in dem sich der Windenergieausbau vollzog, erstreckte sich über mehr als 20 Jahre. Während dieser Zeit war deutlich, dass der Netzausbau kaum mit dem Wachstum der Anlagenpopulation mithalten konnte. Die installierte Leistung von Windenergieanlagen im Rheinland beträgt zum 01.01.2025 ca. 2,4 GW und entspricht in etwa der notwendigen Anschlussleistung für das Laden von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen bis 2035. In diesen verbleibenden zehn Jahren werden parallel weitere neue Lasten wie Wärmepumpen und Rechenzentren hochwachsen. Dieser Vergleich zeigt, dass der Anschlussbedarf der erwarteten Verbraucher eine große Herausforderung für die Verteilnetzbetreiber (und auch den Übertragungsnetzbetreibern) sein kann. Die derzeit bereits zu beobachtenden Berichte über lange Realisationszeiten für Netzanschlüsse (siehe z.B. [14]) dürften mittelfristig bestehen bleiben. Der steile Teil der Wachstumskurven liegt in den Jahren nach 2030. Das Risiko, dass der Hochlauf der Elektromobilität durch den Mangel an Ladeinfrastruktur behindert wird, manifestiert sich vor allem in der ersten Hälfte des nächsten Jahrzehnts.

Das Regionalszenario West der VNB [15] schätzt – ausgehend vom Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan der Übertragungsnetzbetreiber – den Zuwachs des Strombedarfs für den gesamten Verkehrssektor zwischen 2023 und 2033 auf ca. 20 TWh bzw. 36 TWh bis 2045. Die im Regionalszenario betrachtete Region erstreckt sich jedoch auf NRW, Rheinland-Pfalz und das Saarland sowie Teile von Hessen und Bayern. Gemessen am Bevölkerungsanteil des Rheinlandes an dieser Region entspricht dies einem Mehrbedarf von 7 TWh bis 2033 bzw. 12 TWh bis 2045 inklusive PKW-Elektifizierung. Die hier geschätzten Szenariowerte erscheinen vor diesem Hintergrund grundsätzlich plausibel. Die Zahlen machen andererseits deutlich, dass sich die Netzbetreiber über die vor ihnen liegenden Aufgaben grundsätzlich im Klaren sind.

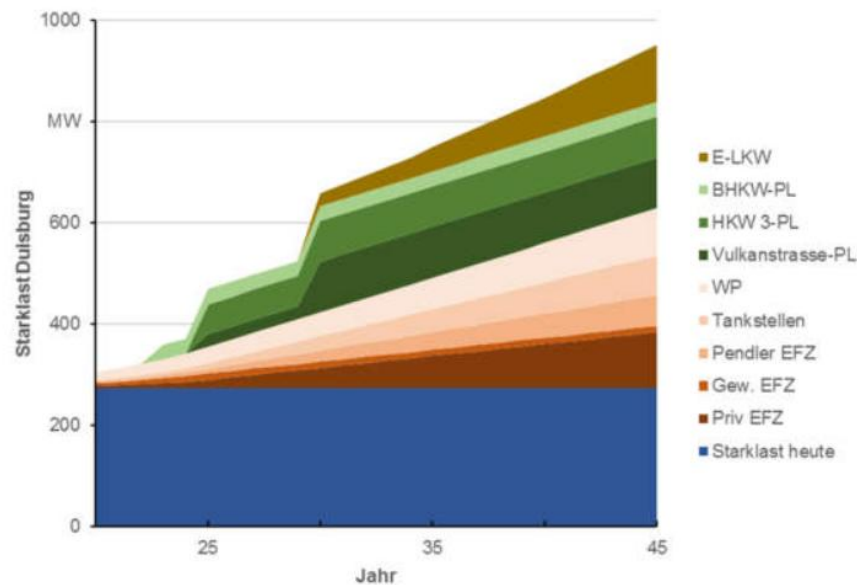


Abbildung 2-9: Prognose der Lastentwicklung der Netze Duisburg GmbH bis 2045. Blau: historische Spitzenlast; Rot-Töne: Elektromobilität und Wärmepumpen; Grün-Töne: Umstellung bestehender (Block-)Heizkraftwerke; Braun: E-Lkw. Quelle: [16]

Ein exemplarisches Beispiel für die erwarteten Entwicklungen bietet der Netzausbauplan der Stadtwerke Duisburg. Der langjährige Spitzenbedarf, im Versorgungsgebiet beträgt hier etwas 280 MW. Ein zusätzlicher Netzan-schlussbedarf in Höhe von ca. 90 MVA sorgt hier (auch wenn nicht von einer zeitgleichen Abnahme aller Ladepunkte auszugehen ist) für eine hohe Stei-gerung der Spitzenlast. Zusätzlich ist mit einem stark steigenden Bedarf durch die Dekarbonisierung des Fernwärmenetzes (siehe Abbildung 2-9, grün) sowie E-PKWs (rot) zu rechnen. Entsprechend befindet sich eine wei-tere Kuppelstelle zum Übertragungsnetz aktuell in Planung. Die Entwicklung lässt erwarten, dass weitere notwendig werden.

Parallele Entwicklungen

Neben der erwarteten Elektrifizierung im Güterverkehr sind auch in anderen Sektoren tiefgreifende Veränderungen im Strombedarf zu erwarten. Diese betreffen sowohl direkt als auch indirekt die Logistikbranche. Direkte Ein-flüsse ergeben sich aus weiteren zusätzlichen elektrischen Energiebedarfen. Diese sind:

- **PV-Anlagen auf Logistikimmobilien**

Logistikimmobilien bietet aufgrund ihrer meist großen Flächen ein großes Potenzial für den Einsatz von Photovoltaikanlagen. Die

mögliche PV-Leistung übersteigt dabei in vielen Fällen die vorhandene Anschlusskapazität, sodass eine Überarbeitung des Netzan schlusskonzeptes notwendig sein kann.

- **Erhöhte Automatisierungsgrade**

Die Lagerhaltung in der Distributions-, Lager- und Intralogistik erfolgte heute zum Teil noch durch manuelle Prozesse. Kosteneffizienz und Fachkräftemangel führen aktuell zu einer verstärkten Automatisierung. Im Vergleich zu manuellen Prozessen geht dies mit einem erhöhten Anschlussbedarf einher. Eine erhöhte Automatisierung kann beispielsweise bei Hochregallagern den Netzan schlussbedarf von 100-200 kW pro Hektar Lagerfläche auf über 500 kW pro Hektar erhöhen.

- **Strombasierte Wärmebereitstellung**

In Lager- und Logistikimmobilien werden heute fossil betriebene Hallenheizungen eingesetzt. Perspektivisch werden auch diese Systeme durch klimafreundlichere Technologien – allen voran Wärmepumpen – ersetzt werden müssen. Der Leistungsbedarf der Immobilien wird auch hierdurch perspektivisch um einige 100 kW pro Hektar erhöht. Der individuelle Wert hängt jedoch stark von der Bausubstanz, den Komfortanforderungen sowie der Nutzung der Immobile (insbes. Ein- und Ausfahrten) ab. Auch die Werkstatt- und Bürogebäude kleinerer Logistikbetriebe steht diese Entwicklung bevor.

- **E-Mobilität Individualverkehr**

Der Leistungsbedarf von Ladeinfrastruktur für PKW ist für viele Logistikbetriebe im Vergleich zum Bedarf der Nutzfahrzeuge zwar gering, stellt aber heute einen wesentlichen Treiber für die Erhöhung der Netzan schlussleistung dar.

- **Flexibilitätsanforderungen**

Der Großhandelspreis für Strom weist mit zunehmend regenerativer Erzeugung größere Schwankungen im Tagesverlauf auf. Mit zunehmendem elektrischen Energiebedarf kann (insbes. durch adaptive Ladestrategien) eine Flexibilisierung des Strombezugs zu einer signifikanten Reduktion der Strombezugskosten führen. Zu knapp dimensionierte Netzkapazitäten verringern jedoch die Fähigkeit eines

Betriebes, flexibel auf geringe Strompreise zu reagieren. Eine erhöhte Netzanschlussleistung kann somit zur Reduktion der Strombezugskosten beitragen.

Indirekte Einflüsse

Wie bereits das Beispiel der Netze Duisburg GmbH verdeutlicht, ist auch in weiteren Branchen mit einem erhöhten zukünftigen Leistungsbedarf zu rechnen. Diese Bedarfe stehen vor allem dann in Konkurrenz, wenn diese die gleiche „Stromflussrichtung“ aufweisen. D.h. Ladeinfrastruktur steht in starker Konkurrenz mit anderen Stromverbrauchern, weniger aber mit Einspeisern. Aktuell liegen vielen Netzbetreibern beispielsweise hohe Zahlen von Anschlussanfragen von Großbatteriespeichern, Rechenzentren und öffentlicher Ladeinfrastruktur vor. Erhöhte Leistungsbedarfe von Großwärmepumpen sowie aus den unteren Netzebenen „hochgereichte“ Leistungsanforderungen von Wärmepumpen und privater Ladeinfrastruktur sind ebenfalls erwartbar. In Folge konkurrieren diese Branchen in lastgeprägten Regionen potenziell mit den Anschlussanfragen aus der Logistik-Branche.

Einspeiseseitige Anschlussanfragen, insbesondere von erneuerbaren Energieanlagen stellen in der Regel keine Konkurrenz dar. Ausnahme bilden hier Netzanschlüsse an HS/MS-Umspannwerken, in denen zunehmend eine Limitierung der freien Schaltfelder auftritt. Schaltfelder sind notwendig, um die einzelnen, zu einem Umspannwerk führenden Mittelspannungskabel einzeln zu- und abschalten zu können. Die Anzahl der möglichen Schaltfelder (und somit der getrennt angeschlossenen Kabel am Umspannwerk) ist begrenzt.

Der EE-seitige Netzausbau sorgt in ländlichen Regionen jedoch seinerseits für eine verstärkte Netzinfrastuktur. Für neu errichtete Logistikstandorte können sich hier Potenziale für hohe verfügbare Netzanschlussleistungen auf der Hochspannungsebene bieten. Ob sich auch auf der Mittelspannungsebene Synergien ergeben, hängt stark von den lokalen Gegebenheiten und Abständen zwischen Einspeisungen und Lasten ab.

2.5 Räumliche Situation im Rheinland

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt auf den Ladeszenarien (1) und (2), das Laden an eigenen und fremden Betriebsgeländen, dem Depotladen (vgl. Abschnitt 2.1). Eine erste Abschätzung der Anzahl und Verteilung von Logistikunternehmen im Rheinland liefert bereits Abbildung 2-1.

In einer ersten Analyse zur Abschätzung der Herausforderung des Depotladens von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen für die Energieinfrastruktur, werden die in [6] identifizierten Logistikstandorte mit öffentlich verfügbaren Daten zur Stromnetz-Infrastruktur der 110-kV-Hochspannungsebene verschnitten. Somit lässt sich analysieren, welche Distanz Logistikflächen zu den nächstgelegenen Umspannwerken aufweisen.

Abbildung 2-10 gibt einen ersten Eindruck über die möglichen Distanzen, die für den Anschluss an der HS/MS-Umspannebene (d.h. perspektivisch für große Logistikflächen) mindestens überbrückt werden müssen. Dafür wird das Gebiet in Raster unterteilt und die Abstände zum nächstgelegenen Umspannwerk ermittelt. Tendenziell ist eine Realisation dann einfacher und kostengünstiger, wenn sich die anzuschließende Fläche in der Nähe eines Umspannwerkes befindet. Herausforderungen wie die Querung von Autobahnen, Gewässern oder Bahntrassen werden dabei jedoch nicht berücksichtigt. Über die Verfügbarkeit weiterer Anschlussleistungen oder freier Schaltfelder kann diese Analyse keine Aussage treffen. Grundsätzlich ist zu erkennen, dass es eine dichte Energieinfrastruktur im Rheinland gibt. Es lassen sich einzelne weiße Flecken in ländlichen Gebieten und an der Grenze erkennen.

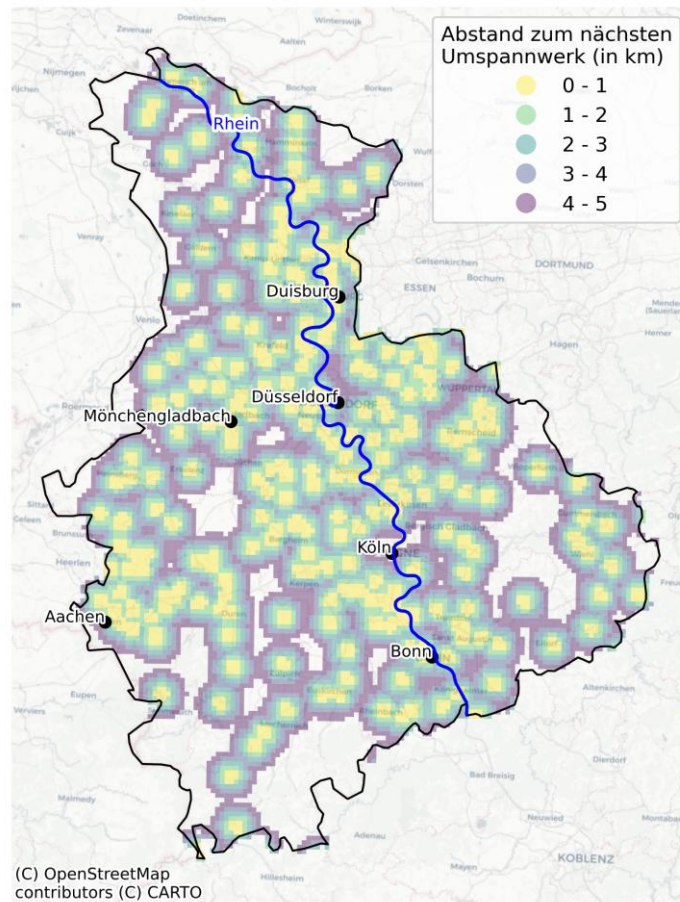


Abbildung 2-10: Veranschaulichung der gegenwärtigen Abstände zum nächsten Umspannwerk in der Region

Abbildung 2-11 zeigt die Herausforderung aus Sicht der Netzbetreiber: Die Logistikflächen werden den ihnen am nächsten liegenden 110-kV-Netzknoten zugeordnet und die summierte Anzahl der Logistikflächen je 110-kV-Netzknoten dargestellt. Die bereits genannten Logistikballungszentren vor allem entlang des Rheins führen wie zu erwarten auch zu hohen Lasten für die Energieinfrastruktur. Dies kann eine erste Indikation geben, wo im Netzgebiet aufgrund einer Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs zusätzlicher Netzanschlussbedarf entsteht.

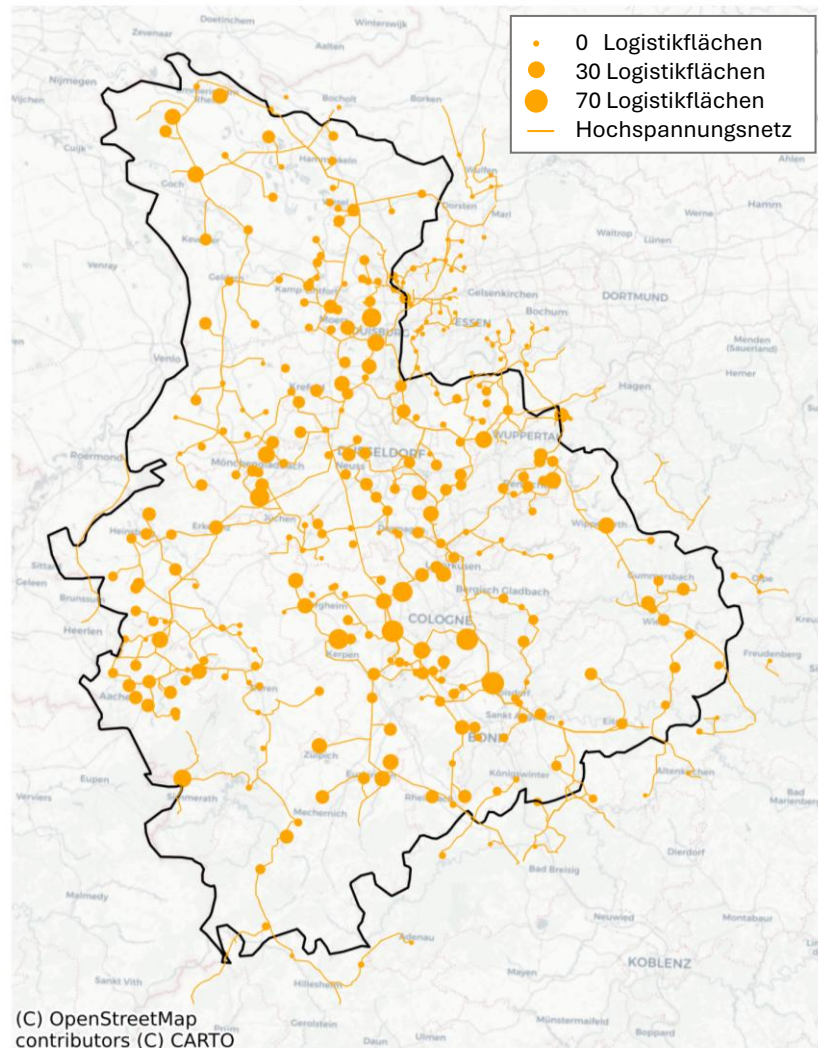


Abbildung 2-11: Übersicht über Logistikballungszentren in Relation zu heute bestehenden Umspannwerken im Hochspannungsnetz. (Eigene Darstellung nach [6])

Ein kurzer Abstand zu einem Umspannwerk ist besonders für große Logistikflächen von Relevanz. Abbildung 2-12 zeigt entsprechend den Abstand der Logistikstandorte zum nächsten Umspannwerk in Abhängigkeit der Fläche des Standortes (d.h. Grundstücksflächen). Die in [6] identifizierten Logistikstandorte, die räumlich nebeneinander liegen, wurden dafür zusammengefasst. Die Abbildung verdeutlicht dabei eine positive Erkenntnis: Sehr große Logistikstandorte sind tendenziell nah an der Hochspannungs-Infrastruktur angesiedelt. Zwar treten für einzelne Flächen Distanzen bis zu ca. 14 km auf – dies jedoch nur für kleine Standorte. Für diese Standorte ist der Anschluss an das weitestgehend flächendeckend vorhandene Mittelspannungsnetz zumindest aussichtsreicher als für große.

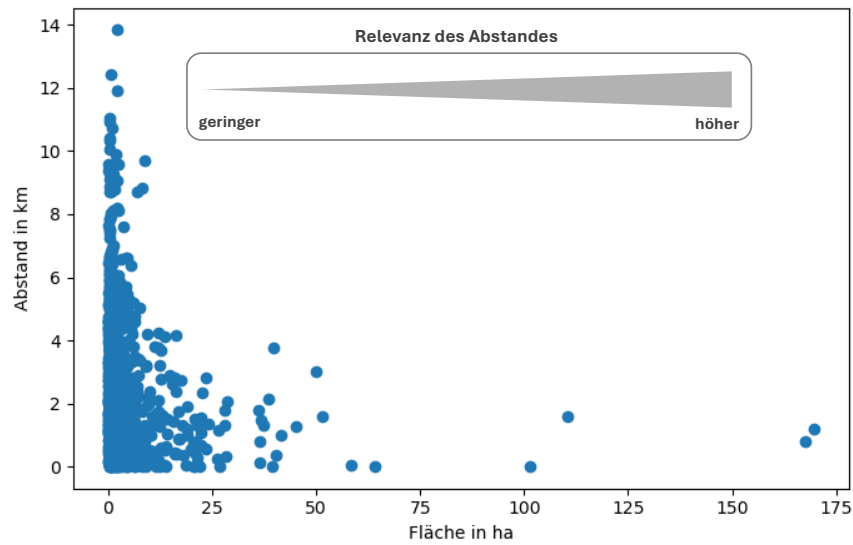


Abbildung 2-12: Abstand zum nächstgelegenen Umspannwerk in Abhängigkeit von der Fläche der Logistikstandorte. (Eigene Darstellung nach [6])

3 Hemmnisse und Lösungsansätze

Eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur ist Voraussetzung für den Markthochlauf der Elektromobilität im Straßengüterverkehr. Angesichts der skizzierten Szenarien wird klar, dass die Frage nicht darin besteht, ob die elektrische Infrastruktur ein Standortfaktor für die Logistik-Branche wird, sondern ab wann.

Die heute vorhandenen Netze und Kundenanschlüsse auf den Logistikstandorten decken den künftigen Bedarf nur zum Bruchteil ab. Die Fristen für die Errichtung der verschiedenen Infrastrukturen reichen selbst bei reibungslosem Ablauf bis weit in die durch die Szenarien aufgespannten Zeiträume. Deshalb müssen die entsprechenden Schritte zeitnah, zielstrebig und entschieden angegangen werden.

Das Ergebnis der Recherchen zeigt allerdings, dass hier ein Widerspruch klafft: alle relevanten Akteure sind konfrontiert mit großen Unsicherheiten, die in eine abwartende Haltung münden und die eigene Initiative lähmen können.

In den folgenden Abschnitten werden Erfolgsfaktoren für die Implementierung einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur herausgearbeitet. Die damit verbundenen Unsicherheiten werden skizziert und den jeweiligen Akteuren zugeordnet. Lösungsansätze für die identifizierten Widersprüche und Hemmnisse werden beschrieben. Dabei ist eine gewisse Redundanz unvermeidlich: Die verschiedenen Hemmnisse erfordern ähnliche Lösungsansätze. Diese werden im Folgenden an der am ehesten zutreffenden Stelle ausführlich beschrieben, an den anderen Stellen wird darauf verwiesen.

Eine umfassende Orientierung bei der Planung und Entwicklung der Ladeinfrastruktur für E-Lkw bietet der Leitfaden „Einfach Laden am Depot“³ der Nationalen Leistelle Ladeinfrastruktur, der sich gezielt an Logistikunternehmen wendet [17].

³ Direkter Zugang: https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2023/11/Einfach-laden-am-Depot_Leitfaden.pdf

Zur Ermittlung der drängenden Handlungserfordernisse, die in den folgenden Kapiteln skizziert werden, wurden 7 Interviews mit Expertinnen und Experten aus der Logistikbranche, Immobilienentwicklung und Netzbetreibern geführt.

3.1 Technologiewechsel – Wann und welcher?

Unklarheiten und Hemmnisse

Die Anfangsaufwände für den Umstieg auf elektrischen Straßengüterverkehr sind beachtlich. Die Anschaffungskosten der Fahrzeuge sind höher als bei Verbrennungskraftmaschinen und der Aufbau von Netzanschlüssen und Ladepunkten erfordert zusätzliche Investitionen. Auch wenn verschiedene Analysen suggerieren, dass die Total Cost of Ownership (TCO) für E-Lkw bereits jetzt niedriger liegen als für Dieselantriebe, äußern sich die Unternehmen zögerlich. Wesentliche Parameter für die Kalkulation liegen in der Zukunft und sind unsicher.

- Zum Rückkaufwert von E-Lkw nach Ablauf der üblichen Leasingfristen gibt es noch keine belastbaren Erfahrungen;
- Förderungen sind vom Umfang begrenzt und zeitlich befristet. Politische Anreize haben sich in der Vergangenheit zum Teil als nicht verlässlich erwiesen und sind als Grundlage für langfristige Unternehmensplanung ungeeignet;
- Wesentliches Argument ist der erwartete Anstieg der CO₂-Emissionskosten in Kombination mit der Mautbefreiung für E-Lkw. Allerdings ist die Mautbefreiung bis Ende 2025 befristet und die Preisentwicklung im Strommarkt ist mit hohen Unsicherheiten behaftet.
- Nicht zuletzt verunsichert die Koexistenz konkurrierender Technologieansätze die Branche. Die anhaltende politischen Unterstützung für Oberleitungskonzepte und Wasserstoffantriebe legt eine strategische Bedeutung nahe. Die Relevanz dieser Konzepte für die anstehenden Unternehmensentscheidungen im Vergleich zu batterieelektrischen Antrieben ist für die Akteure nicht offenkundig.

Die begrenzten Margen in der Branche erlauben es nicht, Entwicklungen abzufedern, die sich im Nachhinein als unwirtschaftlich erweisen. Wegen all dieser Unsicherheiten ist die Risikobereitschaft eines Teils der Unternehmen gering.

Hinzu kommt, dass der Umstieg auf E-Lkw z.T. weitreichende Änderungen der Arbeitsabläufe und Unternehmensprozesse erzwingt. Ein umfassendes

Verständnis für die langfristigen Konsequenzen muss noch wachsen. Beispiele für die erforderlichen Umstellungen sind:

- Für das Laden im Depot muss zusätzliche Fläche für Netzanschluss und Ladepunkte ausgewiesen werden. Dieser Platz ist nicht in allen Fällen vorhanden.
- Die Fahrzeuge müssen während des Ladens am Ladepunkt verweilen – häufig unabhängig vom Laden und Löschen der Fracht. Die Logistikprozesse finden ggf. an anderer Stelle auf dem Betriebsgelände, d.h. nicht gleichzeitig statt. Zum Teil haben Fahrzeuge beim Kunden enge Zeitslots einzuhalten, die weder das Laden an der Rampe oder ein längeres Verweilen am Standort erlauben.
- Auch eine Kombination der Ladevorgänge mit den gesetzlich vorgeschriebenen Lenkzeitpausen wird nicht immer möglich sein, sodass die zusätzlichen Stillstandszeiten auch vor dem Hintergrund des Personaleinsatzes optimiert und koordiniert werden müssen.
- Die wirtschaftlich vertretbare Anzahl der Ladepunkte ist niedriger als die der zu ladenden Fahrzeuge. Die Fahrzeuge müssen umgeparkt werden. Ein Unternehmen hat berichtet, dass ein Mitarbeiter während der Nacht diese Aufgabe übernimmt. Bei einem weitgehenden Hochlauf der Elektromobilität müsste dazu zusätzliches Personal eingesetzt werden. Kleinere Betriebe werden in diesem Fall überproportional belastet.

Lösungsansätze

Die unternehmerischen Entscheidungen können nur die Logistikunternehmen selbst treffen. Mehr Klarheit und langfristige Sicherheit bei den politischen Rahmenbedingungen würden die Entscheidungen allerdings erheblich erleichtern.

Für das wirtschaftliche Risiko sind die Anfangsinvestitionen entscheidend. Die Betriebskosten weichen auch im ungünstigen Fall nicht so weit vom Status quo ab, dass sie ein substanzielles Risiko darstellen. Die Anfangsinvestitionen werden im Abschnitt 3.5 separat betrachtet.

Für die Anpassung der Prozesse ist einerseits eine klare Ausrichtung auf ein ‚Zielsystem‘ wichtig, so dass der Hochlauf ohne Brüche vollzogen und die erforderlichen Änderungen geplant werden können. Andererseits ist vor allem im frühen Stadium des Technologiewechsels Pragmatismus hilfreich. Die gesammelten Erfahrungen können in die Planung einfließen und die Pro-

zesse können Schritt für Schritt an die neuen Gegebenheiten angepasst werden. Alle Potentiale, die Flexibilität versprechen – sei es hinsichtlich Platzbedarf, Personaleinsatz, Prozessablauf oder Zeitpunkt für den Ausbau der Ladeinfrastruktur – sollten systematisch untersucht und ausgeschöpft werden.

3.2 Bewirtschaftung von Ladeinfrastruktur – Wer macht was?

Unklarheiten und Hemmnisse

Zumindest in der frühen Hochlaufphase ist es für die Logistikunternehmen und Standortbetreiber nicht selbstverständlich, dass sie selbst die Initiative für Errichtung und Betrieb der Ladeinfrastruktur ergreifen. Gemeinschaftlich genutzte ‚Ladeparks‘ oder durch Dritte angebotene Ladepunkte in unmittelbarer Nähe (z.B. Tankstellen) können eine attraktive Alternative zur Errichtung eigener Ladeinfrastruktur sein. Die effiziente Auslastung der Netzan-schlüsse und Ladepunkte setzt eine Mindestanzahl an Fahrzeugen voraus. Auf dem eigenen Betriebsgelände ist die Flächenverfügbarkeit perspektivisch möglicherweise begrenzt, während Nachbargrundstücke noch Platz bieten.

Gemeinschaftlich genutzte Ladepunkte bieten auch längerfristig potenziell Vorteile. Die inkrementellen Investitionen bei Kapazitätserweiterung amortisieren sich für den Ladeparkbetreiber schneller, der Zubau an Ladeleistung kann auf das Wachstum der Fahrzeugflotte abgestimmt werden und die Logistikunternehmen werden von den Aufwendungen für Wartung und Betriebsführung befreit.

Ob diese Vorteile gehoben werden können, hängt allerdings davon ab, ob es im näheren Umfeld Logistikunternehmen gibt, die ebenfalls einem gemeinschaftlichen Ansatz folgen oder eben doch lieber ihr eigenes Betriebsgelände mit Ladeeinrichtungen ausstatten. Um diese Planungsunsicherheit zu vermindern, ist ein frühzeitiger Austausch zwischen den potenziellen Nutzern und dem lokalen Netzbetreiber hilfreich. Entscheidend dürfte aber vor allem sein, ob sich ein Akteur findet, der die Initiative ergreift und das Konzept vor Ort vorantreibt und unternehmerisch entwickelt.

Abgesehen von der Planungsunsicherheit erzwingt ein gemeinschaftlicher Ansatz gegenüber der jetzigen Situation noch weitergehendere Änderungen in den Betriebsabläufen als im vorigen Punkt beschrieben. Für den Ladevorgang – der häufig mit den Lenk- und Ruhezeiten zusammenfällt – müssen

die Fahrzeuge außerhalb des Betriebsgeländes abgestellt und möglicherweise nach Beendigung des Ladevorgangs durch externe Dienstleister bewegt werden, um den Ladepunkt für das nächste Fahrzeug freizugeben. Die sich daraus ergebenden komplexen Schnittstellen und Verantwortlichkeitsgrenzen können eine Hürde darstellen.

Letztlich ergeben sich z.T. komplexe rechtliche und steuerliche Konsequenzen, wenn die Ladeinfrastruktur nicht nur durch eigene Fahrzeuge genutzt wird. Zum Teil müssen diese bereits beachtet werden, wenn Subunternehmen und Dienstleistern, die den Transportbedarf am Standort bedienen, die eigene Ladeinfrastruktur zur Verfügung gestellt wird.

Weder auf dem eigenen Betriebsgelände betriebene noch gemeinschaftliche oder durch Dritte bereitgestellte Ladepunkte haben eindeutig nur Vorteile. Wenn erst einmal eine Entscheidung getroffen ist, ergibt sich ein ‚lock-in‘-Effekt: die Initiative zum Aufbau gemeinschaftlicher Ladepunkte wird weniger aussichtsreich, wenn ein Teil der Unternehmen bereits eigene Investitionen getätigt hat und umgekehrt. Die Abwägung für die einzelnen Unternehmen bleibt dadurch schwer kalkulierbar, solange noch keine Fakten geschaffen sind.

Lösungsansätze

Unabhängig davon, welche Organisationsform für das Laden angestrebt oder geschaffen wird, lässt sich die Unsicherheit durch einen stetigen Austausch der potentiellen Nutzer innerhalb eines Gewerbegebietes verringern. Transparenz hinsichtlich der zu erwartenden Entwicklungen hilft allen Beteiligten fundierte Entscheidungen zu treffen und ggf. gemeinsam an Dritte heranzutreten, die als ‚Ladepark‘-Betreiber in Betracht kommen.

Diese Aufgabe kommt den Logistik-Unternehmen selbst zu. Aber auch Betreiber und Eigentümer von Gewerbeflächen, Gemeinden, die Flächen zur Entwicklung ausweisen oder kommerzielle Betreiber von Ladeinfrastruktur können die Initiative ergreifen und eine aktive Haltung einnehmen. Eine Vernetzung der Akteure, die einen regelmäßigen Austausch unterstützt, wäre ideal.

Ein wichtiger Auftrag an die Politik besteht darin, bei der Ausgestaltung der rechtlich-regulatorischen Rahmenbedingungen die Erfordernisse der Branche zu berücksichtigen. Es gibt eine Reihe bürokratische Hürden und rechtlicher Vorgaben, die der Realität der Branche nicht gerecht werden und einem pragmatischen Vorgehen beim Hochlauf im Wege stehen.

3.3 Bedarfsermittlung – Wieviel Leistung braucht es?

Unklarheiten und Hemmnisse

Die Entscheidung zur Errichtung der Ladeinfrastruktur zieht unmittelbar die Frage der angemessenen Dimensionierung nach sich. Der vorhandene Netzanschluss des Unternehmens wird in der Regel unzureichend für das Laden schwerer Nutzfahrzeuge sein (siehe Abschnitt 2.3). Für Ladeleistungen von mehreren hundert Kilowatt wird meist ein neuer Mittelspannungs-Anschluss mit einer separaten Transformatorstation erforderlich sein.

Die zusätzlichen Stillstandszeiten für das Laden müssen im Gegensatz zum Tanken von Kraftstoff eingeplant werden. Die verfügbare Leistung und die Zahl der Ladeanschlüsse bringt weitreichende Folgen für die Betriebsabläufe mit sich.

Die Abschätzung, welche Anschlussleistung erforderlich ist, ist nicht trivial. Zu den maximal zu erwartenden Gleichzeitigkeiten paralleler Ladevorgänge fehlen gerade in der Anfangsphase Erfahrungswerte. Gesteuertes Laden, das es erlaubt, den maximalen Leistungsbezug an die Netzgegebenheiten anzupassen, ist eine Voraussetzung für effektive Nutzung der Betriebsmittel. Die Möglichkeiten und Grenzen einer solchen Steuerung können nur unter Berücksichtigung der konkreten Bedingungen der unternehmensspezifischen Anforderungen und Abläufe ausgelotet werden.

Kleine Fahrzeugflotten erschweren die netzorientierte Harmonisierung der Ladevorgänge und stellen damit eine Hürde für eine zufriedenstellende Auslastung der Betriebsmittel dar.

Das Niederländische ‚Central Bureau voor de Statistiek‘ (CBS) hat eine Untersuchung der Netzsituation in der Logistikbranche durchgeführt. Im Ergebnis der Analyse wurde festgestellt, dass 75% der Unternehmen gegenwärtig lediglich einen Haushaltsanschluss nutzen. Selbst bei den mittelgroßen Standorten (6 bis 25 Lkws bzw. Sattelzugmaschinen und zusätzlich einer z.T. großen Anzahl leichter Nutzfahrzeuge) verfügen 57% der Unternehmen lediglich über einen Haushaltsanschluss.



Abbildung 3-1: Verteilung der Kapazität der Netzanschlüsse bei Unternehmen mit Nutzfahrzeugen in den Niederlanden, spezifiziert nach Größe des registrierten Fuhrparks. Quelle: [18], eigene Übersetzung

Vor diesem Hintergrund überrascht es nicht, dass der vorhandene Anschluss bei 75% der Unternehmen weniger als 25 kW freie Kapazität bietet. Mit Blick auf die in den Niederlanden formulierten Zielstellungen für 2030 (25% der leichten und 10% der schweren Nutzfahrzeuge mit batterie-elektrischem Antrieb) ist die aktuell verfügbare freie Kapazität des vorhandenen Netzes bei 60% der mittelgroßen Standorte und 90% der großen Standorte für das Laden von Lkw unzureichend. Bei dieser Abschätzung wird vorausgesetzt, dass die Vorteile gesteuerten Ladens genutzt werden. Bei ungesteuertem Laden steigt die Zahl der problematischen Standorte noch einmal deutlich.

Die Situation in den Niederlanden mag sich in mancherlei Hinsicht von der in der Logistikregion Rheinland unterscheiden, so dass sich die Zahlen nicht ohne weiteres übertragen lassen. Das grundsätzliche Bild dürfte aber ähnlich ausfallen.

Die Herausforderung während des Hochlaufs der Elektromobilität besteht darin, dass es nicht den einen Bedarf gibt, sondern dass dieser stetig wächst und sich die Anforderungsprofile dabei möglicherweise ändern.

Die Anzahl der Ladepunkte kann entsprechend des zunehmenden Bedarfs inkrementell erhöht werden – dies trifft jedoch nicht gleichermaßen auf den Netzanschluss zu. Während für Unternehmen mit einer überschaubaren Anzahl an Fahrzeugen ein Anschluss von wenigen MW auch langfristig eine gute Grundlage darstellt, ist die Situation bei großen Standorten, auf denen langfristig viele Fahrzeugen gleichzeitig geladen werden müssen, schwieriger. Hier kann die notwendige Leistung in den Bereich mehrerer MW steigen. In solchen Fällen wird ab einem gewissen Punkt die verfügbare Kapazität des bisher genutzten Mittelspannungsringes erschöpft sein. Eine weitere Kapazitätssteigerung erfordert den Übergang von ‚Anschluss im Mittelspannungsnetz‘ auf ‚Anschluss in der HS/MS-Umspannebene‘ in Abbildung 2-8. Die zugehörigen Maßnahmen umfassen ein neues Mittelspannungskabel vom Umspannwerk zum Standort (z.T. mehrere Kilometer) und ggf. Ausbaumaßnahmen im Umspannwerk, z.B. die Einbindung eines zusätzlichen Transformators und die Erweiterung der Schaltanlage. Abbildung 3-2 veranschaulicht den Unterschied der Leistungszuwächse der Ladepunkte gegenüber denen des Netzanschlusses.

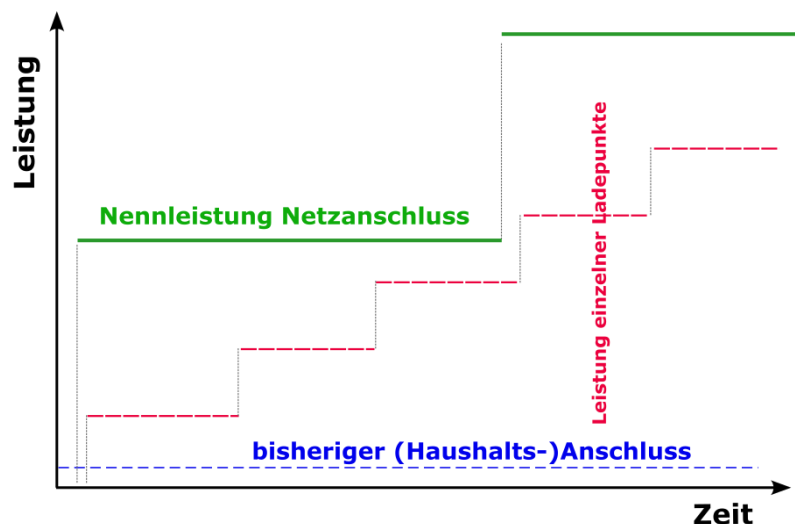


Abbildung 3-2: Leistungssteigerung von Ladepunkten und Netzanschluss während des Hochlaufs der Elektromobilität (schematisch)

Der Übergang zu einem anderen Netzanschlusskonzept geht mit hohen Kosten einher. Diese werden stark vom zu überbrückenden Abstand bestimmt,

liegen aber auch in günstigen Fällen bei mehreren 100 Tsd. Euro. Für die Verlegung von Mittelspannungskabeln im öffentlichen Raum sind aktuell Kosten in Höhe von 500 Tsd. Euro pro Kilometer üblich. Darüber hinaus beanspruchen die netzseitigen Maßnahmen Zeit (siehe nächster Abschnitt 3.4). Deshalb muss bei der Bedarfsermittlung neben den aktuellen Erfordernissen immer auch die künftige Entwicklung mitgedacht werden.

Die Konsequenzen des ermittelten Bedarfs für die Gestaltung und langfristige Entwicklung des Netzanschlusses lassen sich nur im Dialog mit dem zuständigen Netzbetreiber einordnen. Ein informeller Austausch bietet dabei keine Planungssicherheit. Dennoch vertieft er auf beiden Seiten das Verständnis und verschafft einen belastbaren Eindruck von den anstehenden Aufgaben.

Lösungsansätze

Die beschriebenen Unsicherheiten bestehen im Kern aus der stetigen Änderung der erforderlichen Leistung in Kombination mit einem anfänglichen Mangel an Erfahrung sowie Unsicherheit bei der Bedarfsbestimmung. Dem lässt sich im Anfangsstadium am besten mit Pragmatismus begegnen. Die Ladepunkte werden schrittweise ausgebaut, die Entwicklung des Netzanschlusskonzeptes wird zugleich vorausschauend geplant. Ein Unternehmen hat im Rahmen der Erdarbeiten zum Netzanschluss der Ladepunkte bereits Leerrohre für den weiteren Ausbau verlegt. Dadurch lassen sich später Kosten vermeiden. Zumindest im Anfangsstadium sollte das Ziel sein, den Übergang von einem Netzanschlusskonzept auf das nächsthöhere zu vermeiden oder zumindest so lang wie möglich hinauszögern.

Gesteuertes Laden muss dabei von Anfang an mitgedacht werden. In erster Linie richtet sich die Aufmerksamkeit auf die Minimierung der Jahreshöchstlast innerhalb der gegebenen Netzanschlussleistung. Grundlage für eine Optimierung der Ladesteuerung ist ein Monitoring der Energieflüsse und Fahrprofile.

Eine netzseitige Optimierung der Ladesteuerung, an der der Netzbetreiber aktiv mitwirkt, erfordert eine weitergehende Integration der Informationssysteme und erhöht die Komplexität. Abwägungen dazu werden auch im nächsten Abschnitt angerissen.

3.4 Umsetzungsfristen Netzanschluss – Wann beginnt für wen die Planung?

Unklarheiten und Hemmnisse

Die Verteilnetzbetreiber berücksichtigen in ihrer Netzausbauplanung den Bedarf der Elektromobilität im Straßengüterverkehr als Teil der allgemeinen Lastentwicklung. Dabei stützen sie sich auf die Prognosen der Übertragungsnetzbetreiber zum Netzentwicklungsplan bzw. daraus abgeleitete Prognosen (für das Rheinland bspw. das „Regionalszenario West“ [15]). Größere Netzbetreiber erstellen hieraus konkrete Prognosen für das eigene Netzgebiet (sog. Netzausbauplan, siehe z.B. Netzausbauplan Netze Duisburg [16]). Allerdings bedeutet diese strategische Planung nicht, dass Netzkapazitäten ‚auf Vorrat‘ gebaut werden. Dies wird durch die Regulierung, der die Netzbetreiber unterliegen, ausdrücklich vermieden. Die Verteilnetze bieten deshalb in der Regel keine nennenswerten Reserven. Kapazitäten werden nur auf Basis konkreter, formaler Netzanschlussbegehren ausgebaut werden. Selbst eine Aussage, ob das bestehende Netz noch freie Kapazitäten, wird der Netzbetreiber in der Regel nur treffen, wenn ein konkretes Anschlussbegehren vorliegt.

Das bedeutet nicht, dass der Dialog mit dem lokalen Anschlussnetzbetreiber im frühen Planungsstadium überflüssig ist. Allein für die Wahl des Standortes von Ladepunkten kann ein Austausch hilfreich sein. In Mittelspannungsnetzen kann eine Verschiebung von 500 m für die Wahl des geeigneten Anschlusses einen Unterschied machen.

Unter günstigen Umständen kann der Anschluss an ein vorhandenes Mittelspannungsnetz in unmittelbarer Nähe zum Standort erfolgen („Anschluss im Mittelspannungs-Netz“ in Abbildung 2-8). Dies ist – sofern die hier vorhandene Kapazität ausreichend ist – die einfachste, schnellste und kostengünstigste Variante. Vorhandene Kapazitäten werden durch den Netzbetreiber nicht auf Basis informeller Interessensbekundungen reserviert, sondern an Kunden vergeben, die ein konkretes Netzanschlussbegehren stellen. In der Regel erfolgt die Vergabe in der Reihenfolge der Anfrage. Daraus kann sich ein Handlungsdruck ergeben, wenn benachbarte Unternehmen um die bestehenden Reserven im Netz konkurrieren und ein nächster Ausbauschritt möglicherweise mit deutlich höheren Kosten einhergeht. Eine fundierte Entscheidung bleibt angesichts der begrenzten Informationen allerdings schwierig. Einige Netzbetreiber sind damit befasst, mögliche Fehlanreize durch eine Umstellung der Vergabeverfahren zu mindern.

Wenn die Kapazität auf dem vorhandenen Netzabschnitt oder im Umspannwerk bereits weitgehend ausgeschöpft ist, kann auch in einem frühen Stadium und mit nur wenigen Fahrzeugen die Errichtung eines separaten Mittelspannungsabgangs vom nächstgelegenen Umspannwerk unumgänglich sein („Anschluss in der HS/MS Umspannebene“ in Abbildung 2-8).

Vor allem im letzten Fall kann die Bereitstellung eines Netzanschlusses lange dauern. Dabei ist nicht nur entscheidend, wie komplex die Arbeiten sind, sondern auch, in welchem Umfang noch behördliche Genehmigungsverfahren erforderlich sind (z.B. für die Erweiterung eines Umspannwerks). Wenn die Hochspannungsebene tangiert wird, können sich Umsetzungsauern von 2 bis zu 5 Jahren ergeben. Die Kreuzung von Autobahnen, Landesstraßen, Gewässern und insbesondere Bahnlinien können die Planungs- und Ausführungsdauer (sowie die Kosten) eines Netzanschlusses deutlich erhöhen.

Deshalb ist es auch ohne Konkurrenzdruck sinnvoll, den Anschluss so frühzeitig wie möglich zu beantragen. Voraussetzung ist, dass die in den vorigen Abschnitten beschriebenen Fragen – insbesondere die zur erforderlichen Anschlussleistung und zur Finanzierung – geklärt sind. Netzbetreiber können in ihrem Tagesgeschäft nur in sehr begrenztem Umfang Beratungsleistung hinsichtlich des notwendigen Bedarfs und einem passenden Netzanschlusskonzept bieten. Eine hohe Qualität von Netzanschlussanfrage und dahinterliegendem Ladeinfrastruktur-Konzept reduziert sowohl die Kosten als auch die Bearbeitungs- und Umsetzungszeit der Anschlussanfrage.

Eine Möglichkeit, für deren Umsetzung gerade die gesetzlichen Voraussetzungen geschaffen werden, sind flexible Netzanschlussvereinbarungen [19]. Die Netzplanung und die Auslegung der Betriebsmittel gehen aus von der für das Netz anzunehmenden maximalen Belastungssituation. Diese Situation ist nur selten tatsächlich gegeben, so dass auch Netze, die durch die angeschlossenen Kundenanlagen rechnerisch voll ausgelastet sind, über ausgedehnte Zeiträume Reserven bieten. Die zunehmende Ausstattung der Netze mit Sensorik und Vernetzung mit den Mess- und Steuerungseinrichtungen der angeschlossenen Kunden erlaubt es, diese Reserven zu erschließen. Dies ist eine aussichtsreiche Option für gesteuertes Laden, insbesondere während der Nachtstunden, während derer die allgemeine Netzbelastung normalerweise niedriger ist.

In den Gesprächen wurde allerdings auch deutlich, dass es seitens der Logistikunternehmen Vorbehalte gibt, die erforderlichen Schnittstellen gegenüber dem Netzbetreiber bereitzustellen und zu öffnen. Der Sicherheit von IT-Systemen und Daten wird höhere Bedeutung beigemessen, als der vollständigen Erschließung der netzseitigen Optimierungspotentiale.

Lösungsansätze

Wichtig für eine bedarfsgerechte Bereitstellung der Netzanschlüsse ist die frühzeitige formale Anfrage an den Netzbetreiber. Das steht zwar im Widerspruch zu dem Bedürfnis, die mit dem Anschluss verbundenen finanziellen Belastungen so weit wie möglich auf den Moment hinauszuzögern, zu dem der Bedarf tatsächlich gegeben ist. Wegen der z.T. beträchtlichen Umsetzungsdauern ergibt sich bei kurzfristigen Anfragen aber unweigerlich ein hohes Risiko, dass der Bedarf nicht zum gewünschten Zeitpunkt befriedigt werden kann.

Flexible Anschlussvereinbarungen in Verbindung mit gesteuertem Laden bieten perspektivisch die Möglichkeit, die vorhandene Infrastruktur effizienter zu nutzen. Dadurch können sich sowohl Kosteneinsparungen als auch Beschleunigungseffekte ergeben. Die Option sollte bereits jetzt mit dem Netzbetreiber erörtert werden.

Eine niederländische Publikation, die der bereits erwähnten Studie [18] vorausgegangen ist, erörtert die Möglichkeiten, die sich bieten, um die Zeit zu überbrücken, die der Netzbetreiber für die Bereitstellung der beantragten Netzkapazität benötigt siehe (Abbildung 3-3).



Abbildung 3-3: Optionen zur zeitweiligen Überbrückung einer nicht bedarfsge-rechten Netzkapazität durch den Netzbetreiber, Quelle: [20]

Es werden fünf Optionen benannt, die dem Logistikunternehmen zur Verfü-gung stehen. Diese sind teils dauerhaft von Vorteil, d.h. auch wenn die Eng-passssituation behoben ist (z.B. gesteuertes Laden). Zusätzlich zu den be-reits diskutierten Optionen werden stationäre Speicherbatterien zur Glättung von Leistungsspitzen und sogenannte Energy hubs vorgeschlagen. Letztere realisieren eine Bündelung von Lasten und Einspeisungen an geeigneten Standorten. In der Praxis dürfte diese Option in vielen Fällen kaum wirt-schaftlich plausibel zu verwirklichen sein.

Als sechste Option wird die Möglichkeit aufgeführt, die Fahrzeuge zeitweilig über einen mobilen Generator zu laden, der selbst mit fossilen Brennstoffen angetrieben wird. Es versteht sich von selbst, dass diese Option nur in Aus-nahmefällen in Betracht kommt. Die CO₂-Bilanz ist äußerst ungünstig und die Betriebskosten extrem hoch.

3.5 Investitionen in Netzanschluss und Ladeinfrastruktur – Woher kommt die Finanzierung

Unklarheiten und Hemmnisse

In den vorangegangenen Abschnitten wurden wiederholt die hohen Anfangsinvestitionen für die Ladeinfrastruktur als Hemmnis benannt. Das betrifft sowohl die Errichtung des Netzanschlusses als auch der Ladepunkte. Die Kosten, die der Netzbetreiber für den Anschluss der Kundenanlagen berechnet⁴, muss der Errichter weitgehend selbst aufbringen, da diese nicht Teil der öffentlichen Netze sind, die über Netznutzungsentgelte refinanziert werden.

Für die Finanzierung ergibt sich eine zusätzliche Herausforderung daraus, dass die elektrischen Betriebsmittel eine gegenüber den in der Logistikbranche üblichen Gegebenheiten sehr lange Lebensdauer haben. Die in der Netzwirtschaft üblichen Abschreibungszeiträume von mehreren Jahrzehnten sind für Logistikunternehmen schwer darstellbar. Das gilt selbst, wenn die Rentabilität der Investitionen gesichert und das mit ihnen verknüpfte wirtschaftliche Risiko minimal wäre.

Eine abwartende Haltung verspricht allerdings wenig Nutzen. Die Aufwendungen für Netzanschlüsse werden im Laufe der Zeit nicht weiter sinken und auch bei den Ladern ist nicht von einer nennenswerten Kostendegression auszugehen. Im Gegenteil – eventuell aktuell vorhandene finanzielle Fördermöglichkeiten werden mit dem Markthochlauf abgebaut werden.

Die Logistikunternehmen können das Hemmnis an sich kaum ausräumen, sondern müssen damit umgehen. Wünschenswert wäre eine nachhaltige Investitionsförderung, z.B. durch Bürgschaften oder zinsgünstige Kredite. Dafür sind vor allem auf der politischen Ebene Entscheidungen und Maßnahmen erforderlich. Hierfür sollte die Branche offensiv werben und dabei das

⁴ Der Anschlussnehmer hat in der Regel einen Baukostenzuschuss (hiermit werden die allgemeinen Kosten der höheren Netzebene anteilig bepreist) sowie den Netzanschlusskostenbeitrag (individuelle Kosten der Anschlusserstellung) zu entrichten. Zusätzlich muss Netzinfrastruktur auf dem eigenen Grundstück errichtet werden (vor allem Transformatorstation(en) und lokale Verteilung).

gesamtgesellschaftliche Interesse an einem erfolgreichen Hochlauf des elektrifizierten Straßengüterverkehrs immer wieder herausstellen.

Lösungsansätze

Es liegt nahe, dass Logistikunternehmen alle, vor allem im Anfangsstadium verfügbaren Investitionsförderungen auszuschöpfen versuchen.

Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, muss die Ladeinfrastruktur nicht zwingend vom einzelnen Logistikunternehmen oder dem Eigentümer des Grundstücks selbst errichtet und bewirtschaftet werden. Sowohl gemeinschaftlich genutzte Infrastruktur auf einem Gewerbegebiet als auch Angebote externer Dienstleister kommen als Alternative in Betracht. Dadurch wird es nicht weniger herausfordernd, die erforderlichen Investitionen bereitzustellen. Andere Akteure können aber möglicherweise andere Zugänge zur Finanzierung erschließen und dabei andere Sicherheiten nutzen. Ein Unternehmen mag ein Gewerbegebiet verlassen. Wenn die Ladeinfrastruktur aber tatsächlich ein anerkannter Standortfaktor ist, wird dies die Nachnutzung erleichtern. Diese Gewissheit wird bei der Bereitstellung von Krediten anerkannt werden.

Abgesehen davon bleibt es wichtig, auf politischer Ebene zu erwirken, dass das allgemeine Interesse an der Elektromobilität anerkannt wird und auch weiterhin finanzielle Instrumente entwickelt werden, die die Errichtung der dafür erforderlichen Infrastruktur unterstützen.

3.6 Netzanschlussbedingungen und regulatorische Vorgaben

Unklarheiten und Hemmnisse

Die Publikation der NOW [17] betont, dass bei vielen der berührten Fragen eine juristische und steuerliche Beratung unerlässlich ist. Dies gilt vor allem bei allen Formen der gemeinsamen Nutzung von Ladeinfrastruktur. Das Dokument weist auf wesentliche Aspekte hin, die beachtet werden müssen.

Während der Interviews wurde angemerkt, dass auch die gesetzlichen energiewirtschaftlichen Anforderungen sowie die Technischen Anschlussbedingungen der Netzbetreiber einem permanenten Wandel unterliegen. Für die Unternehmen ist es herausfordernd, den Überblick über die aktuell geltenden Regelungen zu behalten. So unterliegt das Laden der Fahrzeugbatterien ggf. anderen Bedingungen als der Betrieb eventuell installierter, stationärer Batteriemodule zur Reduzierung von Lastspitzen. Bei Letzteren muss sichergestellt werden, dass keine Rückspeisung ins Netz erfolgt, da sonst weitergehende Anforderungen gelten ("Erzeugungsanlagen im Mischbetrieb").

Auch hinsichtlich der Ladesteuerung müssen die Anforderungen des Netzbetreibers geprüft und umgesetzt werden. Dass bei der Ausgestaltung eigene Abwägungen bestimmend sein können, wurde in Abschnitt 3.4 bereits angedeutet.

Lösungsansätze

Für die Logistikunternehmen ist es unerlässlich, sich fachlich gut zu informieren und beraten zu lassen. Da die Regularien und Vorschriften komplex sind, zugleich aber für viele Beteiligte gelten, macht es Sinn, einen strukturellen, brancheninternen Informationsaustausch zu organisieren. Hierzu können Vernetzungstreffen und Workshops dienen, es kann aber auch hilfreich sein, über Branchenorganisationen Information zu bündeln und zu verteilen.

Darüber hinaus sollten alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, auf die Ausgestaltung der gesetzlichen und technischen Regulierung einzuwirken und alle Ideen einzubringen, die geeignet sind, den Ausbau der Ladeinfrastruktur in der Fläche zu unterstützen. Angesichts des bestehenden gemeinsamen Interesses an der Bereitstellung einer bedarfsgerechten und effizienten Netzinfrastuktur scheint es sinnvoll, dass die Branchenorganisationen und Verbände Allianzen mit Akteuren aus anderen Bereichen, z.B. Fahrzeughersteller, aber auch Wärmepumpenhersteller und Hersteller von EE-Anlagen suchen.

4 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

4.1 Schlussfolgerungen

Die beschriebenen Herausforderungen für die Logistikbranche während der Hochlaufphase – genauer den Abgleich des Bedarfs an Ladeleistung und die Sicherung der Netzanschlusskapazität – lassen sich drei Spannungsfeldern zuordnen. Diese lassen sich nicht grundsätzlich auflösen:

- Elektrische Netze werden nicht ‚auf Vorrat‘ gebaut. Für die Verteilnetzbetreiber ist ein verbindliches Netzanschlussbegehren die Voraussetzung für die Planung und Entwicklung der Infrastruktur. Der Zeithorizont für Planung, Genehmigung und Umsetzung umfangreicherer Maßnahmen beträgt regelmäßig 5 Jahre, in ungünstigen Fällen auch bis zu 10. Logistikunternehmen ist es hingegen nicht möglich, Verbindlichkeiten für Maßnahmen einzugehen, die so weit in der Zukunft liegen. Dieser Aspekt wird dadurch verstärkt, dass übliche Abschreibungsdauern für Investitionsgüter in der Logistikbranche bei wenigen Jahren liegen, die Abschreibungszeiträume für elektrische Betriebsmittel der Netzbetreiber aber mehrere Jahrzehnte.
- Für die Hochlaufphase wäre es wünschenswert die Netzanschlussleistung inkrementell mit dem Bedarf zu steigern. Die Entwicklung der elektrischen Infrastruktur erfolgt aber technisch bedingt in größeren Schritten. Netzanschlüsse können nicht beliebig skaliert werden. Es gibt Niveaus, ab denen ein vorhandener Anschluss nicht mehr weiter ausgebaut werden kann, sondern durch einen neuen, stärkeren ersetzt werden muss. Investitionsentscheidungen in Netzanschlusskapazität stellen deshalb eine Planungsherausforderung dar und bergen ein Risiko – durchaus auch, wenn dabei zu zurückhaltend vorgegangen wird.
- In vielen Fällen sind die Logistikunternehmen nur Nutzer und nicht Eigentümer der Flächen. Die Infrastruktur eines Gewerbegebietes wird durch den Eigentümer und / oder Entwickler des Gebietes geplant und bereitgestellt. Netzanschlüsse für das Laden von E-Lkw erfordern deutlich höhere Leistungen als die bisherigen Lasten auf Logistikflächen. Im Planungsstadium ist aber nicht sicher absehbar, welche Unternehmen die Flächen in welcher Weise nutzen werden. Der Entwickler muss in Vorleistung gehen.

Gerade weil diese grundsätzlichen Spannungsfelder nicht ausgeräumt werden können, ist es wichtig, während der Hochlaufphase alle Optionen zu nutzen, mit denen die Unsicherheiten und Risiken minimiert und beherrscht werden können. Wenn der Übergang zur Elektromobilität im Straßengüterverkehr erst einmal vollzogen ist, verlieren die Spannungsfelder an Bedeutung.

Diese Optionen, die aus Lösungsansätzen im vorigen Abschnitt abgeleitet sind, werden im Folgenden den Akteuren zugeordnet, die die Verantwortung übernehmen können.

4.2 Handlungsempfehlungen

Dem Bereitstellen von Information und dem Sammeln von Erfahrung kommt eine Schlüsselrolle zu. Dies betrifft alle Akteure, die den Hochlauf der Elektromobilität im Straßengüterverkehr in ihrem Zuständigkeitsbereich beeinflussen können. Deshalb empfiehlt sich ein branchenübergreifender Austausch, der Logistiker, Flächenentwickler, Gemeinden, Netzbetreiber einbezieht und idealerweise auch Vertreter der politischen Ebenen adressiert. Wegen der zu erwartenden Lernprozesse ist es sinnvoll, dem nicht sporadisch Raum zu geben, sondern eine permanente Plattform in Kombination mit regelmäßigen, niedrigschwelligen Veranstaltungen zu den relevanten Themen zu organisieren. Branchenverbände oder auch die IHK können hier eine wichtige koordinierende Rolle spielen.

Logistikunternehmen

Die Logistikunternehmen sehen sich mit einer Vielzahl von Unwägbarkeiten konfrontiert. Die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs ist vor dem Hintergrund der politischen Zielstellungen in Deutschland und Europa allerdings alternativlos. Deshalb sind trotz der bestehenden Risiken beherrzte Richtungsentscheidungen unumgänglich.

Um diese so kenntnisbasiert wie möglich zu treffen, ist eine Vernetzung der Unternehmen zumindest auf einem Standort zweckmäßig. Dabei sollten von Beginn an auch Möglichkeiten zu gemeinsamem Herangehen ausgelotet werden.

Vor allem kleine Unternehmen mit wenigen Fahrzeugen stehen nicht alle Optimierungspotentiale offen. Für sie sind Partnerschaften oder Bereitstellung von Ladedienstleistungen durch Dritte wichtig.

Für den Aufbau von Erfahrungen ist ein engmaschiges Monitoring von Fahr- und Ladeprofilen wichtig. Die ausgewerteten Daten werden in einer späteren Phase nicht nur helfen, Zeitpunkt und Umfang Investitionsentscheidungen festzulegen. Sie werden auch bei der unausweichlichen Anpassung von internen Abläufen, sowie der Disposition von Fahrzeugen und Personal helfen.

Eine vorausschauende Bedarfsermittlung und ein qualitativ hochwertiges Netzanschlusskonzept helfen, die Zeit zur Bearbeitung und Ausführung eines Netzanschlusses sowie die entstehenden Kosten zu minimieren. Logistikunternehmen müssen sich vermehrt in die technischen Anforderungen und Prozesse der Energiewirtschaft eindenken und entsprechende Leitfäden oder alternativ Beratungsangebote nutzen.

Standort-Entwickler und Eigentümer von Gewerbeflächen

Die Verfügbarkeit einer leistungsfähigen Ladeinfrastruktur wird für die Neuansiedlung von Unternehmen ein zunehmend wichtiger Faktor werden. Das bedeutet nicht zwingend, dass sich Grundstückseigentümer selbst engagieren und Ladepunkte installieren müssen.

Gerade bei der Entwicklung neuer Gewerbegebiete ist Verständnis von Trends und eine Vision zu den langfristigen Veränderungen wichtig. Bei der räumlichen Planung der Grundstücke sollten, auch firmenfremden Fahrzeugen zugängliche Flächen für das Laden von Anfang an mitgedacht werden. Das verbessert die Verwertbarkeit von Grundstücken über die bestehenden oder absehbaren Vertragsverhältnisse hinaus. Beim Aufbau der Energieinfrastruktur kann es sinnvoll sein, den künftigen Bedarf zu berücksichtigen und z.B. Leerrohre zu den Grundstücken zu verlegen, so dass zu einem späteren Zeitpunkt höhere Leistungen mit vergleichsweise geringem Aufwand angeschlossen werden können.

Grundstückseigentümern kommt eine Schlüsselrolle zu, wenn Nutzer den Wunsch äußern, nicht selbst die Ladeinfrastruktur anzulegen, sondern Ressourcen gemeinschaftlich zu entwickeln und zu nutzen. Die Konturen entsprechender Vermarktungskonzepte können frühzeitig herausgearbeitet werden. Die damit verbundenen rechtlichen und regulativen Herausforderungen sollten in einem frühen Stadium untersucht werden. Bereits damit wird von den einzelnen Logistikunternehmen eine Bürde genommen, bzw. eine der vielen Entscheidungen gestützt.

Gemeinden und Behörden

Gemeinden und Behörden, die mit Raumplanung betraut sind, haben verschiedene Schnittstellen, an denen es gilt, die Logistikbranche in ihren Transformationsbemühungen zu unterstützen. Mögliche Fragestellungen sind vielfältig. Es kann um die Ausweisung von Park- und Abstellflächen für Fahrzeuge oder aber Umspannwerke gehen, ebenso wie die Behandlung von Anfragen unabhängiger Dienstleister, die Ladepunkte in unmittelbarer räumlicher Nähe zu Gewerbegebieten anbieten wollen. Der Aufbau der Ladeinfrastruktur erfordert Tiefbauarbeiten im öffentlichen Raum, die genehmigt und geplant werden müssen. Angesichts der Vielfalt und Komplexität der Fragen ist es auch für die Vertreter von Gemeinden und Behörden wichtig, dass sie ein Verständnis für die Veränderungsprozesse in der Branche erwerben. Die lokalen Vorteile der Elektromobilität (drastische Reduktion von Treibhausgas- und Lärmemissionen) rechtfertigen ein aktives Werben für den Transformationsprozess.

Netzbetreiber

Zu den energiewirtschaftlichen Kernaufgaben der Netzbetreiber zählt es, die notwendigen Netzinfrastrukturbedarf langfristig zu planen und zu entwickeln. Diese Aufgabe nehmen Netzbetreiber beispielsweise in Form der gesetzlich geforderten Netzausbauplänen nach.

Durch die zunehmende Konkurrenz verschiedener Branchen um Netzkapazität kommt Netzbetreibern heute auch die Rolle als ‚Gatekeeper‘ der noch kurzfristig vorhandenen Anschlussleistung zu. Zwar erfolgt die Vergabe meist nach dem Windhundprinzip – zunehmend entwickeln Netzbetreiber jedoch auch Vergabeverfahren, in denen eine zunehmende Bedarfsprüfung und/oder anteilige Leistungsvergaben genutzt werden. Netzbetreiber können die Entwicklung (neben der Wahrnehmung ihrer energiewirtschaftlichen Kernaufgaben) dahingehend unterstützen, indem sie innovative Netzananschlusskonzepte wie bspw. flexible Netzananschlussvereinbarungen aktiv entwickeln und potenziellen Anschlussnehmern anbieten.

Wie auch die Logistiker sind die Netzbetreiber durch die Dynamik der Umstellung einem hohen Druck ausgesetzt. Im Dialog mit der Bundesnetzagentur und dem Gesetzgeber können sie Spannungsfelder adressieren und dazu beitragen, dass in der Weiterentwicklung des gesetzlichen Rahmens bestehende Barrieren ausgeräumt werden.

Politik

Für die politischen Entscheidungsträger ist es wichtig zu verstehen, dass die Logistikbranche einem hohen Veränderungsdruck ausgesetzt ist, aber selbst längst nicht alle Möglichkeiten selbst in der Hand hat, die Veränderungen voranzutreiben. Ein kohärenter und verlässlicher politischer Rahmen ist die Grundvoraussetzung dafür, dass die Unternehmen die weitreichenden Entscheidungen treffen können. Es ist wichtig anzuerkennen, dass der Hochlauf noch ganz am Beginn steht und rein marktliche Mechanismen in diesem Stadium die Erreichung der gesetzten gesellschaftlichen Ziele nicht garantieren. Der Einsatz von Förderinstrumenten ist während der nächsten Jahre durchaus gerechtfertigt.

Die Logistikbranche agiert naturgemäß stark grenzüberschreitend. Das gilt insbesondere für den Bereich der Sattelzugmaschinen, der perspektivisch den größten Teil der elektrischen Arbeit und Ladeleistung verantwortet. Konsistente und verlässliche Rahmenbedingungen dürfen sich deshalb nicht auf Deutschland beschränken, sondern müssen zumindest europaweit ein ‚level-playing-field‘ garantieren. Einerseits muss dazu europaweit eine flächendeckende, bedarfsgerechte öffentliche Ladeinfrastruktur mit einheitlichen Standards und leicht zu bedienenden Abrechnungsmechanismen etabliert werden. Andererseits müssen auch die politischen Steuerungsinstrumente – sowohl diejenigen die die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs als auch jene, die den Ausstieg aus fossilen Kraftstoffen anreizen – europaweit harmonisiert werden.

Eine ausschließliche Nutzung der Ladeinfrastruktur nur durch eigene Fahrzeuge wird die Ausnahme sein. Viele Transportunternehmen stellen Dienstleistungen für Dritte bereit. Depotladen bedeutet in diesem Fall Laden beim Kunden. Die komplexen rechtlichen und steuerlichen Konsequenzen, die dabei berücksichtigt werden müssen, stehen einem pragmatischen Ansatz in der Hochlaufphase im Weg. Die Bereitstellung von Ladestrom für Dritte erfordert Zusatzinvestitionen und zieht derzeit einen hohen bürokratischen Aufwand nach sich, der Verwaltungs- und Beratungskosten verursacht. Diese Kosten treffen vor allem kleine und mittlere Betriebe. Die trifft insbesondere zu, wenn mit dem Laden zugleich Strom einer EEG-Anlage am Standort weitergegeben wird. Hier bedarf es eines deutlichen Abbaus rechtlicher und bürokratischer Hürden.

Literaturverzeichnis

- [1] Agora Think Tanks, „Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung.“, Berlin, 2024.
- [2] K. Göckeler, I. Steinbach, W. K. Görz, F. Hacker, R. Blanck, M. Mottschall, „StratES – Szenarien für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs. Studie auf Basis von Markthochlaufmodellierungen“, Berlin: Öko-Institut, 2023. [Online]. Available: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/StratES-Szenarien-Elektrifizierung-Strassengueterverkehr.pdf>.
- [3] d-fine, „Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg“, Studie im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart, 09/2024.
- [4] Landesbetrieb IT.NRW, „5,6 Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in NRW arbeiteten 2020 im Bereich Transport und Logistik“, 07 01 2025. [Online]. Available: <https://www.it.nrw/56-prozent-der-sozialversicherungspflichtig-beschaeftigten-nrw-arbeiteten-2020-im-bereich-transport>.
- [5] Logistik.NRW, „Zahlen, Daten, Fakten zur Logistik in NRW“, 07 01 2025. [Online]. Available: <https://www.logit-club.de/themen/logistik-am-standort-nrw/zahlen/-/daten/-/fakten>.
- [6] Bergische Universität Wuppertal und weitere, „Güterverkehrsstudie für das Gebiet der Metropolregion Rheinland“, Studie im Auftrag der Logistikregion Rheinland e.V., 2023.
- [7] Kraftfahrt-Bundesamt, „Statistik: Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken“, 1. Januar 2024 (FZ 1). [Online]. Available: https://www.kba.de/DE/Statistik/Nachrichten/2024/Statistik/fz_1_2024.html.
- [8] Kraftfahrt-Bundesamt, „Statistik - Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen mit alternativem Antrieb (FZ 28)“, 07 01 2025. [Online]. Available: https://www.kba.de/DE/Statistik/Nachrichten/2024/Statistik/fz_28_11_2024.html.
- [9] Autobahn GmbH des Bundes, „Projektexposé - Planung, Errichtung und Betrieb von öffentlich zugänglicher Schnellladeinfrastruktur für E-Lkw“, 2024. [Online]. Available: https://www.autobahn.de/storage/user_upload/qbank/Projektexpose_Ausschreibung_LKW-Schnellladenetz_unbewirtschaftete_Rastanlagen.pdf.
- [10] NOW GmbH, „Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr“, Berlin, 2023.
- [11] Lanuv NRW, „Strommarktmonitoring NRW“, p. https://www.energieatlas.nrw.de/site/Media/Default/Dokumente/230328_Auswertungen_StrommarktmonitoringNRW.pdf, 2023.

- [12] Kraftfahrt-Bundesamt, „Verkehrsaufkommen Jahr 2023 (VD 1),“ 2023. [Online]. Available: https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/deutscherLastkraftfahrzeuge/vd_Verkehrsaufkommen/vd_verkehrsaufkommen_node.html.
- [13] Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (Hrsg.), „Einfach laden an Rastanlagen,“ Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), Berlin, 2022.
- [14] Wirtschaftswoche, „Solarausbau - Supermärkte müssen bis zu 18 Monate auf einen Netzanschluss warten,“ 15.11.2023. [Online]. Available: <https://www.wiwo.de/unternehmen/handel/solarausbau-supermaerkte-muessen-bis-zu-18-monate-auf-einen-netzanschluss-warten/29502046.html>.
- [15] Netzbetreiber der Planungsregion West, „Regionalszenario 2023,“ 06/2023. [Online]. Available: <https://www.vnbdigital.de/gateway/files?serviceName=vnb&fileId=649d1ea39b70ff2ebcf83e71&preview=1>.
- [16] Netze Duisburg GmbH, „Netzausbauplan 2024,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.vnbdigital.de/gateway/files?serviceName=vnb&fileId=662a145958136a373e9c9bda>.
- [17] Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur der NOW GmbH, „Einfach Laden am Depot - Leitfaden für den Aufbau von Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge,“ Berlin, 2023.
- [18] Cetraal Bureau voor de Statistiek / Districon, „Präsentation zu "Elektricitietisaansluitingen adressen met bedrijfsvoertuigenpark, 2022",“ NKL Nederland - Nationale Agenda Laadinfrastructuur, 2024.
- [19] Deutscher Bundestag, „Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Vermeidung von temporären Erzeugungsüberschüssen (Gesetzentwurf),“ Deutscher Bundestag Drucksache 20/14235, 2024.
- [20] CE Delft, „Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit - Mitigerende maatregelen voor bestelauto's en vrachtwagens,“ Delft, 2022.

Danksagung

Wir möchten uns herzlich bei allen Beteiligten bedanken, die ihre Einblicke maßgeblich zum Gelingen dieses Berichts beigetragen haben. Die folgenden Unternehmen haben uns als Interviewpartner oder durch die Bereitstellung von Informationen unterstützt:

Duisburger Hafen AG

Röskes Logistics GmbH

Netze Duisburg GmbH

Stadtwerke Heiligenhaus GmbH

Contargo GmbH & Co. KG

Westenergie AG

Verband Verkehrswirtschaft und Logistik Nordrhein-Westfalen e.V.

SEGRO Deutschland GmbH

DSV Unternehmensgruppe