

Einfach laden am Depot

Leitfaden für den Aufbau von Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge



**Einfach laden am
Depot**

00

Einleitung

8

Warum ist die Elektrifizierung des schweren Straßengüterverkehrs notwendig? 8

Was ist das Ziel dieses Leitfadens? 11

Wie ist der Leitfaden aufgebaut? 13

01

Basiswissen – alles, was Sie zum Aufbau von Ladeinfrastruktur wissen müssen

14

1.1 Ladeeinrichtung 16

1.1.1 Was sind Ladeeinrichtungen und welche Arten gibt es? 16

1.1.2 Welche Rolle spielt die Ladeleistung beim Ladevorgang? 22

1.1.3 Welche Rolle spielt das E-Nutzfahrzeug für die Auswahl der Ladeeinrichtung? 28

1.2 Netzanschluss 32

1.2.1 Was ist der Netzanschluss? 32

1.2.2 Was ist eine Trafostation und wie wird sie mit der Ladeeinrichtung verbunden? 34

1.2.3 Wie kann die Netzanschlussleistung erweitert werden? 35

1.2.4 Was sind Lastspitzen und warum sollten diese vermieden werden? 37

02

1.3 Softwarelösungen	40
1.3.1 Was ist Last- und Lademanagement und welche Ausprägungen gibt es?	40
1.3.2 Wie hilft die Software bei der Vermeidung von Lastspitzen und der Dimensionierung des Netzanschlusses?	45
1.3.3 Wie lässt sich der Energieeinsatz auf dem Betriebshof weiter optimieren?	51
Planung, Aufbau & Betrieb der Ladeinfrastruktur	54
Schritt 1 – Wie ermittle ich den Ladeleistungsbedarf für den Betriebshof?	56
Schritt 2 – Wie beantrage ich die Erweiterung des Netzanschlusses?	66
Schritt 3 – Wie gestalte ich den Betriebshof und wo verorte ich die Ladeinfrastruktur?	71
<i>Exkurs:</i> Elektromobilität und Brandschutz	76
<i>Exkurs:</i> Lärmemissionen	82
Schritt 4 – Wie organisiere ich die bauliche Umsetzung der Infrastruktur?	85
Schritt 5 – Was muss ich für den zuverlässigen Betrieb der Ladeinfrastruktur beachten?	92
<i>Exkurs:</i> Laden betriebsfremder E-Fahrzeuge auf dem Betriebshof – welche rechtlichen Aspekte sind zu beachten?	97

03

Checkliste 108

04

Wirtschaftlichkeit 112

4.1 Welche Kostenfaktoren spielen bei der Elektrifizierung des Fuhrparks eine Rolle?	113
4.2 Wie steht der E-Lkw bei einer Gesamtkostenbetrachtung im Vergleich zum Diesel-Lkw da?	121
4.3 Welche Möglichkeiten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von E-Lkw bestehen?	124

05

Verzeichnisse 132

Quellenverzeichnis	132
Abkürzungsverzeichnis	137

00

Einleitung

Warum ist die Elektrifizierung des schweren Straßengüterverkehrs notwendig?

Um das im Pariser Klimaabkommen festgehaltene 1,5-Grad-Ziel einhalten zu können, verfolgt die Bundesregierung ambitionierte Klimaschutzziele. So hat Deutschland die schrittweise Reduzierung seiner Treibhausgasemissionen im Jahr 2019 in einem Klimaschutzgesetz beschlossen. Bis 2045 soll Deutschland klimaneutral sein. Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen bereits um 65 Prozent gegenüber dem Bezugsjahr 1990 gesenkt werden, wie bei der Novellierung des Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021 beschlossen wurde. Eine konsequente Emissionsminderung bis hin zur Emissionsfreiheit stellt jedoch insbesondere im Verkehrssektor nach wie vor eine große Herausforderung dar. Einen wichtigen Bestandteil der Flottenumstellung auf emissionsfreie Antriebe bildet hierbei der schwere Straßengüterverkehr. Aktuell basiert der Straßengüterverkehr fast ausschließlich auf konventionellen Dieselmotoren und verursacht rund ein Drittel der CO₂-Emissionen des gesamten Verkehrssektors. Durch den Einsatz klimafreundlicher Lkw kann eine signifikante Einsparung von CO₂ erreicht werden. Ziel der Bundesregierung ist daher, dass bis 2030 ein Drittel der Fahrleistung im schweren Straßengüterverkehr elektrisch

erbracht wird. Das Gesamtkonzept klimafreundliche Nutzfahrzeuge des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) ist der Fahrplan für die Etablierung emissionsfreier Antriebe und die damit verbundene Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs.¹



Quelle 1

Das Marktangebot an emissionsfreien Nutzfahrzeugen wird immer breiter. Bereits heute bieten alle großen Hersteller auch Lkw mit batterieelektrischen Antrieben an. Die strategische Positionierung der Fahrzeughersteller für die kommenden Jahre ist aufgrund der regulativen Rahmenbedingungen (Verschärfung der CO₂-Flottenzielwerte der EU) zunächst klar auf den batterieelektrischen Antrieb ausgerichtet. Laut der Studie „Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr“ der NOW GmbH aus dem Jahr 2022 geht die Branche davon aus, dass im Jahr 2030 bereits rund 60 Prozent der Neuzulassungen schwerer Nutzfahrzeuge in Deutschland batterieelektrisch sein werden. Weitere 17 Prozent der Neuzulassungen sollen demnach mit einem Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb ausgestattet sein.²



Quelle 2

Für Unternehmen wird die Flottenumstellung aufgrund der Marktdynamik, der sich ändernden regulativen Rahmenbedingungen (etwa die Einführung einer nach CO₂-Ausstoß differenzierten Maut für Nutzfahrzeuge ab 3,5 t, vsl.

im Dezember 2023) sowie der zunehmenden Nachfrage nach grünen Transportdienstleistungen ein relevantes Thema für die kommenden Jahre sein. Der E-Lkw hat wegen geringerer Betriebskosten zudem das Potenzial, in der Gesamtkostenbetrachtung wirtschaftlicher als ein Diesel-Lkw zu sein.



Quelle 3

Mit dem Einsatz von E-Lkw untrennbar verbunden ist der Aufbau von geeigneter Ladeinfrastruktur, sowohl im öffentlichen Bereich als auch auf betriebseigenen Flächen. Im Rahmen der Umsetzung des Masterplans Ladeinfrastruktur II der Bundesregierung sind deswegen sowohl die Ausschreibung eines initialen Ladenetzes für E-Lkw im Fernverkehr als auch weitere Fördermaßnahmen für den Aufbau von Lkw-Ladeinfrastruktur in Depots, Gewerbegebieten und Umschlagplätzen geplant.³ Das Laden an Depots und Betriebshöfen wird eine zentrale Rolle für den Einsatz von E-Lkw spielen. Daher bietet dieser Leitfaden eine Anleitung dafür, Lademöglichkeiten auf dem eigenen Betriebshof aufzubauen.

Informationen zum Laden von E-Nutzfahrzeugen an öffentlichen Ladepunkten finden sich in den Publikationen „Einfach E-Lkw laden. Die User Journey an öffentlichen Ladestationen jetzt und 2030“ sowie „Einfach laden an Rastanlagen. Auslegung des Netzanschlusses für E-Lkw-Lade-Hubs“ der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur.

Was ist das Ziel dieses Leitfadens?

Um sich als Logistikunternehmen für die Antriebswende im Nutzfahrzeugbereich zu wappnen, muss man frühzeitig die richtigen Weichen stellen. Dieser Leitfaden hilft beim Einstieg in die Elektromobilität und unterstützt beim Transformationsprozess hin zu einer emissionsfreien Logistik. Logistikunternehmen, die nun mit dem Umstieg beginnen, positionieren sich strategisch für die kommenden Jahre und sichern ihre Wettbewerbsfähigkeit.

Der Leitfaden vermittelt grundsätzliche Informationen zum Aufbau von Ladeinfrastruktur für schwere batterieelektrische Nutzfahrzeuge (N3 gemäß den EG-Fahrzeugklassen; im Folgenden E-Nutzfahrzeuge oder E-Lkw genannt) auf dem Betriebshof. Er richtet sich sowohl an Unternehmen im Fuhrbetrieb, die sich in einer Frühphase der Flottenumstellung befinden, als auch an Betreiber von Logistikstandorten, die die technische Ertüchtigung ihrer Immobilien planen und sich möglicherweise erstmals mit dem Thema Ladeinfrastruktur auseinandersetzen. Die einzelnen Abschnitte enthalten Antworten zu den wesentlichen Fragestellungen auf diesem Gebiet und geben Praxistipps.

Die betrachtete Fahrzeugklasse weist eine große Vielfalt an Einsatzszenarien auf: im Gütertransport, als Sonderfahrzeug im Baugewerbe oder als Einsatzfahrzeug für die Feuerwehr. Faktoren wie Stand- bzw. Ladezeit und der benötigte Energiebedarf pro Ladevorgang können bei verschiedenen Anwen-

dungsfällen sehr unterschiedlich sein. Die großen Energiespeichermengen der Batterien, die für die schweren Fahrzeuge oft benötigt werden, und die damit verbundenen hohen Leistungsbedarfe beim Laden von E-Nutzfahrzeugen vergrößern die Herausforderung bei Aufbau und Betrieb von passenden Ladelösungen noch. So muss etwa die Leistungstärke des Netzanschlusses des jeweiligen Betriebshofs frühzeitig bedacht werden.

Dieser Leitfaden kann die Vielfalt der Anwendungsfälle beim Einsatz von E-Nutzfahrzeugen nicht im Detail abbilden. Es wurden aus diesem Grund leicht übertragbare Ansätze gewählt, die auf möglichst viele Anwendungsfälle zutreffen. Eine Betrachtung der eigenen Gegebenheiten vor Ort muss aber in jedem Fall erfolgen. Zudem wird die bedarfsweise Einbeziehung von Fachbetrieben oder Dienstleistern empfohlen.

Wie ist der Leitfaden aufgebaut?

Kapitel 1 klärt zunächst die wesentlichen technischen Begrifflichkeiten, die im Zusammenhang mit dem Umstieg auf Elektromobilität wichtig sind. In Kapitel 2 wird beispielhaft der Prozess von der Planung des Aufbaus bis hin zum Betrieb der Ladeinfrastruktur erläutert. Der Leitfaden schließt mit einer Zusammenfassung der wesentlichen Aspekte zum wirtschaftlichen Einsatz von E-Nutzfahrzeugen. An vielen Stellen finden sich zur Vertiefung des Wissens Informationsboxen und Checklisten bzw. Exkurse zu Spezialthemen.

Die Darstellungen, Hinweise und Tipps in diesem Leitfaden basieren auf den Erkenntnissen der Task-Force Depotladen. Diese Task-Force wurde im Jahr 2022 im Rahmen des Gesamtkonzeptes klimafreundliche Nutzfahrzeuge von dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), der NOW GmbH und der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur durchgeführt.⁴ Weitere Erkenntnisse stammen aus einer Vielzahl von qualitativen Interviews mit Fachexpertinnen und -experten der relevanten Branchen (insbesondere Fahrzeughersteller, Ladeinfrastrukturbetreiber, Netzbetreiber, Logistikunternehmen) sowie ausführlichen Recherchen.



Quelle 4

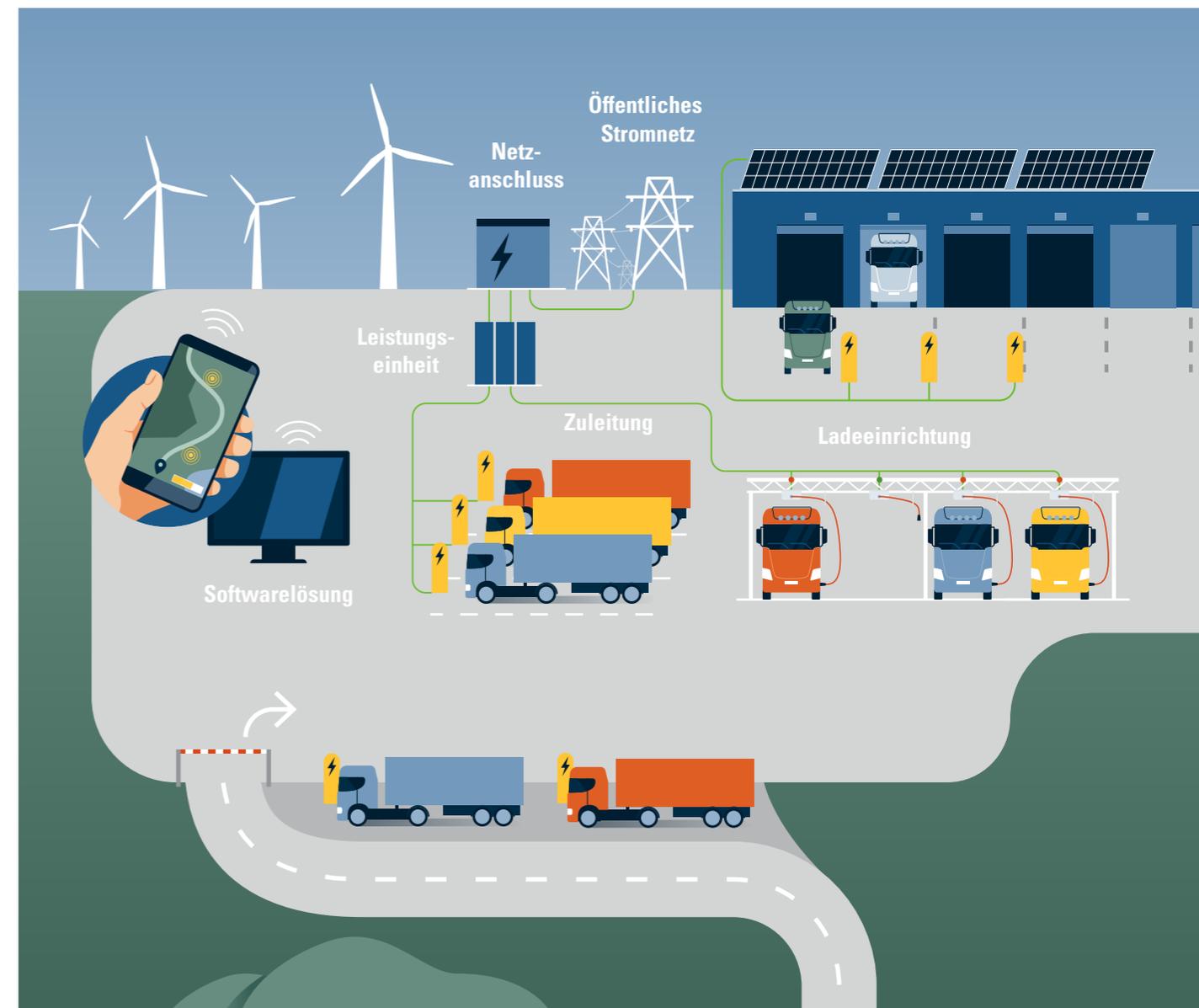
01

Basiswissen – alles, was Sie zum Aufbau von Ladeinfrastruktur wissen müssen

Im Fokus dieses Kapitels steht die Vermittlung von Basiswissen, das Sie für die Errichtung von Ladeinfrastruktur auf dem eigenen Betriebshof benötigen. Die Ladeinfrastruktur muss die benötigte Strommenge zur benötigten Zeit für ein oder mehrere E-Fahrzeuge z. B. auf einem Betriebshof bereitstellen. Dabei kann die Ladeinfrastruktur als System aus mehreren Bausteinen verstanden werden: Neben der Ladeeinrichtung spielen weitere Komponenten wie der Netzanschluss mit Transformator bzw. Umspannstation, die notwendigen Zuleitungen sowie Softwarelösungen für den Betrieb eine wichtige Rolle (siehe Abbildung 1).

Im Folgenden werden die einzelnen Bestandteile der Ladeinfrastruktur näher erläutert. Dabei geht es zunächst um die Ladeeinrichtung selbst, dann um das Thema Netzanschluss und abschließend um Softwarelösungen für den Betrieb der Ladeinfrastruktur.

ABBILDUNG 1: BAUSTEINE EINES ELEKTRIFIZIERTEN BETRIEBSHOFS



1.1 Ladeeinrichtung

1.1.1 Was sind Ladeeinrichtungen und welche Arten gibt es?

Die Ladeeinrichtung markiert den Übergabepunkt der elektrischen Energie zwischen Stromnetz und E-Fahrzeug. Sie steuert den Ladeprozess und gewährleistet eine sichere Aufladung.

Es gibt AC- und DC-Ladeeinrichtungen.

AC-Ladeeinrichtungen verwenden Wechselstrom aus dem öffentlichen Netz, um das Elektrofahrzeug zu laden. Der Wechselstrom wird durch den On-Board-Charger des Fahrzeuges in Gleichstrom umgewandelt, sodass die Batterie geladen werden kann.



Quelle 5

DC-Ladeeinrichtungen besitzen einen Gleichrichter. Der Gleichrichter transformiert den Wechselstrom aus dem öffentlichen Stromnetz in Gleichstrom. Die Umwandlung des Wechselstroms in Gleichstrom im Fahrzeug entfällt.⁵

Je nach Anwendungsfall finden diese unterschiedlichen Arten von Ladeeinrichtungen Verwendung.

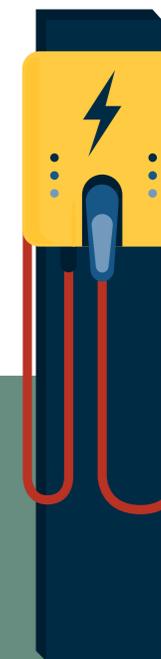
Konkret kann es sich bei der Ladeeinrichtung um eine Wallbox, eine Ladesäule oder eine Ladeeinrichtung mit Dispenser⁶ (Einheit zur Übergabe des Stroms) und abgesetzten Leistungseinheiten handeln. Die unterschiedlichen Einsatzzwecke der Ladeeinrichtungen sind im Folgenden dargestellt.



Quelle 6

Wallbox

Die Wallbox ist eine kompakte und in den Anschaffungskosten vergleichsweise günstige Ladeeinrichtung, die an der Wand oder einer anderen Stelle montiert werden kann. Sie verfügt in der Regel über ein bis zwei Ladepunkte (d. h. Ladekabel mit Stecker bzw. Ladebuchsen, an die Ladekabel angeschlossen werden können). Generell ist eine Wallbox dann sinnvoll, wenn eine Aufladung der E-Fahrzeuge mit gängigen Ladeleistungen von 11 oder 22 kW erfolgen soll. Wallboxen können als AC- oder DC-Ladeeinrichtung ausgeführt werden. Ein Großteil der Wallboxen ist jedoch als AC-Ladeeinrichtung ausgeführt, da diese in der Regel kostengünstiger sind.



Ladesäule

Eine Ladesäule wird üblicherweise eingesetzt, wenn höhere Ladeleistungen zum Einsatz kommen. Sie kann über einen oder mehrere Ladepunkte verfügen. Prinzipiell eignet sich die Ladesäule für sämtliche Ladeleistungen, sie ist aber vor allem für höhere Ladeleistungen konzipiert, was jedoch mit größerem Platzbedarf und höheren Anschaffungskosten im Vergleich zu Wallboxen einhergeht. Eine Ladesäule kann AC- und auch DC-Ladepunkte aufweisen. Da für die Gleichstrom-Ladung ein leistungsstarker Gleichrichter sowie ggf. entsprechende Lüfter für die Gerätekühlung in der Ladeeinrichtung verbaut sein müssen, sind Schnellladeeinrichtungen in der Regel als Kompaktladesäule konzipiert. Diese haben aufgrund ihrer Größe gegenüber Wallboxen einen Bauraumvorteil für die Verortung des Gleichrichters.



Ladeeinrichtung mit abgesetzten Leistungseinheiten

Neben Wallboxen und Ladesäulen gibt es Ladeeinrichtungen mit abgesetzten Leistungseinheiten, die eine wesentlich höhere Flexibilität bei der Verortung und Gestaltung der Ladeinfrastruktur ermöglichen können. Hierbei ist die Leistungseinheit abgesetzt von der eigentlichen Ladesäule (Dispenser, Kiosk etc.) aufgestellt. Eine Leistungseinheit kann mehrere Dispenser bedienen. Die Leistung wird von der Leistungseinheit auf die einzelnen Dispenser verteilt. Diese Topologie kann notwendig sein, wenn die Bedingungen auf dem Betriebshof eine Installation von Ladesäulen aufgrund von Platzproblemen unmöglich machen bzw. erschweren. Diese Lösung wird ausschließlich bei DC-Ladeeinrichtungen realisiert.

Laut aktueller Normung darf die Entfernung zwischen Ladeeinrichtung und Ladebuchse des E-Nutzfahrzeuges bzw. die Länge eines für die Schnellladung erforderlichen CCS⁷-Ladekabels aktuell zehn Meter nicht übersteigen. Dies bedeutet, dass Ladeeinrichtung und Ladeplatz prinzipiell nicht mehr als zehn Meter voneinander entfernt sein dürfen. Um eine größere Entfernung zwischen Ladeeinrichtung und dem Ladeplatz zu überbrücken, kann wie oben beschrieben eine Ladeeinrichtung mit abgesetztem Dispenser verwendet werden. Der Dispenser ist über ein unterirdisch verlegtes Kabel oder über

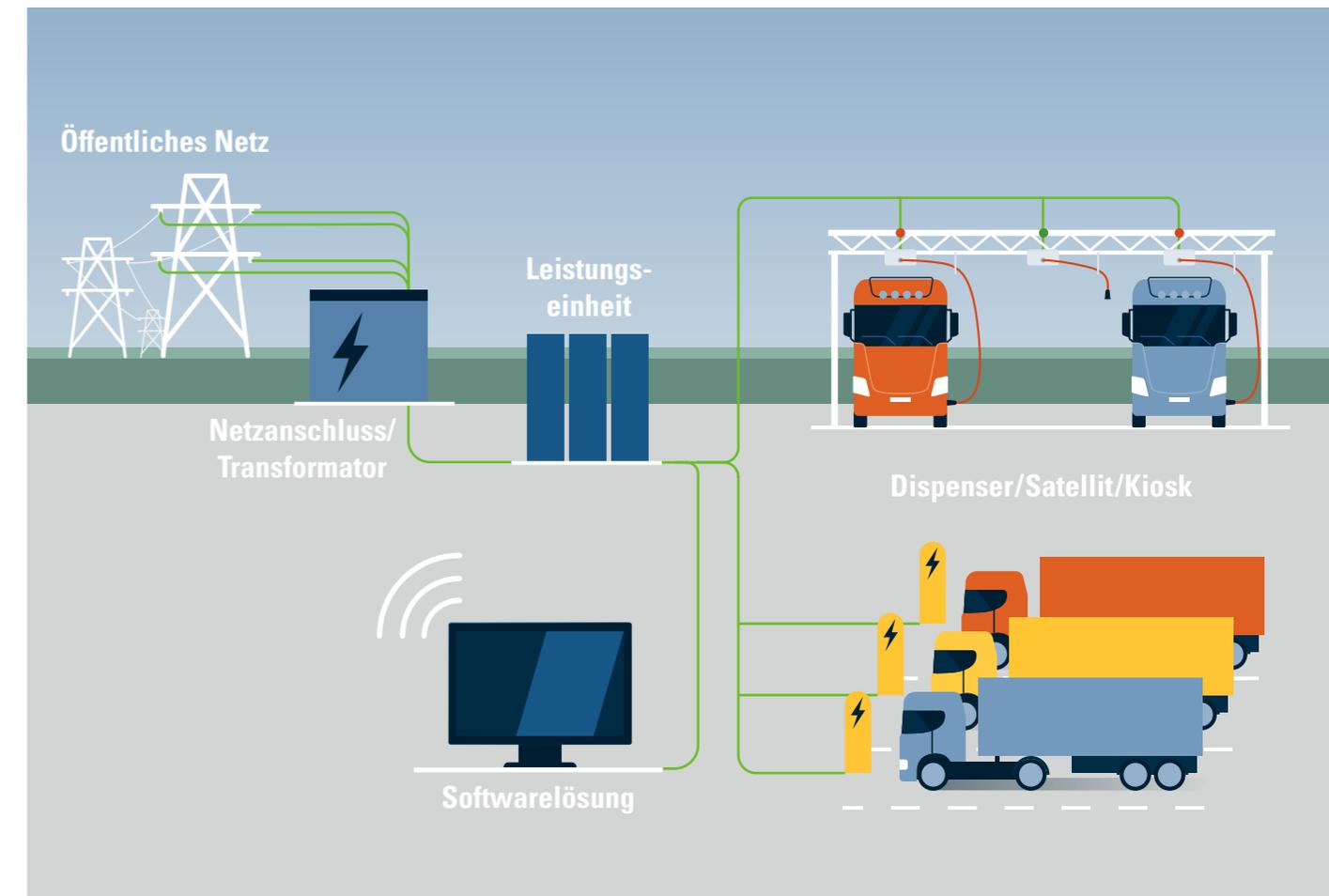


Quelle 7

eine Traverse (siehe Abbildung 2) an die Leistungseinheit angeschlossen und kann bis zu 100 Meter von dieser entfernt sein. Typische Anwendungsfälle finden sich bereits heute im E-Bus-Bereich. So kann etwa eine Vielzahl von elektrischen Bussen an einer Ladeeinrichtung mit mehreren Dispensern geladen werden. Eine zentrale Leistungseinheit am Rand der Stellflächen stellt die benötigte Ladeleistung an den Dispensern bereit. Die Dispenser können sich entweder mit herunterhängenden Ladekabeln über oder sonst neben den E-Nutzfahrzeugen befinden, sodass die Stromübergabe an das Fahrzeug wie gewöhnlich durch einen Stecker stattfindet. Hierdurch können unterschiedlichste Arten von Stellplätzen (Laderampen, Stellplätze mit wenig Fläche für Ladesäulen etc.) mit Ladestrom versorgt werden.

Die Umsetzung von Ladelösungen ist oft von individuellen Faktoren abhängig, wie etwa den Platzverhältnissen, möglichen Ladezeiten und dem Budget. Unterschiedliche Lösungen sind auch an einem einzigen Standort möglich.

ABBILDUNG 2: BEISPIELHAFTER DARSTELLUNG EINER LADEEINRICHTUNG MIT ABGESETZTEN LEISTUNGSEINHEITEN



1.1.2 Welche Rolle spielt die Ladeleistung beim Ladevorgang?

Die Ladeleistung markiert die maßgebliche Größe in Bezug auf die Geschwindigkeit, mit der ein E-Lkw geladen werden kann. Sie hängt von der maximalen Leistung der vorhandenen elektrischen Infrastruktur (Ladeeinrichtung und Netzanschluss) auf dem Betriebshof und weiteren Faktoren (Ladezustand der E-Nutzfahrzeug-Batterie, maximale Ladeleistung des Fahrzeuges und Außentemperatur) ab. Die Ladeleistung bestimmt, wie viel elektrische Energie in einem bestimmten Zeitraum von der Ladeeinrichtung an das E-Nutzfahrzeug übertragen wird. Generell gilt: je höher die Ladeleistung, desto schneller die Aufladung.

Beispielhaft bedeutet es bei 200 kW Ladeleistung, dass in einer Stunde 200 kWh Energie bereitgestellt werden können. Die Kapazität von Batterien wird in Kilowattstunden (kWh) gemessen. Mit steigender Ladeleistung erhöht sich die Energiemenge, die pro Zeiteinheit geladen werden kann, entsprechend.

Die Ladeleistung kann für die Unternehmen eine relevante Stellschraube sein, um die Einsatzfähigkeit der E-Nutzfahrzeuge hinsichtlich der benötigten Reichweite sicherzustellen. Daher sollte geprüft werden, welche Ladeleistung am Betriebshof notwendig ist, um den täglichen Reichweitenanforde-

rungen der E-Nutzfahrzeuge gerecht zu werden. In der Praxis wird die Ladeleistung häufig in vier Kategorien, den sogenannten Ladeleistungsklassen, dargestellt. Diese lauten:

Normalladen

Normalladen erfolgt mit einer maximalen Ladeleistung von weniger als 22 kW und kann mit Hilfe einer AC- oder DC-Ladeeinrichtung realisiert werden. Die Verbindung zum E-Nutzfahrzeug geschieht über einen Typ-2-Stecker bei Verwendung der AC-Ausführung und über einen Combo-2-Stecker (auch CCS-Ladestecker) bei der DC-Ausführung.

Schnellladen

Beim Schnellladen liegt die Ladeleistung mehr als 22 kW und unter 150 kW. Im Regelfall wird beim Schnellladen mit Gleichstrom über einen CCS-Stecker geladen.⁸



Quelle 8

Hochleistungsladen (HPC – High-Power-Charging)

Das Laden mit einer Ladeleistung von 150 kW oder mehr wird auch als Hochleistungsladen bezeichnet. Diese Ladeprozesse finden aufgrund der hohen Leistung lediglich mit Gleichstrom und über ein Ladekabel mit CCS-Stecker statt, das unter Umständen gekühlt werden muss. In der Praxis werden aktuell Ladeleistungen um die 400 kW erreicht. In einzelnen Erprobungen finden Aufladungen mit bis zu 750 kW statt.

Megawatt-Ladesystem (MCS – Megawatt-Charging-System)

Das Megawatt-Laden, also das Laden mit Leistungen im Bereich ab einem Megawatt (1 MW entspricht 1.000 kW), befindet sich aktuell noch im Normierungsprozess. Technisch sind damit theoretisch Ladeleistungen von bis zu 3,75 MW (bei 1.250 V) bzw. 4,5 MW (bei 1.500 V) möglich, jeweils bei 3.000 A. Erste E-Lkw, die auf den MCS-Standard technisch vorbereitet sind, sollen laut Nutzfahrzeughersteller ab 2024 auf dem deutschen Markt in Serienreife verfügbar sein. Man geht aktuell davon aus, dass Megawatt-Laden aufgrund der hohen Kosten und der notwendigen hohen Netzanschlussleistung nicht auf Betriebsdepots stattfinden wird, sondern überwiegend beim öffentlichen Laden im Fernverkehr und an Verkehrsknotenpunkten Anwendung findet. Der

Aufbau von Megawatt-Ladeinfrastruktur gilt als zentrale Voraussetzung für die Langstreckentauglichkeit von E-Nutzfahrzeugen (besonders bei Fahrzeugen der 40-Tonnen-Klasse). Da dieser Leitfaden den Fokus auf den Ladeinfrastruktur-Aufbau auf Depots setzt, wird diese Ladeleistungsklasse im Weiteren nicht näher betrachtet. Informationen zum Laden von E-Nutzfahrzeugen an öffentlichen Ladepunkten finden sich in den Publikationen „Einfach E-Lkw laden. Die User Journey an öffentlichen Ladestationen jetzt und 2030“⁹ sowie „Einfach laden an Rastanlagen. Auslegung des Netzanschlusses für E-Lkw-Lade-Hubs“¹⁰ der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur.



Quellen
9, 10



Quellen
11, 12, 13

Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht über die wichtigsten Rahmendaten zu den vier Ladeleistungsklassen. Um einen Eindruck der ungefähren Ladezeiten bei unterschiedlichen Ladeleistungen zu vermitteln, sind in den letzten beiden Spalten Zeitspannen für die Ladung von 100 kWh (dies entspricht in etwa einer Reichweite von 70 km bei einem 40-Tonnen-E-Lkw¹¹ bzw. rund 125 km bei einem 12-Tonnen-E-Lkw¹²) und 400 kWh (dies entspricht in etwa einer Reichweite von ca. 250–300 km bei einem 40-Tonnen-E-Lkw bzw. ca. 450–500 km bei einem 12-Tonnen-E-Lkw) Energiemenge beschrieben.¹³

TABELLE 1: ÜBERSICHT DER VERSCHIEDENEN LEISTUNGSKLASSEN

Ladeleistungsklassen	Max. Ladeleistung [in kW]	Steckertyp	Ladezeit von 100 kWh Energiemenge bei maximaler Ladeleistung	Ladezeit von 400 kWh Energiemenge bei maximaler Ladeleistung
Normalladen	≤22	Typ 2, CCS	4,5–5 h	Mehr als 18 h
Schnellladen	>22 bis <150	CCS	Rund 1 h	2–3 h
Hochgeschwindigkeitsladen	≥150 bis <400 ¹⁴	CCS	Rund 30 min bei einer Ladeleistung von 350 kW	Rund 1,5 h bei einer Ladeleistung von 350 kW
Megawatt-Laden	~1.000	MCS	Abhängig von zukünftiger Ausgestaltung; wahrscheinlich weniger als 30 min	Abhängig von zukünftiger Ausgestaltung; wahrscheinlich weniger als 45 min



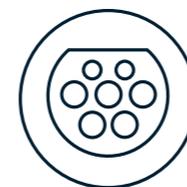
Quelle 14



Gut zu wissen – Steckertypen

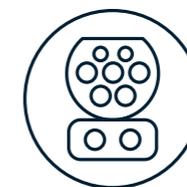
Die Stromübertragung zwischen Ladeeinrichtung und E-Nutzfahrzeug findet über ein Ladekabel mit entsprechendem Ladestecker statt. Abhängig von der Stromart (Wechsel- oder Gleichstrom) und der Ladeleistung gibt es drei verschiedene Steckertypen, die aktuell bzw. zukünftig zum Einsatz kommen.

ÜBERSICHT ÜBER DIE VERSCHIEDENEN LADESTECKER



Typ-2-Stecker

EU-weit einheitlicher Standard-Steckertyp, der Laden mit Wechselstrom (AC) bis 22 kW Leistung ermöglicht.



CCS-Stecker

Der CCS-Stecker besteht aus dem Typ-2-Stecker (im oberen Teil), der durch zwei Kontakte zum Übertragen von Gleichstrom ergänzt wurde. Dieser Steckertyp ermöglicht eine Ladeleistung in der Praxis von 400 kW. EU-weit einheitlicher Standard-Steckertyp, der auch Laden über 22 kW Leistung mit Gleichstrom (DC) ermöglicht.



MCS-Stecker

Weltweit einheitlicher, in der Entwicklung befindlicher Standard-Steckertyp, der Ladeleistungen im Bereich von 1 MW ermöglicht. Die Standardisierung des Steckers wird vsl. im Laufe des Jahres 2024 abgeschlossen sein.



1.1.3 Welche Rolle spielt das E-Nutzfahrzeug für die Auswahl der Ladeeinrichtung?

Bei der Auswahl der Ladeeinrichtung sollten die Spezifika der zum Einsatz kommenden E-Nutzfahrzeuge berücksichtigt werden. Hierdurch lässt sich eine optimale Abstimmung zwischen Ladeeinrichtung und E-Nutzfahrzeug gewährleisten.

Die maximale Leistung, mit der eine Aufladung stattfinden kann, wird durch die technischen Voraussetzungen des E-Lkw vorgegeben. Daher sollte zunächst geprüft werden, wie hoch die maximale Ladeleistung auf der Fahrzeugseite ist. Da sich sowohl die Ladeleistungen als auch die Batteriekapazitäten der Fahrzeuge stetig weiterentwickeln, sollten die Ladeinfrastruktur und der Netzanschluss nach Möglichkeit vorausschauend und zukunftsorientiert geplant werden.



Quelle 15

Zudem sollte überprüft werden, an welcher Stelle die Ladebuchse zum Laden des E-Nutzfahrzeugs verortet ist. Die Platzierung der Ladebuchse ist für die aktuell gängigen Ladestecker mit CCS-Standard nicht standardisiert.¹⁵ Bei den meisten E-Lkw befindet sich die Ladebuchse an der rechten oder linken Seite der Fahrerkabine. Dies kann somit eine Rolle für die Platzierung der Ladeeinrichtung auf dem Betriebshof spielen und sollte bei der Planung berücksichtigt werden.

Bei der Wahl der Ladeeinrichtung spielt auch die Batteriekapazität des E-Nutzfahrzeuges eine Rolle. Je höher die Batteriekapazität des Fahrzeuges und je kürzer die betriebsbedingt zur Verfügung stehende Ladedauer, desto höher muss die Ladeleistung sein, um das Fahrzeug zu laden. Gleichzeitig ergeben sich hieraus mögliche Auswirkungen auf den vorhandenen Netzanschluss bzw. die Erweiterung des bestehenden Netzanschlusses des Betriebshofs.

Neben dem Einfluss auf die Ladeleistung und die Wahl der Ladeeinrichtung ergibt die Ausstattung mit einer für den Anwendungsfall ausreichenden Batteriegröße auch aus wirtschaftlichen Gründen für den Anwendenden Sinn. Bei der Batterie handelt es sich um den kostenintensivsten und auch schwersten Part beim Elektrofahrzeug. Insbesondere das Gewicht der Batterie spielt eine wichtige Rolle: Eine größere (und damit schwerere) Batterie kann die Reichweite des E-Lkw erhöhen, führt jedoch zu Mehrkosten bei der Anschaffung und zu einer Verringerung der Nutzlast. Gleichzeitig erhöht sich durch das Gewicht der Energieverbrauch des E-Fahrzeuges. Durch den modularen Aufbau besteht bei den meisten Fahrzeugherstellern die Möglichkeit, abhängig vom Einsatzszenario die Anzahl der Batteriepakete und somit die Batteriekapazität anzupassen. Abhängig vom Gesamtgewicht (E-Nutzfahrzeug und ggf. maximale Zuladung) des E-Lkw werden Batteriepakete mit entsprechender



Quelle 16

Kapazität gemessen in Kilowattstunden (kWh), derzeit in der Regel zwischen 190 und 540 kWh, benötigt, um adäquate Reichweiten (135–385 km bei 40-Tonner; 240–675 km bei 12-Tonner¹⁶) erzielen zu können. Die Ermittlung eines Optimums zwischen Batteriegröße (bzw. Anzahl der benötigten Batteriepacks), dem Einsatzprofil des E-Lkw und für die Ladung der Batterie benötigter Ladeleistung sollte bereits in der Frühphase der Planung erfolgen. Für gewöhnlich unterstützt hierbei der Fahrzeughersteller bzw. Händler.

Merke:

- Ladeinfrastruktur setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen und sollte als Gesamtsystem verstanden werden.
- Die Ladeeinrichtung ist der letzte Übergabepunkt elektrischer Energie zwischen Stromnetz und E-Nutzfahrzeug. Die gängigsten Arten sind Wallboxen, Ladesäulen und Ladeeinrichtungen mit abgesetzten Dispensern.
- Die Dauer des Ladevorgangs kann beim Einsatz von E-Lkw eine entscheidende Rolle spielen. Die maßgebliche Größe für die Geschwindigkeit des Ladevorgangs sind die Ladeleistung und die nachzuladende Energiemenge. Daher sollte geprüft werden, welche Ladeleistungen notwendig sind, um den Reichweitenanforderungen der E-Nutzfahrzeuge in den gegebenen Ladezeiten gerecht zu werden.
- Es sollte überprüft werden, mit welcher maximalen Ladeleistung das jeweilige E-Nutzfahrzeugmodell geladen werden kann, bevor die Ladeleistung der Ladeinfrastruktur gewählt wird.
- Die Ladebuchse von E-Lkw ist, abhängig vom Hersteller, an unterschiedlichen Seiten des Fahrzeugs angebracht. Dies sollte bei der Positionierung der Ladeinfrastruktur auf dem Depot berücksichtigt werden.
- Überlegen Sie, über welche Batteriekapazität Ihr/e Fahrzeug/e verfügen müssen, um den täglichen Einsatzzweck zu erfüllen. Häufig kann die Batteriekapazität durch den modularen Aufbau in Batteriepacks individuell angepasst werden, um Gewicht und Kosten zu sparen.

1.2 Netzanschluss

1.2.1 Was ist der Netzanschluss?

Der Netzanschluss markiert den Übergabepunkt zwischen dem öffentlichen Stromnetz und der sogenannten Kundenanlage auf einem privaten Grundstück, etwa einem Betriebshof. Der Betriebshof wird über den Netzanschluss mit der vertraglich vereinbarten Anschlussleistung versorgt. Je nach Leistungsbedarf können Unternehmen an verschiedene Spannungsebenen des öffentlichen Stromnetzes angeschlossen werden. Das deutsche öffentliche Stromnetz ist in vier Spannungsebenen unterteilt und organisiert den Transfer elektrischer Energie vom Stromerzeuger bis zum Verbrauchsort.

Auf der Niederspannungsebene befinden sich Netzanschlüsse von Wohngebäuden und Kleingewerbebetrieben mit geringer Anschlussleistung. Bei energieintensiveren Verbrauchern, wie bspw. Logistikdepots, liegt der Netzanschluss in der Regel auf der Mittelspannungsebene (Nennspannung von 1–35 kV). Bei besonders energieintensiven Verbrauchern wird ein Netzanschluss auf der Hochspannungsebene installiert. Die vierte Spannungsebene, die Höchstspannungsebene, dient lediglich dem Stromtransport von großen Stromerzeugungsanlagen über weite Entfernungen. Die folgende Tabelle zeigt die ersten drei Spannungsebenen mit der jeweiligen Nennspannung

und den möglichen Anschlüssen, an die Betriebshöfe und Depots angebunden werden können:

TABELLE 2: ÜBERSICHT SPANNUNGSEBENEN¹⁷

Spannungsebene	Nennspannung	Anschlussmöglichkeit
Niederspannung	230–400 V	Kabelhausanschluss, Anschluss an Verteilerschrank
Mittelspannung	1–35 kV	Umspann- bzw. Trafostation, Anschluss an Sammelschiene Umspannwerk
Hochspannung	60–150 kV	Individuelle Festlegung

Falls die Netzanschlusskapazität (maximal mögliche abrufbare und vertraglich vereinbarte Leistung am Netzanschluss) auf dem Betriebshof für die Verbraucher (Halle, Bürogebäude, ggf. Maschinen, Ladeinfrastruktur) nicht ausreicht, besteht die Möglichkeit, den Netzanschluss zu erweitern (siehe Kapitel Planung, Aufbau & Betrieb der Ladeinfrastruktur: Schritt 2 – Wie beantrage ich die Erweiterung des Netzanschlusses?).



Quelle 17

1.2.2 Was ist eine Trafostation und wie wird sie mit der Ladeeinrichtung verbunden?

Eine Trafostation, auch Umspannstation genannt, wandelt die Spannung von einer Spannungsebene in eine höhere bzw. niedrigere um. Für gewöhnlich verfügen größere Betriebe über einen Anschluss im öffentlichen Mittelspannungsnetz. Für die Anwendung auf dem Betriebshof wird die Spannung mittels einer Trafostation auf ein Spannungsniveau von üblicherweise 400 V (Niederspannung) transformiert. Beim Aufbau von Ladeinfrastruktur kann es erforderlich sein, eine Trafostation zu errichten bzw. zu erweitern, wenn ein erhöhter Leistungsbedarf auf dem Betriebshof entsteht.

Um die Ladeinfrastruktur in Betrieb zu nehmen, sind auf dem Betriebshof am Ort der Aufstellung entsprechende Zuleitungen für die Stromübertragung vom Netzanschluss bzw. von der Trafostation zu verlegen. Dies kann mit nicht unerheblichem Planungs- und vor allem Bauaufwand einhergehen (vgl. Kapitel 2).

1.2.3 Wie kann die Netzanschlussleistung erweitert werden?

Je größer die Zahl der zu elektrifizierenden Fahrzeuge bzw. der Leistungsbedarf der Ladeinfrastruktur ist, desto wahrscheinlicher stößt der vorhandene Netzanschluss an seine Grenzen. In diesem Fall gibt es verschiedene Handlungsoptionen. Die Priorität sollte zunächst auf einer intelligenten Steuerung der Verbraucher auf dem Betriebshof liegen, sodass der vorhandene Netzanschluss optimal ausgenutzt werden kann (nähere Informationen finden Sie in dem Abschnitt Softwarelösungen). Falls die Anschlussleistung trotz Lastmanagement nicht ausreicht, kann beim zuständigen Netzbetreiber eine Erhöhung der Anschlussleistung beantragt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass der bestehende Netzanschluss technisch für eine Leistungserhöhung ausgelegt ist. Sollte dies nicht der Fall sein, muss ein neuer Netzanschluss ggf. in einer höheren Spannungsebene installiert werden. Diese Erweiterung des Netzanschlusses ist beim zuständigen Verteilnetzbetreiber zu beantragen und ist in der Regel mit baulichen Maßnahmen, Kosten und Zeit¹⁸ verbunden. Die entstehenden Kosten muss der Anschlussnehmer in Form eines Baukostenzuschusses tragen.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Je höher die maximale Anschlussleistung, desto höher sind die Kosten. Ist die Netzanschlussleistung zu gering ausgelegt, kann möglicherweise die angestrebte und für den reibungslosen



Quelle 18

Betrieb notwendige Ladung der E-Nutzfahrzeuge nicht gewährleistet werden. Ist die Netzanschlussleistung zu hoch ausgelegt, bezahlt man möglicherweise auch für die nicht abgerufene Anschlussleistung. Daher ist es wichtig, die Anschlussleistung bzw. den Netzanschluss so zu bemessen, dass dieser für die Ladung der E-Nutzfahrzeuge optimal ausgelegt ist, aber auch für sonstige für den Betrieb notwendige Verbraucher Leistungsreserven einkalkuliert sind.



Gut zu wissen: die Rolle des Netzbetreibers

Anders als beim Stromlieferanten gibt es pro Region lediglich einen verantwortlichen Netzbetreiber. Daher kann der Verteilnetzbetreiber nicht gewechselt werden. Durch die Quasi-Monopolstellung der Verteilnetzbetreiber unterliegen diese den Regularien der Bundesnetzagentur, die den Rahmen für einen diskriminierungsfreien und fairen Wettbewerb schaffen.



1.2.4 Was sind Lastspitzen und warum sollten diese vermieden werden?

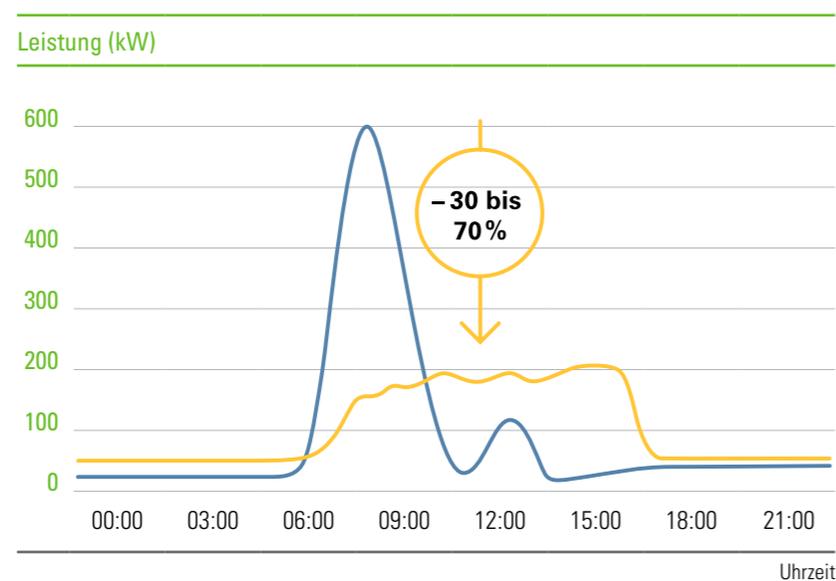
Der Strombedarf eines Betriebshofs kann sich durch den Einsatz und das Laden von E-Lkw maßgeblich erhöhen. Mit der Ladeinfrastruktur erhöht sich auch die Wahrscheinlichkeit, dass es zu sogenannten Lastspitzen kommt. Diese sollten aus finanziellen Gründen unbedingt vermieden werden.

Lastspitzen bezeichnen einen außergewöhnlich hohen Strombedarf, der über dem durchschnittlichen Lastverlauf liegt. Dieser kann durch den parallelen Betrieb mehrerer Verbraucher auf einem Betriebshof entstehen (etwa Gebäude, Produktions- oder Sortieranlagen, elektrischer Fuhrpark usw.). Wenn beispielsweise auf einem Betriebshof alle E-Nutzfahrzeuge mit der maximalen Leistung der vorhandenen Ladeeinrichtungen gleichzeitig geladen werden, summiert sich deren Last am Netzanschluss zu einer Lastspitze. Je höher die Lastspitzen sind, desto höher wird das Netzentgelt, das sich aus dem Arbeits- und dem Leistungspreis zusammensetzt (vgl. Kapitel 3). Dies gilt selbst dann, wenn die Lastspitze nur einmal im Jahr auftritt. Je höher der Spitzenlastverbrauchswert war, desto höher fällt der dauerhafte Strompreis aus (siehe nähere Erläuterung unter dem Punkt Leistungspreis).

Ziel eines Unternehmens sollte es daher sein, die steigenden Energieverbräuche so zu gestalten, dass kostenintensive Lastspitzen oder Maßnahmen zur

Erweiterung des Netzanschlusses idealerweise vermieden oder zumindest optimal gestaltet werden können. Diese Vermeidung von Lastspitzen wird Peak-Shaving oder auch Lastspitzenkappung genannt (siehe Abbildung 3). Hierfür benötigt es ein Lastmanagement. Das kann z. B. durch die Festlegung von Einsatzzeitfenstern für bestimmte Verbraucher erfolgen oder z. B. durch softwarebasierte Lösungen und intelligente Ladeeinrichtungen, die sich hiermit steuern lassen (intelligente Ladeinfrastruktur). Wie dies konkret umgesetzt werden kann, wird im folgenden Abschnitt Softwarelösungen erläutert.

ABBILDUNG 3: VERMEIDUNG VON LASTSPITZEN DURCH LASTMANAGEMENT



Merke:

- Jeder Betriebshof/jedes Depot verfügt über einen Netzanschluss für die bestehende elektrische Infrastruktur. Dieser markiert den Übergabepunkt zwischen dem öffentlichen Stromnetz und der Kundenanlage.
- Der Strombedarf eines Betriebshofs kann sich durch den Einsatz von E-Lkw maßgeblich erhöhen.
- Die Kapazität des Netzanschlusses muss bei der Planung der Ladeinfrastruktur berücksichtigt werden.
- Die Zuleitungen zwischen Netzanschlusspunkt und Ladeeinrichtung müssen bei der Planung der Ladeinfrastruktur mitbedacht werden. Zudem kann die Beschaffung einer Trafostation für den Betrieb der Ladeinfrastruktur notwendig sein.
- Um die Stromversorgung aller Verbraucher trotz des erhöhten Strombedarfs durch E-Nutzfahrzeuge sicherzustellen, können unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden. Um den vorhandenen Netzanschluss optimal auszunutzen, kann ein Lastmanagement installiert werden. Dies kann zudem kostenintensive Lastspitzen vermeiden. Falls dies nicht ausreicht, kann die Anschlussleistung erhöht oder der Netzanschluss erweitert und ggf. an eine höhere Spannungsebene angeschlossen werden. Dies muss beim zuständigen Netzbetreiber beantragt werden.

1.3 Softwarelösungen

1.3.1 Was ist Last- und Lademanagement und welche Ausprägungen gibt es?

Häufig werden Last- und Lademanagement als Einheit gesehen, da sie im Zusammenspiel die Steuerung von Ladeeinrichtungen ermöglichen.

Wie bereits in Abschnitt 1.2.4 beschrieben, dient ein Lastmanagement zur Steuerung und Verteilung von Lasten verschiedener (Strom-)Verbraucher, ggf. unter Berücksichtigung unterschiedlicher Stromquellen, etwa aus dem Stromnetz oder einer Photovoltaikanlage.

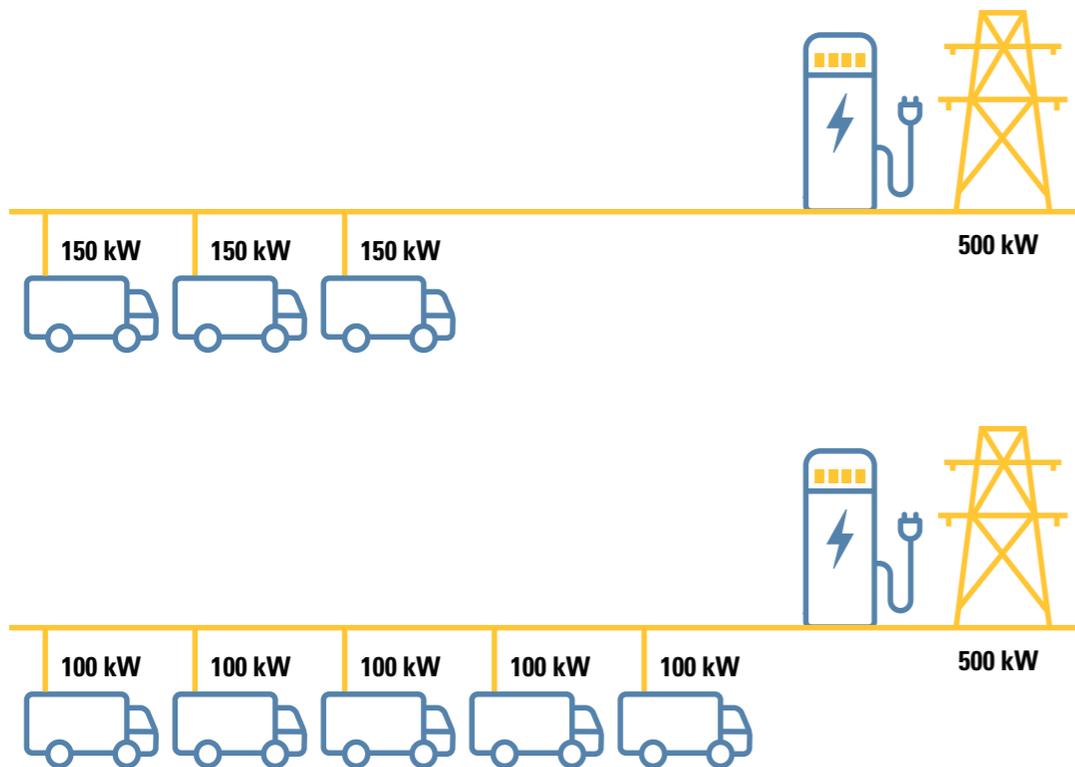
Ein Lademanagement ist eine Softwareanwendung, die der Steuerung von Ladevorgängen dient. Anhand von Vorgaben des Lastmanagements kann das Lademanagement die Ladevorgänge so steuern, dass es zu einer zeitlichen Streckung der Ladevorgänge bei Verringerung der maximalen Ladeleistung kommt. Lastspitzen können so vermieden werden.

Bei E-Nutzfahrzeugen, die längere Standzeiten haben, kann eine Priorisierung der Ladevorgänge erfolgen. Sofern ein Unternehmen mehrere Ladepunkte an seinem Standort plant, ist die Verwendung eines Last- und Lademanagements sinnvoll.

Das Lastmanagement wird in zwei unterschiedliche Modelle unterteilt, zum einen in das statische, zum anderen in das dynamische Lastmanagement.

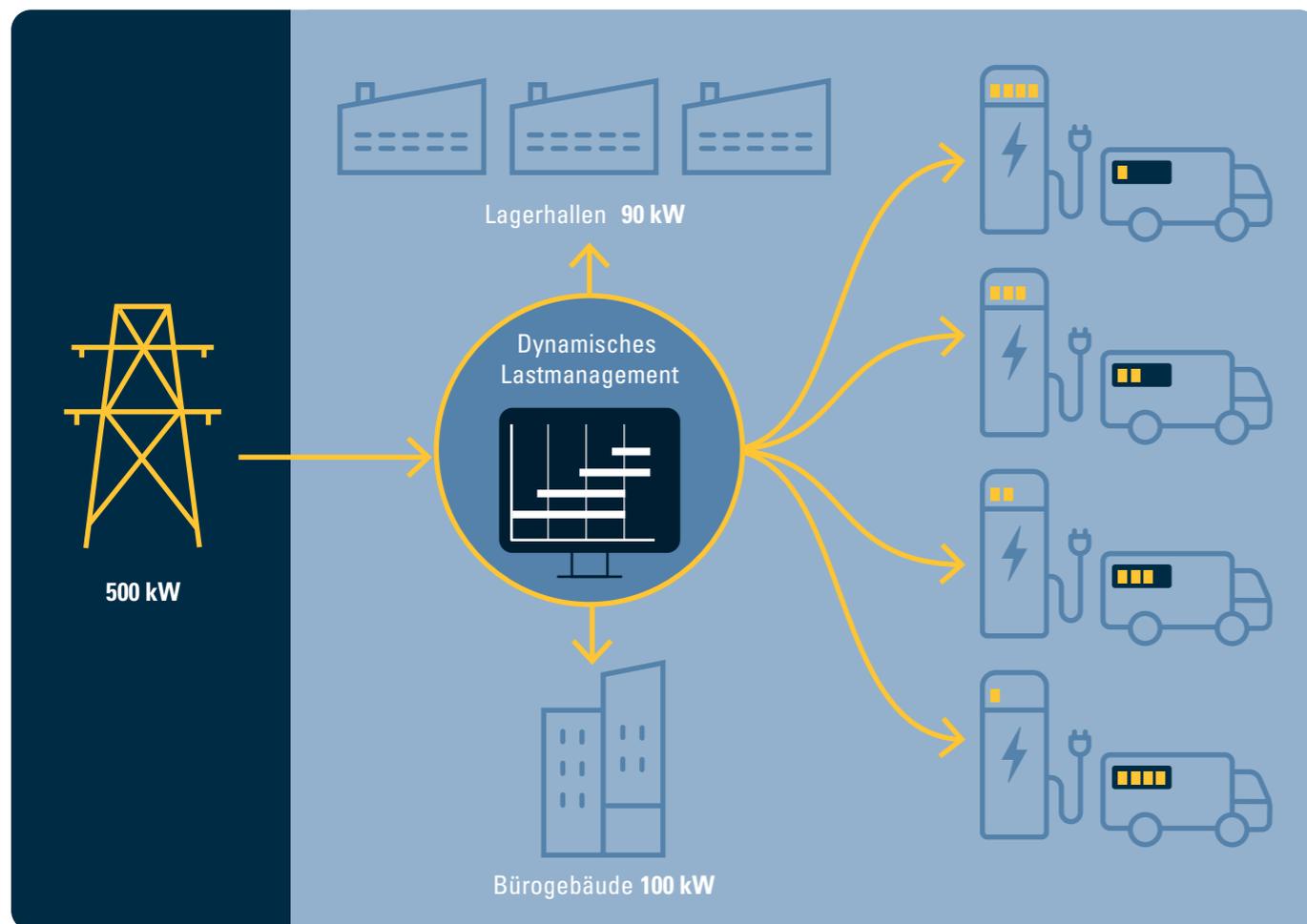
Das **statische Lastmanagement** (siehe Abbildung 4) verfolgt das einfache Prinzip, eine festgelegte maximale Leistung gleichmäßig auf die vorhandenen Ladeeinrichtungen zu verteilen. Daraus folgt, dass die Ladeleistung je Ladeeinrichtung auf die voreingestellte Obergrenze beschränkt bleibt und keine weiteren Anpassungen der Leistung erfolgen. Eventuell freiwerdende Leistungskapazitäten bleiben bei dieser Variante ungenutzt. Dieses Modell ist insbesondere für Betriebshöfe mit einer geringeren Anzahl von Ladeplätzen und gleichmäßigen Verbräuchen geeignet. Dies trifft meist auf kleinere Flotten zu, die über einen langen Zeitraum geladen werden können. Betriebshöfe mit einer höheren Anzahl von E-Nutzfahrzeugen haben entsprechend höhere Ladebedarfe, weshalb das statische Lastmanagement hier voraussichtlich eine untergeordnete Rolle spielt.

ABBILDUNG 4: BEISPIEL EINES STATISCHEN LAST- UND LADEMANAGEMENTS



Das **dynamische Lastmanagement** zeichnet sich dadurch aus, dass eine permanente Messung des Leistungsbezuges am Netzanschluss erfolgt. Für gewöhnlich erfolgt die Datenerfassung über ein lokales Managementsystem. Je nach aktuell bezogener Leistung werden entsprechende Kapazitäten für die Ladeinfrastruktur zugeteilt. Das bedeutet vereinfacht: Sinkt der elektrische Verbrauch im Gebäude oder an anderen Verbrauchsstellen auf dem Betriebshof oder steigt die Leistungskapazität etwa durch eine Photovoltaikanlage, ein Blockheizkraftwerk oder durch einen Energiespeicher, steht mehr Leistung für die Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Gleiches gilt für das Laden mehrerer E-Nutzfahrzeuge. Auch hier kann eine Verschiebung der Lasten zwischen den einzelnen E-Lkw erfolgen. Vereinfacht wird dies in der folgenden Abbildung mit beispielhaften Leistungsangaben dargestellt.

ABBILDUNG 5: BEISPIEL EINES DYNAMISCHEN LAST- UND LADEMANAGEMENTS



Sowohl statische als auch dynamische Lastmanagementsysteme werden von unterschiedlichen Energiedienstleistern oder speziellen Anbietern von intelligenten Lade- und Energielösungen vertrieben. Am Markt gibt es eine Vielzahl von Angeboten und ein Vergleich ist sinnvoll, sodass am Ende die für den jeweiligen Anwendungsfall passende Lösung ermittelt werden kann.

1.3.2 Wie hilft die Software bei der Vermeidung von Lastspitzen und der Dimensionierung des Netzanschlusses?

Eine mit einem Last- und Lademanagement verbundene Ladeinfrastruktur bietet die Möglichkeit, Ladevorgänge zu steuern. So kann die Last gleichmäßig verteilt und folglich Lastspitzen vermieden werden. Hierdurch können Kosten für den durch die Ladung der E-Nutzfahrzeuge gestiegenen Strombezug und ggf. für die Dimensionierung des Netzanschlusses wesentlich gesenkt werden. Ein Last- und Lademanagementsystem kann zentral oder dezentral gesteuert werden.



Gut zu wissen: Backend, Schnittstellen und Normen – die Voraussetzung für eine optimale Ladung

Voraussetzung für eine optimale Planung der Ladevorgänge in Verbindung mit dem Last- und Lademanagementsystem ist der Informationsaustausch zwischen Backend der Ladeinfrastruktur, Ladepunkten, E-Nutzfahrzeug und ggf. Fahrzeugdisposition.

Über entsprechende IT-Schnittstellen werden im Backend Daten zum aktuellen Ladestatus des E-Nutzfahrzeuges mit den vorhandenen Kapazitäten an den Ladepunkten auf dem Betriebshof ausgetauscht. Zudem können weitere Informationen aus der Einsatzplanung der E-Nutzfahrzeuge eingebunden werden, sodass diese kosten- und zeitoptimal geladen werden können. Damit das möglich ist, sollte bei der Beschaffung der Ladeinfrastruktur darauf geachtet werden, dass diese über die gängigen Kommunikationsschnittstellen verfügt. Auf herstellereigene, also sogenannte proprietäre Systeme sollte nicht zurückgegriffen werden, wenn die Ladeinfrastruktur zukunftssicher ausgerichtet sein soll. Zu den etablierten Schnittstellen zählen folgende:

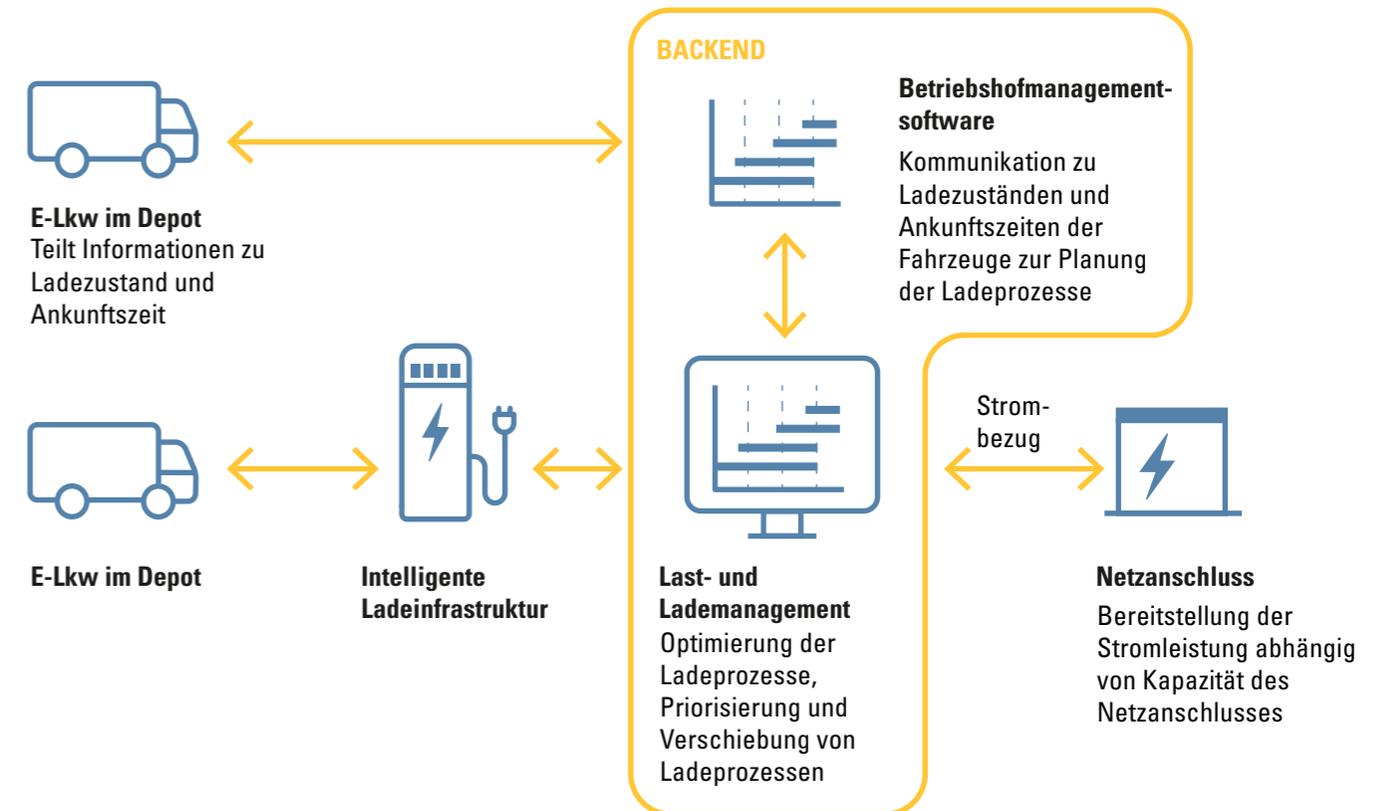
- Kommunikation zwischen Ladesäule und Backend: OCPP – Open Charge Point Protocol; Funktion: Austausch von Daten zu Betriebszuständen der Ladeinfrastruktur
- Kommunikation zwischen E-Nutzfahrzeug und Ladeinfrastruktur: ISO 15118; Funktion: Austausch von Daten zum Energiebedarf, zur geplanten Dauer des Ladevorgangs, zum gewünschten Ladezustand, zur Fahrzeugidentität sowie – falls erforderlich – zum Preis und Abrechnungsmodus
- Kommunikation zwischen der Ladeinfrastruktur und dem Energiemanagement des Betriebshofs: VDE-AR-E 2122; Funktion: Steuerung der Energiebedarfe der Ladeinfrastruktur in einem Energiemanagementsystem und perspektivisch die Steuerung des bidirektionalen Ladens auf dem Betriebshof. Bidirektionales Laden bezeichnet einen intelligenten Ladevorgang, bei dem die Richtung des Stromflusses umgekehrt werden kann, sodass Strom von der Batterie zu dem Ladepunkt fließen kann, an den sie angeschlossen ist
- Kommunikation zwischen Ladeinfrastruktur und Betriebshofmanagementsystem/Dispositionsoftware: Die derzeitige Praxislösung existiert nur für den Busbetrieb: VDV 463; perspektivische Entwicklung für andere E-Nutzfahrzeug-Anwendungen denkbar; Funktion: Vorabinformation zu dem erwarteten Ladezustand bei Erreichen des Betriebshofs und der benötigten Strommenge sowie der geplanten nächsten Abfahrt vom Betriebshof



Durch die Verknüpfung der Ladeinfrastruktur mit einem Backend (siehe *Infokasten: Gut zu wissen: Backend*) und einem auf Busbetriebshöfen üblichen Betriebshofmanagementsystem, was annähernd einem Yard-Management-System in der Logistik entspricht, kann das volle Potenzial eines Last- und Lademanagements ausgeschöpft werden.

Das Zusammenspiel von intelligenter Ladeinfrastruktur mit den im Backend enthaltenen Softwarekomponenten (Betriebshofmanagementsystem, Last- und Lademanagement) ist in Abbildung 6 dargestellt und wird anschließend näher erläutert:

ABBILDUNG 6: ÜBERSICHT DER VERSCHIEDENEN SOFTWARELÖSUNGEN AUF DEM BETRIEBSHOF





Gut zu wissen: Backend

Intelligente („smarte“) Ladeeinrichtungen lassen sich über ein Backend überwachen und steuern. Ein Backend ist die digitale Steuerungsoberfläche bzw. ein Softwaresystem zur Steuerung und Überwachung der Ladeeinrichtung. Über das Backend werden Informationen zum Zustand und zur Belegung der Ladeeinrichtung und der Ladepunkte dargestellt. Weiterhin werden Ladeprozesse und mögliche Störungen kommuniziert. Ein Backend bietet zudem die Möglichkeit, Auswertungen und Fehleranalysen zu erstellen.

Insbesondere bei größeren E-Fahrzeug-Flotten sind über das Backend steuerbare Ladeeinrichtungen sinnvoll. Ein Backend ist zudem Voraussetzung, ein zentrales Last- und Lademanagement zu betreiben. Des Weiteren kann ein Backend wichtige Informationen für die Betriebshofmanagementsoftware, bspw. die Verfügbarkeit von Ladepunkten, liefern.



1.3.3 Wie lässt sich der Energieeinsatz auf dem Betriebshof weiter optimieren?

Auch organisatorische Zusammenhänge auf Depots und Betriebshöfen sind in den vergangenen Jahren laufend komplexer und umfangreicher geworden. Die Implementierung geeigneter IT-Systeme ist notwendig, um die Übersichtlichkeit der Prozesse auf dem Betriebshof zu verbessern bzw. die Organisation des täglichen Betriebs an den Standorten zu optimieren. Hier kann die Logistikbranche von Busbetriebshöfen lernen, denn im öffentlichen Nahverkehr gibt es beim Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen und beim Aufbau von Ladeinfrastruktur auf den Betriebshöfen schon mehr Erfahrung.

In Busdepots übernimmt das Betriebshofmanagementsystem unterschiedliche Aufgaben. Hierzu zählen u. a. Ein- und Ausfahrtsüberwachung an der Hofeinfahrt, eine softwaregestützte Visualisierung der Hofflächen und Fahrzeugstellplätze und die automatische Disposition der verfügbaren Fahrzeuge. Hierdurch kann sich nicht nur eine wesentliche Effizienzsteigerung der betrieblichen Abläufe ergeben, deren Implementierung stellt darüber hinaus auch einen wichtigen Schritt zur Digitalisierung der Betriebshöfe dar. Basis für die Steuerung optimaler Prozessabläufe sind dabei ein zuverlässiges Ortungssystem (GPS, Telematik) und die Kommunikationsfähigkeit zwischen dem Betriebshofmanagement und den Fahrzeugen.

Die Verbindung zwischen Last- und Lademanagement- sowie einem Betriebshofmanagementsystem wird bereits erfolgreich praktiziert. So können die E-Busse schon heute während der Fahrt voraussichtliche Ladebedarfe an das Betriebshofmanagement kommunizieren, sodass die entsprechende Ladeleistung bei Rückkehr des Fahrzeugs zur Verfügung steht. Auch kann das Betriebshofmanagementsystem eine automatisierte Zuweisung der E-Busse zu Ladeeinrichtungen vornehmen und damit zu einer optimierten Organisation der Betriebsabläufe beitragen.

Es ist anzunehmen, dass sich die Erfahrungen aus dem Busbetrieb auch auf andere Anwendungsfälle des E-Nutzfahrzeug-Einsatzes übertragen lassen. Hier fehlt es noch an entsprechenden integrierten Softwarelösungen, die den Einsatz von E-Lkw und die Steuerung der Ladeprozesse in das Yard-Management der Logistik einbeziehen. Zudem ist ein solches Managementsystem aufgrund erforderlicher Investitionsmaßnahmen erst für größere Standorte mit einer Mindestanzahl von ca. 25 E-Nutzfahrzeugen sinnvoll.

Merke:

- Für eine kosteneffiziente Ladung der E-Fahrzeuge sollten die Ladeeinrichtungen steuerbar (z. B. über ein Backend) und mit einem Last- und Lademanagement verknüpft sein.
 - Ein Last- und Lademanagement bietet die Möglichkeit, den Netzanschluss optimal zu nutzen, sodass zusätzliche Kosten vermieden bzw. minimiert werden können.
 - Sofern zukünftig ein an die Logistik angepasstes Betriebshofmanagementsystem vorhanden ist und genutzt wird, sollte dieses den Einsatz von E-Fahrzeugen berücksichtigen. Hierdurch kann eine Kommunikation mit dem Last- und Lademanagement erfolgen, um eine optimale Betriebsorganisation zu ermöglichen.
-

02 Planung, Aufbau & Betrieb der Ladeinfrastruktur

Die Beschreibung eines praktischen Vorgehens für die Errichtung von Ladeinfrastruktur auf Betriebshöfen steht im Fokus dieses Kapitels (siehe Abbildung 7). Aufbauend auf den Basisinformationen werden in fünf Schritten entscheidende Fragestellungen für eine erfolgreiche Betriebshofelektrifizierung identifiziert und beantwortet. Ziel dieses systematischen Vorgehens ist es, dass E-Lkw innerhalb der jeweils vorhandenen Standzeiten für ihren spezifischen Fahrzeugeinsatz erfolgreich geladen werden können. Im Anhang des Leitfadens findet sich zudem eine Checkliste, die alle Prozessschritte zusammenfasst und die für die konkrete Planung verwendet werden kann.

ABBILDUNG 7: VORGEHEN ZUR ELEKTRIFIZIERUNG DES BETRIEBSHOFES



Zunächst sollte eine Ermittlung des notwendigen Ladeleistungsbedarfs auf dem Betriebshof (Normal-, Schnell-, Hochgeschwindigkeitsladen) durchgeführt werden. Dieser Schritt soll sicherstellen, dass die Ladeleistung ausreicht, um die Betriebsfähigkeit der E-Nutzfahrzeug-Flotte zu gewährleisten (*Schritt 1 – Wie ermittle ich den Ladeleistungsbedarf für den Betriebshof?*). Voraussetzung für das Laden mit ausreichend Leistung ist die jeweilige Kapazität des Netzanschlusses des Depots (*Schritt 2 – Wie beantrage ich die Erweiterung des Netzanschlusses?*). Hier muss auch betrachtet werden, welche Leistung vom Netzanschluss schon durch andere Verbraucher (Gebäude, Maschinen etc.) belegt ist. Dadurch lässt sich ermitteln, wie viel Kapazität am vorhandenen Netzanschluss noch verfügbar ist und ob dieser verstärkt werden muss. Nachdem dies geklärt ist, folgen die konkrete Betriebshofgestaltung und die Verortung der Ladeinfrastruktur (*Schritt 3 – Wie gestalte ich den Betriebshof und wo verorte ich die Ladeinfrastruktur?*). Als Nächstes müssen die geplanten Maßnahmen baulich umgesetzt werden, wobei ggf. auf den laufenden Tagesbetrieb Rücksicht genommen werden muss (*Schritt 4 – Wie organisiere ich die bauliche Umsetzung der Infrastruktur?*). Abschließend wird die aufgebaute Ladeinfrastruktur in den Betrieb überführt. Für den zuverlässigen Betrieb müssen Zuständigkeiten geklärt und Personal geschult werden (*Schritt 5 – Was muss ich für den zuverlässigen Betrieb der Ladeinfrastruktur beachten?*).

Schritt 1

Wie ermittle ich den Ladeleistungsbedarf für den Betriebshof?

Um den Gesamtladeleistungsbedarf der Flotte am Standort zu ermitteln, empfiehlt sich eine individuelle Betrachtung jedes E-Nutzfahrzeuges. Das bedeutet, dass zunächst jedes aktuelle und künftige elektrische Nutzfahrzeug hinsichtlich seines Ladeleistungsbedarfs untersucht wird (siehe im Folgenden Berechnung des individuellen Ladeleistungsbedarfs pro E-Nutzfahrzeug). Dieses Vorgehen ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Fahrleistungen (und damit die Energiebedarfe) der E-Nutzfahrzeuge innerhalb der Flotte stark variieren, wenn z. B. unterschiedliche Verkehre (Verteiler-, Regional- und Fernverkehr) bedient werden. Als Hilfestellung werden vier typische Einsatzszenarien in der Logistik hinsichtlich der täglichen Reichweite und der Standzeiten der Fahrzeuge und die dazu passenden Ladeleistungsklassen beschrieben. Anschließend werden die individuellen Bedarfe zu einem Gesamtladeleistungsbedarf zusammengefasst (siehe Berechnung des gesamten Ladeleistungsbedarfs der Flotte).

Berechnung des individuellen Ladeleistungsbedarfs pro E-Nutzfahrzeug

Für die Ermittlung des Ladebedarfs pro E-Nutzfahrzeug spielen die folgenden Parameter eine wesentliche Rolle:

- Die notwendige Energiemenge (gemessen in kWh), mit der das E-Nutzfahrzeug täglich geladen werden muss, um die spezifische Tagesfahrleistung des Fahrzeugeinsatzes zu ermöglichen (erforderliche Energiemenge für Fahrzeugeinsatz)
- Die für das Laden der E-Nutzfahrzeuge zur Verfügung stehende Zeit (Ladezeit¹⁹, gemessen in Stunden)

Falls bei der exakten Berechnung der notwendigen Ladeleistung Unsicherheiten bestehen oder im Unternehmen kein entsprechendes Fachpersonal vorhanden ist, sollte eine externe Beratung hinzugezogen werden. Insbesondere bei Großprojekten mit vielen Ladepunkten ist dies sinnvoll. Eine solche Beratung wird etwa durch Ladeinfrastrukturdienstleister, E-Nutzfahrzeug-Hersteller oder unabhängige Fachleute angeboten.

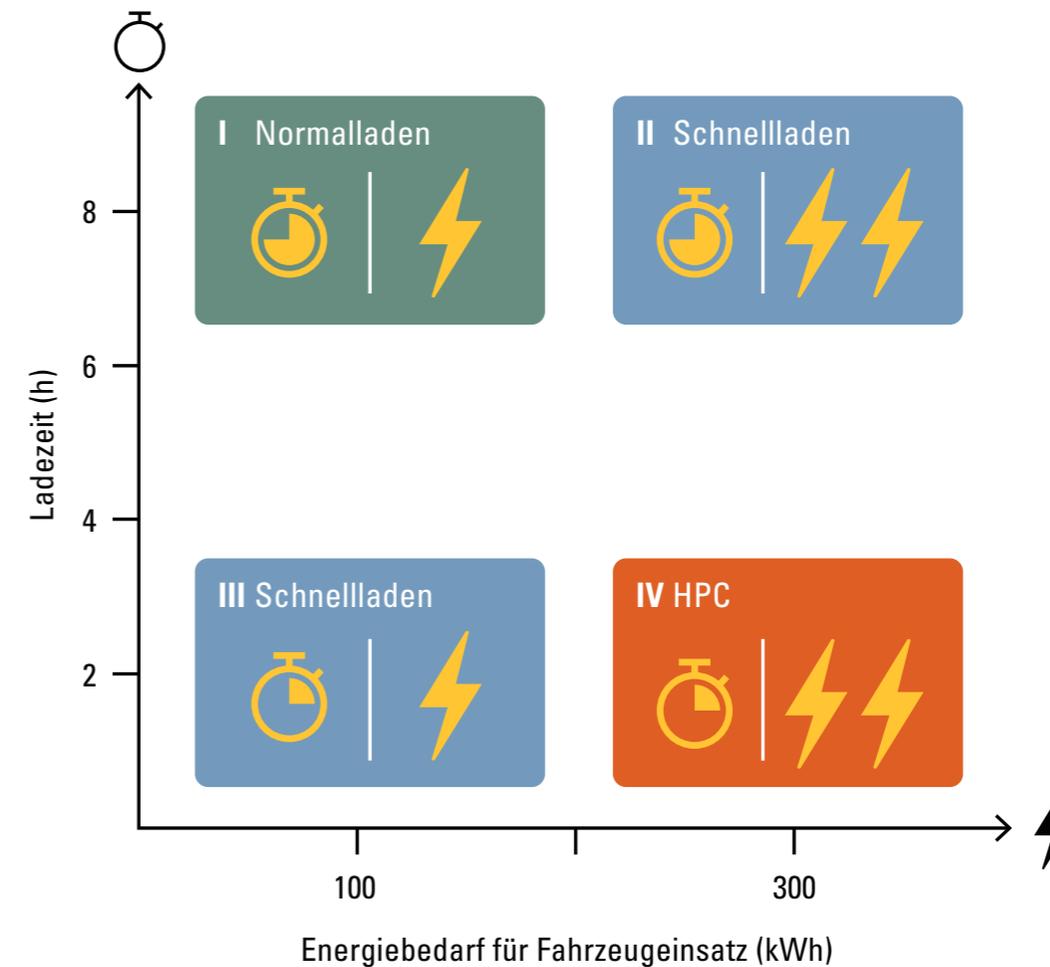


Quelle 19

Basierend auf den beiden obigen Parametern ergeben sich vier typische Einsatzszenarien (siehe Abbildung 8), welche wiederum unterschiedliche Anforderungen an Ladeleistungen zur Aufladung der E-Nutzfahrzeuge aufweisen. Diese Szenarien leiten sich aus den Diskussionen mit Unternehmen der Logistikbranche sowie Fachverbänden ab und beziehen sich – aufgrund der aktuell verfügbaren Fahrzeugmodelle bzw. Reichweiten – auf Verteiler- und Regionalverkehre. Den hier festgelegten Einsatzszenarien lassen sich die jeweils erforderlichen Ladeleistungen zuordnen. Diese Ladeleistungen orientieren sich an den im Kapitel 1.1 beschriebenen Ladeleistungsklassen.

Die Einsatzszenarien unterscheiden zwischen sehr langen und sehr kurzen Standzeiten bzw. sehr hohen und geringen Ladebedarfen. Ziel dieser Darstellung in vier unterschiedlichen Konstellationen ist es, eine Orientierungshilfe für die Ermittlung des Ladebedarfs zu bieten. Durch diese Einordnung lassen sich nicht alle Anwendungsfälle abbilden. Sofern das Einsatzprofil Ihres Fuhrparks nicht eindeutig in einen der genannten Bereiche einzuordnen ist, wird empfohlen, sich an dem jeweils anspruchsvolleren Szenario zu orientieren (kurze Standzeit und/oder hoher Energiebedarf).

ABBILDUNG 8: EINSATZSZENARIEN ELEKTRISCHER NUTZFAHRZEUGE UND DER ENTSPRECHENDEN LADELEISTUNGSKLASSE²²



Quelle 22

Einsatzszenario I**Das E-Nutzfahrzeug benötigt pro Tag eine geringe Energiemenge und verfügt über ein langes Ladezeitfenster pro Tag:**

Quellen
20, 21

Für die Ladung des E-Nutzfahrzeugs stehen pro Tag mehr als acht Stunden am Stück zur Verfügung. Um den täglichen Fahrzeugeinsatz zu gewährleisten, benötigt das E-Nutzfahrzeug eine Energiemenge von nicht mehr als 100 kWh (dies entspricht in etwa einer Reichweite von rund 70 km bei einem 40-Tonnen-E-Lkw²⁰ bzw. rund 125 km bei einem 12-Tonnen-E-Lkw²¹). Auf Basis dieser beiden Parameter ist die Aufladung des E-Nutzfahrzeuges mit einer Leistung von bis zu 22 kW ausreichend (Normalladen).

Einsatzszenario II**Das E-Nutzfahrzeug benötigt pro Tag eine hohe Energiemenge und verfügt über ein langes Ladezeitfenster pro Tag:**

Für die Ladung des E-Nutzfahrzeuges stehen pro Tag mehr als acht Stunden am Stück zur Verfügung. Um den täglichen Fahrzeugeinsatz zu gewährleisten, benötigt das E-Nutzfahrzeug eine Energiemenge von mehr als 400 kWh (dies entspricht in etwa einer Reichweite von ca. 250–300 km bei einem 40-Tonnen-E-Lkw bzw. ca. 450–500 km bei einem 12-Tonnen-E-Lkw). Auf Basis dieser beiden Parameter ist die Aufladung des E-Nutzfahrzeuges mit einer Leistung von bis zu 50 kW ausreichend (Schnellladen).

Einsatzszenario III**Das E-Nutzfahrzeug benötigt pro Tag eine geringe Energiemenge und verfügt über ein kurzes Ladezeitfenster pro Tag:**

Für die Ladung des E-Nutzfahrzeuges stehen pro Tag weniger als zwei Stunden am Stück zur Verfügung. Um den täglichen Fahrzeugeinsatz zu gewährleisten, benötigt das E-Nutzfahrzeug eine Energiemenge von weniger als 100 kWh (dies entspricht in etwa einer Reichweite von rund 70 km bei einem 40-Tonnen-E-Lkw bzw. rund 125 km bei einem 12-Tonnen-E-Lkw). Auf Basis dieser beiden Parameter ist die Aufladung des E-Nutzfahrzeuges mit einer Leistung von mindestens 75 kW notwendig (Schnellladen).

Einsatzszenario IV**Das E-Nutzfahrzeug benötigt pro Tag eine hohe Energiemenge und verfügt über ein kurzes Ladezeitfenster pro Tag:**

Für die Ladung des E-Nutzfahrzeuges stehen pro Tag weniger als zwei Stunden am Stück zur Verfügung. Um den täglichen Fahrzeugeinsatz zu gewährleisten, benötigt das E-Nutzfahrzeug eine Energiemenge von mehr als 400 kWh (dies entspricht in etwa einer Reichweite von ca. 250–300 km bei einem 40-Tonnen-E-Lkw bzw. ca. 450–500 km bei einem 12-Tonnen-E-Lkw). Auf Basis dieser beiden Parameter ist die Aufladung des E-Nutzfahrzeuges mit einer Leistung von mindestens 300 kW notwendig (Hochgeschwindigkeitsladen – HPC).

Berechnung des gesamten Ladeleistungsbedarfs der Flotte

Im letzten Schritt wird der Ladebedarf der einzelnen E-Nutzfahrzeuge zu einem Flottengesamtbedarf (notwendige Gesamtladeleistung) addiert. Hierbei sollten insbesondere drei Dinge berücksichtigt werden:

- **Ladepunktauslastung:** Benötigt jedes E-Nutzfahrzeug einen eigenen Ladepunkt oder können sich zwei bzw. mehrere E-Lkw aufgrund unterschiedlicher Ladezeitpunkte einen Ladepunkt teilen? Durch eine gute Planung der Ladezeiten lassen sich die benötigte Anschlussleistung und die Anzahl der Ladepunkte möglicherweise reduzieren und somit Kosten senken. Alternativ können Ladezeiten durch eine höhere Ladeleistung verkürzt werden, sodass beispielsweise statt eines Schnellladepunkts je E-Nutzfahrzeug ein HPC-Ladepunkt für mehrere E-Lkw zur Verfügung steht.
- **Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge:** Müssen alle Ladepunkte bei der Ladung der E-Nutzfahrzeuge gleichzeitig mit voller Leistung betrieben werden? Wie bereits in dem Abschnitt Softwarelösungen beschrieben, können über ein Last- und Lademanagement die Ladeleistungen bzw. die Ladezeitpunkte der Ladepunkte gesteuert und angepasst werden. Ist ein solches Last- und Lademanagementsystem vorhanden, wird bei der Berechnung der Gesamtladeleistung am Betriebshof ein sogenannter Gleichzeitigkeits-

faktor angenommen. Dieser bildet ab, wie viele der Verbraucher gleichzeitig mit voller Leistung betrieben werden. Ein Gleichzeitigkeitsfaktor von „1“ bedeutet, dass alle Verbraucher (bspw. Ladepunkte) am Betriebshof mit voller Leistung gleichzeitig genutzt werden. Davon ist jedoch nicht als Regelfall auszugehen. In vielen Anwendungsfällen ist der Gleichzeitigkeitsfaktor kleiner als 1, sodass die tatsächliche Gesamtladeleistung nicht der einfachen Addition der individuellen Ladeleistungsbedarfe der E-Nutzfahrzeuge entspricht. Mit einer zunehmenden Zahl von Ladepunkten sinkt in der Regel der Gleichzeitigkeitsfaktor, da bei einer hohen Zahl von Ladepunkten die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass alle Ladepunkte zur gleichen Zeit mit voller Ladeleistung laden. Der Gleichzeitigkeitsfaktor ist für jeden Betriebshof individuell zu ermitteln. Mit Kenntnis des Gleichzeitigkeitsfaktors und der installierten Gesamtladeleistung kann die tatsächlich benötigte Leistung für die Ladeinfrastruktur am Netzanschluss bestimmt werden.

- **Zukunftsperspektive:** Wurde bei der Kalkulation der Ladebedarfe die perspektivische Elektrifizierung der Flotte mitbetrachtet? Die strategische Planung der Elektrifizierung der kompletten Flotte kann die Kosten für den Netzanschluss und die damit verbundenen Kosten (bspw. für Trafostation und Erdarbeiten) signifikant senken.

Die Berücksichtigung der drei Punkte Ladepunktauslastung, Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge und Zukunftsperspektive bildet die Voraussetzung für die Berechnung eines energetisch optimierten Gesamtladeleistungsbedarfs am Betriebshof. Dieser ist Grundlage für eine Kosten-/Nutzen-optimierte Dimensionierung des Netzanschlusses.

Checkliste:

Ich kenne die erforderliche Gesamtladeleistung, um meinen E-Fuhrpark zu laden.

Dafür müssen folgende Fragen beantwortet werden:

Wie viele Fahrzeuge werden elektrifiziert (auch perspektivisch)?

Welche Standzeiten haben die E-Nutzfahrzeuge als Zeitfenster für das Laden?

Laden alle E-Nutzfahrzeuge zur selben Zeit oder können die Ladevorgänge über den Tag verteilt werden?

Benötige ich einen Ladepunkt pro E-Nutzfahrzeug oder kann ich die Ladung mehrerer E-Lkw auch mit einem (HPC-)Ladepunkt organisieren?

Welche Ladeleistungs-kategorie/n werden zum Laden des Fuhrparks benötigt (HPC, Schnelllader oder Normallader)?

Werde ich ein Last- und Lademanagementsystem nutzen?

Dafür sind ggf. folgende externe Personen oder Institutionen einzubeziehen:

Fachleute für die Ermittlung der Ladeleistung der Flotte und des Gleichzeitigkeitsfaktors

Fahrzeughersteller für weitere Informationen zur Ladeleistung bzw. zum Ladeverhalten des E-Nutzfahrzeugs

Schritt 2

Wie beantrage ich die Erweiterung des Netzanschlusses?

Im nächsten Schritt wird geprüft, inwieweit der bisherige Netzanschluss des Standorts aktuell und perspektivisch ausreicht. Dafür werden sowohl der in Schritt 1 ermittelte Leistungsbedarf der E-Nutzfahrzeug-Flotte als auch der Leistungsbedarf der bereits vorhandenen elektrischen Verbraucher berücksichtigt. Zudem sollte

der Einsatz eines Lastmanagementsystems bereits in die Prüfung mit einbezogen und ggf. eine Lastgangmessung des aktuellen Verbrauchs am Standort über einen repräsentativen Zeitraum durchgeführt werden. Es wird empfohlen, diese interne Prüfung frühzeitig anzugehen. Sollte sich bei der Prüfung ergeben, dass der Netzanschluss nicht ausreicht, ist eine Erweiterung des Netzanschlusses notwendig. In diesem Fall sollte möglichst frühzeitig der für den Standort zuständige Netzbetreiber hinzugezogen werden. Aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Netzbetreibern in Deutschland kann es regionale Unterschiede in der Handhabung solcher Anliegen geben. Das Vorgehen lässt sich grundsätzlich in die folgenden drei Schritte unterteilen:

Formloser Austausch mit Netzbetreiber

Möglichst früh sollte der Netzbetreiber über die Pläne der Flottenelektrifizierung und einer möglichen Netzanschlusserweiterung informiert werden. So-

bald der Leistungsbedarf der E-Nutzfahrzeug-Flotte feststeht, sollten mit dem Netzbetreiber Fragen zur notwendigen Netzanschlussleistung, zur Zahl der Ladepunkte, zur Zeitschiene für die Errichtung der Ladeinfrastruktur sowie zu möglichen bereits angedachten Erweiterungen geklärt werden.

Antrag Netzanschluss

Sollte der vorhandene Netzanschluss nicht ausreichen, ergeben sich für das Unternehmen zwei Handlungsoptionen. Zum einen kann die vertraglich vereinbarte Leistung erhöht werden. Voraussetzung hierfür ist, dass der bestehende Netzanschluss technisch für eine Leistungserhöhung in derselben Spannungsebene ausgelegt ist oder ertüchtigt werden kann. Zum anderen kann ein Anschluss auf einer höheren Spannungsebene nötig sein. In der Regel verfügen größere Unternehmen der Logistik über einen Anschluss mindestens in der Mittelspannung.

Bei einer geplanten Leistungserhöhung bzw. Anchlusserweiterung ist zu beachten, dass ein nicht voll ausgelasteter, ggf. überdimensionierter Netzanschluss den Baukostenzuschuss, der abhängig von der vertraglich vereinbarten elektrischen Leistung zu entrichten ist, erhöht. Jedoch geht auch ein mehrmaliges Erweitern des Netzanschlusses in kurzen zeitlichen Abständen

mit sehr hohen Kosten einher und ist mit langen Vorlaufzeiten verbunden. Es empfiehlt sich daher, eine vorausschauende, realitätsnahe Planung vorzunehmen, die die mittel- bis langfristige Flottenelektrifizierung berücksichtigt.

Angebotsübermittlung des Netzbetreibers und Vertragsschluss

Auf Basis des Antrags wird vom Netzbetreiber ein Angebot zur Netzan schlusserweiterung erstellt. Ggf. ist ein weiterer Austausch oder eine Vor-Ort-Begehung mit dem Netzbetreiber notwendig. Das Angebot erhält in der Regel neben den Netzan schlusskosten auch die kostenmäßige Beteiligung an den Baumaßnahmen des Netzbetreibers für erforderliche Arbeiten im öffentlichen Raum (siehe Abschnitt Baukostenzuschuss). Je nach Art und Umfang der Erweiterungsbedarfe können die Kosten variieren. Sie sind in der Regel individuell je Standort zu ermitteln.

Netzbetreiber sind gesetzlich zum Ausbau der Netzkapazitäten verpflichtet, d.h., eine Ablehnung des Antrags wird in aller Regel nicht erfolgen. Sollten die Kapazitäten im bestehenden Netz nicht für die beantragte Leistung ausreichen, sind entsprechende Ausbaumaßnahmen durch den Netzbetreiber notwendig. Dies kann je nach vorhandenen Ressourcen des jeweiligen Netzbetreibers zu einem erhöhten Zeitbedarf bei der Umsetzung führen. In der

Praxis dauern Erweiterungen im Niederspannungsbereich in der Regel zwischen drei und sechs Monate, im Mittelspannungsbereich bei vorhandener Netzkapazität zwischen sechs und zwölf Monate und im Bereich der Hochspannung acht bis zehn Jahre.

Nach Annahme des Angebots durch den Anschlussnehmer geht der Netzbetreiber in die Ausführungsplanung und -umsetzung.

Umsetzung der Erweiterung des Netzan schlusses bzw. der Netzverstärkung

Grundsätzlich reicht der Zuständigkeitsbereich des Netzbetreibers bis zum Netzübergabepunkt am Betriebshof. Der Netzbetreiber stellt dabei den entsprechenden Anschluss her und übernimmt ggf. erforderliche Erweiterungsmaßnahmen im vorgelagerten (also nicht auf dem Betriebshof befindlichen) Stromnetz. Das Unternehmen verantwortet alle weiteren baulichen Maßnahmen auf den eigenen Flächen und ist für die Beauftragung entsprechender Fachbetriebe (z. B. Bauunternehmen für die Erdbauarbeiten auf dem Betriebshofgelände, Elektrofachbetrieb für die Installation der elektrischen Anlagen) zuständig. Wie bereits im vorherigen Schritt beschrieben, kann die Umsetzung unterschiedlich lang dauern, wobei die Zuständigkeit des Netzbetreibers am

Netzanschlusspunkt endet. Etwaige vom Unternehmen vorzunehmende Bau-
maßnahmen (Errichtung einer Trafostation auf dem Betriebshof usw.) werden
weiter unten in *Schritt 4 – Wie organisiere ich die bauliche Umsetzung der
Infrastruktur?* beschrieben.

Checkliste:

- Die Netzanschlussleistung ist ausreichend für den aktuellen
und zukünftigen Leistungsbedarf dimensioniert.

Dafür müssen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wer ist der Netzbetreiber?
- Wie hoch ist meine derzeitige Anschlussleistung?
- Welche Anschlussleistung benötige ich (abgeleitet aus dem
Ladebedarf)?

Dafür sind ggf. folgende Externe einzubeziehen:

- Netzbetreiber
-

Schritt 3

Wie gestalte ich
den Betriebshof
und wo verorte
ich die Lade-
infrastruktur?

Nachdem die Verstärkung des Netzanschlusses in die
Wege geleitet wurde, kann mit der konkreten Planung
des Aufbaus auf dem Betriebshof begonnen werden.
Hierbei sind im Besonderen folgende Punkte zu beach-
ten und gegeneinander abzuwägen:

Lage- und Leitungsplan

Die räumlichen Gegebenheiten auf dem Betriebshof geben den Rahmen für
den Aufbau der Ladeinfrastruktur vor. Dabei sind insbesondere die Flächen
zu betrachten, an denen sich die E-Nutzfahrzeuge möglichst lange aufhalten
(können) und die somit als potenzielle Ladestandorte infrage kommen. Eine
wichtige Orientierungshilfe kann dabei der Lageplan des Betriebshofs sein.
Im Vorfeld ist zudem zu prüfen, ob durch bestehende Leitungsverläufe (z. B.
Gas- oder Wasserleitungen) Einschränkungen für das Verlegen von Strom-
leitungen bestehen. Hierzu sollten bestehende Leitungspläne herangezogen
werden.

Wahl des Ladeorts

Bei der Wahl der jeweiligen Ladeorte sollte berücksichtigt werden, dass das
E-Nutzfahrzeug während des Ladevorgangs keine logistischen Prozesse be-

einträchtig. Ein geeigneter Ladeort sollte auch unter Berücksichtigung der vorgesehenen Ladezeit gewählt werden. So können sich unterschiedliche Anforderungen an den Standort bei kurzen Ladezeiten während des Tages bzw. bei langen Ladezeiten über Nacht ergeben. Typische Ladeorte können die Verladerampe oder auch Freiflächen auf dem Betriebshof sein. Denkbar wären auch Flächen außerhalb des Depots/Betriebshofs. Auch die Größe der Ladeeinrichtung kann Auswirkungen auf die Platzierung haben. So kann es etwa vorkommen, dass besonders große Ladeeinrichtungen (u. a. HPC-Lader) nicht an einer Verladerampe installiert werden können.

E-Nutzfahrzeug-Eigenschaften

Es ist wichtig, die eventuell notwendigen Wendekreise oder Schleppkurven der E-Nutzfahrzeuge zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass die Ladestandorte sicher angefahren und verlassen werden können. Bei der Platzierung und dem Aufbau der Ladeinfrastruktur sollte berücksichtigt werden, dass es sich bei der Lade-Hardware um einen kostenintensiven und gleichzeitig fragilen Gegenstand handelt. Um das Risiko von Schäden zu minimieren, sollten Maßnahmen zum Schutz der Ladeeinrichtung (bspw. die Errichtung eines Anfahrsschutzes, Kennzeichnung in Signalfarben etc.) ergriffen werden.

Des Weiteren ist zu beachten, dass die Ladebuchse der E-Nutzfahrzeuge herstellerabhängig an verschiedenen Orten des Fahrzeugs platziert sein kann. Dies ist bei der Wahl des Ladeortes zu berücksichtigen, Ladestandorte sollten also ggf. von beiden Seiten anfahrbar sein.

Rechtliche bzw. vertragliche Vorgaben

Sofern baurechtliche Vorgaben bzw. Einschränkungen oder aber versicherungstechnische Anforderungen bestehen, könnten sich Auswirkungen auf die Platzierung der Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof ergeben. Baurechtlich sind die Vorgaben der jeweiligen Bauordnung des Bundeslandes und der zugehörigen Verordnungen zu beachten. Versicherungsseitige Anforderungen ergeben sich aus der individuell abgeschlossenen Versicherungspolice (z. B. Gebäudeversicherung, Betriebshaftpflichtversicherung usw.). Zudem sollten etwaige Bestimmungen des Miet- bzw. Pachtvertrags hinsichtlich geplanter Baumaßnahmen geprüft werden, sofern der Betriebshof sich nicht im Eigentum des Unternehmens befindet. Hierzu kann auch eine Abstimmung im Vorfeld mit dem Vermieter/Verpächter zielführend sein.

Wirtschaftliche Betrachtung

Es sollte geprüft werden, wo auf dem Betriebshof die Ladeeinrichtungen und die ggf. benötigte Trafostation am kostengünstigsten aufgebaut werden können. Je größer die Entfernungen der Ladeeinrichtungen zum Netzanschlusspunkt bzw. der Trafostation sind, desto mehr baulicher Aufwand ist zu betreiben. Dies führt in der Regel zu höheren Kosten.

Zudem können die Dauer der Installationsarbeiten an den geplanten Flächen und die Kosten für anfallende (Tief-)Bauarbeiten erhebliche finanzielle Auswirkungen haben.

Ggf. entstehen weitere Kosten durch zusätzliche Maßnahmen, die im Zusammenhang mit der Installation der Ladeinfrastruktur stehen, etwa für Brandschutz, Anfahrerschutz usw.

Erstellung eines Übersichtsplans

Als Ergebnis der oben beschriebenen Verfahrensschritte ist es sinnvoll, einen Übersichtsplan mit allen zu errichtenden Ladeeinrichtungen, geplanten Stromleitungsverläufen sowie Positionen benötigter weiterer Komponenten der Ladeinfrastruktur (betrifft insbesondere die Trafostation) zu erstellen. Ein solcher Plan kann mit Hilfe von Fachbetrieben bzw. Ladeinfrastrukturdienstleistern entwickelt werden.

Exkurs: Elektromobilität und Brandschutz



Quelle 23

Beim Umstieg auf Nutzfahrzeuge mit einem alternativen Antrieb ist der betriebliche Brandschutz zu prüfen. Dies kann dazu führen, dass ein bestehendes Brandschutzkonzept angepasst werden muss. Hierzu können der oder die Brandschutzbeauftragte des Unternehmens, aber auch externe Beratungen oder Versicherungen bzw. der Vermieter eingebunden werden. Wegen der aktuell noch geringen Anzahl elektrischer Lkw kann beim Thema Brandschutz zur Orientierung auf Erfahrungen mit elektrischen Bussen bzw. mit der Elektrifizierung von Busdepots zurückgegriffen werden.²³

Das Brandrisiko eines E-Fahrzeugs ist statistisch nicht höher als das eines Fahrzeugs mit konventionellem Antrieb. Beim Diesel-Lkw sind die häufigsten Brandursachen im Motorraum und in den dort befindlichen Nebenaggregaten zu finden. Beim E-Lkw gehen spezifische Risiken von der Batterie und der Elektroinstallation auf dem Betriebshof, also der Ladeinfrastruktur, aus.

Ein Brand der Fahrzeugbatterie kann bspw. durch geschädigte Batteriezellen, mechanische Beschädigungen durch Unfälle etc. oder unsachgemäße Ladung der E-Nutzfahrzeuge entstehen. Um Brandrisiken zu minimieren, wird eine Schnittstelle zwischen dem Batteriemanagementsystem des E-Nutzfahrzeu-

ges und dem Lademanagement des Betriebshofes empfohlen. Vom Batteriemanagementsystem erkannte kritische Zustände bei der Batterie können so über das Lademanagementsystem an eine ständig besetzte Stelle weitergeleitet werden. Bei erkannten kritischen Anomalien kann so eine Unterbrechung des Ladevorganges ausgelöst werden.

Bei elektrischen Infrastrukturen der Energieversorgung, wie z. B. dem Transformator, ist die Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauVO) brandschutztechnisch zu beachten. Hier sind ggf. getrennte Betriebsräume erforderlich.

Für E-Nutzfahrzeuge gibt es in Bezug auf die Batterie bisher kein spezifisches Löschesystem. Es kann versucht werden, die Batterie mittels Wasser möglichst wirksam zu kühlen. Bei der baulichen Planung ist die Berücksichtigung einer Quarantänefläche, also eines Abstellorts für beschädigte oder verunfallte E-Nutzfahrzeuge, sinnvoll. Baurechtliche Vorgaben zu solchen Flächen gibt es gegenwärtig nicht. Der Zugang für die Feuerwehr sollte jedoch gewährleistet und die Löschwasserversorgung sichergestellt sein. Auch sollte ausreichend Platz eingeplant werden, um Brandübersprünge zu vermeiden.

Bei der Wahl des Ladeortes bzw. der Ladeorte für E-Lkw spielt die Fahrzeugaufstellung folglich eine Rolle. Hierbei wird zwischen drei wesentlichen Aufstellungsarten unterschieden:

1. Die **Freiaufstellung** ist die übliche und auch sicherste Variante für das Laden der E-Nutzfahrzeuge, da so im – statistisch gesehen unwahrscheinlichen – Fall eines Fahrzeugbrandes das Risiko eines Übersprungs auf andere Fahrzeuge minimiert werden kann. Der Abstand zwischen den abgestellten E-Nutzfahrzeugen spielt dabei eine wichtige Rolle. Vereinfacht kann gesagt werden, je weiter die E-Lkw voneinander entfernt stehen, desto geringer ist das Risiko eines Brandübersprungs.
2. Falls E-Nutzfahrzeuge in **Carports oder offenen Garagen** untergebracht sein sollten, besteht im Falle eines Brandes das Risiko, dass die Dachkonstruktion sowie etwaige darauf befindliche Ladeeinrichtungen oder andere technische Anlagen zerstört werden. Ein Brandübersprung auf nebenstehende E-Nutzfahrzeuge ist zudem wahrscheinlicher als bei der Freiaufstellung.
3. In **geschlossenen Garagen oder Werkstätten** ist das Risiko eines Brandübersprungs am größten.

Für Carports, offene und geschlossene Garagen bzw. Werkstätten eignen sich daher Rauchabzugsöffnungen mit feuerbeständigen Wänden als Brandschutzmaßnahmen. Aus baulicher Sicht sollten zudem die Wände, Decken und Dächer generell feuerhemmend sein und aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen.

Checkliste:

- Ich weiß, welche Infrastrukturbestandteile (Ladeeinrichtungen, Trafostation, Kabel usw.) an welchen Stellen auf dem Betriebshof errichtet werden sollen, sodass zukünftig die Bedarfe des operativen Betriebs erfüllt werden und ein optimaler Einsatz der E-Nutzfahrzeuge sichergestellt ist.
- Der tägliche Betrieb wird basierend auf dieser Planung während der Baumaßnahmen nicht oder nur minimal eingeschränkt sein.

Dafür müssen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wo gibt es Platz auf dem Betriebshof?
- Wo stehen die Fahrzeuge?
- Wo ist es technisch möglich, die Ladeinfrastruktur aufzubauen?
- Welche Verortung ist organisatorisch und wirtschaftlich am besten geeignet?
- Welche versicherungs- bzw. brandschutztechnischen bzw. baurechtlichen Anforderungen gilt es bei der Verortung der Ladeinfrastruktur zu berücksichtigen?
- Ist der Vermieter/Verpächter über die Umbaupläne informiert und stimmt diesen zu?

Dafür sind ggf. folgende Externe einzubeziehen:

- Ladeinfrastrukturbetreiber (auch: Charge Point Operator, kurz CPO) oder ähnliche Ladeinfrastrukturdienstleister für Beratungszwecke
- Bauunternehmen
- Elektrofachbetriebe
- Versicherungen
- Brandschutzbeauftragte



Exkurs: Lärmemissionen

Ein weiterer positiver Nebeneffekt der Flottenelektrifizierung ist die geringere Lärmbelastung. Elektrofahrzeuge sind grundsätzlich leiser als Verbrennerfahrzeuge. Eine Verringerung des Lärms betrifft vor allem die Betriebszeiten im Stillstand, beim Anfahren und bei geringeren Geschwindigkeiten (bei Nutzfahrzeugen bis ca. 35 km/h). Durch den Einsatz von E-Nutzfahrzeugen auf dem Betriebshof können die Lärmemissionen wesentlich verringert werden. Dies ist insbesondere auf die üblicherweise kurzen Strecken mit niedriger Geschwindigkeit und die häufigen Start-Stopp-Vorgänge zurückzuführen, die auf dem Betriebshof typisch sind.

Das Laden der E-Nutzfahrzeuge hingegen kann zusätzliche Lärmemissionen verursachen. Diese resultieren vor allem aus der Temperaturregelung der Ladeinfrastruktur, die entweder luft- oder flüssigkeitsgekühlt erfolgt, und der Kühlung der Fahrzeugbatterie. Weiterhin können Lärmemissionen durch den Betrieb einer Trafostation entstehen.

Beim Aufbau von Ladeinfrastruktur sollte daher stets der Faktor Lärmentwicklung durch den Betrieb der Ladeinfrastruktur bzw. durch das Fahrzeugladen berücksichtigt werden.



Quelle 24

Mit der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)²⁴ existiert eine bundeseinheitliche Regelung, in der u. a. Grenzwerte für Lärmemissionen festgelegt sind und die speziell für nicht öffentliche Flächen (also Unternehmensgrundstücke usw.) Anwendung findet. Nach aktueller Auslegung der Rechtsgrundlage gelten die Bestimmungen der TA Lärm auch für Ladeinfrastruktur auf solchen Flächen inklusive des verbundenen Zu- und Abgangverkehrs.

Ob eine Überschreitung des Grenzwertes (auch Immissionsrichtwert) besteht, ist dabei immer an dem Ort zu prüfen, der von den Lärmbelastungen betroffen ist. Dies kann z. B. ein Wohngebäude in der Nachbarschaft sein. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass diese Höchstwerte nicht am Ort der Verursachung, also in diesem Fall der Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof, gemessen werden. Nachfolgend (siehe Tabelle 3) wird dargestellt, welche Immissionshöchstwerte in den ausgewählten ausgewiesenen Gebieten außerhalb von Gebäuden gelten.



Quelle 25

TABELLE 3: ÜBERSICHT IMMISSIONSHÖCHSTWERTE IN UNTERSCHIEDLICHEN GEBIETEN²⁵

Gebiet	Tags (6 bis 22 Uhr)	Nachts (22 bis 6 Uhr)
Industriegebiet	70 dB(A)	70 dB(A)
Gewerbegebiet	65 dB(A)	50 dB(A)
Urbanes Gebiet	63 dB(A)	45 dB(A)
Kern-, Dorf- und Mischgebiet	60 dB(A)	45 dB(A)
Allgemeines Wohngebiet	55 dB(A)	40 dB(A)

Praxishinweise:

- Sind Sie sich unsicher, in welchem Gebiet sich Ihr Betriebshof befindet, erkundigen Sie sich bei Ihrer zuständigen Gemeinde- bzw. Stadtverwaltung (im Normalfall ist es das für Bauangelegenheiten zuständige Amt).
- Die Informationen zu Lärmemissionen der Ladeeinrichtungen können Sie entweder den technischen Datenblättern entnehmen oder beim Hersteller erfragen.
- Ladelösungen unterscheiden sich in den Lärmemissionen, ein Vergleich unterschiedlicher Systeme ist empfehlenswert.
- Sofern die favorisierte Ladelösung die Grenzwerte überschreiten sollte, ist es denkbar, durch bauliche Zusatzmaßnahmen (Ummantelung oder Aufbau der Hardware innerhalb eines Gebäudes) die Emissionen zu senken.

Schritt 4

Wie organisiere ich die bauliche Umsetzung der Infrastrukturmaßnahmen?

Nachdem die wesentlichen Eckpunkte zum Aufbau und zur Verortung der Ladeinfrastruktur geklärt sind, geht es im nächsten Schritt um die konkrete Umsetzung der baulichen Maßnahmen. Im Folgenden wird zunächst beschrieben, welche Aspekte bei der Umsetzung der Ladeinfrastruktur im Vorfeld berücksichtigt werden sollten.

Dann werden die wichtigsten Umsetzungsschritte erläutert. Für eine bessere Übersichtlichkeit werden diese in vier Kategorien (Genehmigungen, Bestellung, Beauftragung, Inbetriebnahme) eingeordnet.

Vor der Umsetzung

Welche Aufgaben kann ich selbst erledigen, bei welchen benötige ich externe Hilfe? Bei einigen Arbeiten liegt das Zurückgreifen auf externe Expertise auf der Hand (etwa bei den baulichen Veränderungen oder dem elektrischen Anschluss der Ladeinfrastruktur), andere Arbeiten könnten in Eigenregie durchgeführt werden (Bestellung Hardware, Antrag auf Netzanschlusserweiterung). Über die Verteilung der anfallenden Aufgaben sollte man sich frühzeitig klar werden.

Erstellung eines Budget- und Zeitplans: Zur besseren Koordinierung der notwendigen Arbeiten sollte ein Zeitplan erstellt werden. Zusätzlich bietet es sich

an, im Vorfeld einen Budgetplan aufzustellen. Insbesondere bei der Planung der Baumaßnahmen sollte darauf geachtet werden, dass diese idealerweise zu Randzeiten (Wochenende, Betriebsschluss) oder – je nach Unternehmen – in den Monaten mit geringerer betrieblicher Auslastung (Nebensaison und/oder Ferienzeit) durchgeführt werden. So wird der laufende Betrieb möglichst wenig durch die Baumaßnahmen beeinflusst.

Bildung eines betriebsinternen Organisationsteams: Abhängig von der Unternehmensgröße und dem Umfang des Bauvorhabens kann die Bildung einer solchen Einheit die Kommunikation während der Umsetzung verbessern. Hierdurch kann rechtzeitig an alle relevanten Stellen kommuniziert werden, wenn es zu Beeinträchtigungen oder Verzögerungen kommt. Zudem kann durch die Kommunikation von Gefahrenzonen/Baubereichen die Betriebssicherheit gewährleistet werden.

Umsetzungsschritte in vier Kategorien

Im Folgenden werden beispielhaft die zu erwartenden Schritte bei der Umsetzung des Aufbaus aufgezeigt. Es handelt sich dabei um eine Darstellung der wesentlichen Aspekte. Aufgrund der Vielseitigkeit solcher Vorhaben können individuelle Anpassungen beim Vorgehen jedoch notwendig werden.

Genehmigungen

Netzanschluss: Wie in *Schritt 2 – Wie beantrage ich die Erweiterung des Netzanschlusses?* beschrieben, sollte möglichst früh Kontakt zum Netzbetreiber aufgenommen und die für den Flottenbetrieb notwendige Erweiterung der Netzanschlussleistung beantragt werden. Dieser Schritt kann abhängig von der Komplexität der örtlichen Gegebenheiten, der zu beantragenden Netzanschlussleistung und der Auftragslast beim jeweiligen Netzbetreiber mehrere Monate dauern.

Baugenehmigung: Des Weiteren kann es notwendig sein, dass für die baulichen Veränderungen ein Bauantrag bei der zuständigen Stadt-/Gemeindeverwaltung gestellt werden muss. Hierbei können je nach Bundesland unterschiedliche Anforderungen gelten, da die jeweiligen Landesbauordnungen Anwendung finden. In der Regel ist der Aufbau von Ladeinfrastruktur genehmigungsfrei. Allerdings sind bauliche Maßnahmen, die in unmittelbarem Zusammenhang stehen, meist genehmigungspflichtig. Hierzu zählen etwa die Errichtung von Überdachungen, Trafostationen usw. Weiterhin kann es erforderlich sein, dass Veränderungen in den Bereichen der Statik, des Tiefbaus oder des Brandschutzes bei den Behörden angezeigt werden müssen.

Abstimmung mit Vermieter/Verpächter: Falls sich der Betriebshof nicht im Eigentum des Unternehmens befindet, sollte der Vermieter/Verpächter

möglichst früh über den Aufbau von Ladeinfrastruktur auf den Mietflächen informiert werden. Im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) ist geregelt, dass ein Mieter vom Vermieter verlangen kann, dass der Aufbau von Ladeinfrastruktur erlaubt wird (§ 554 in Zusammenhang mit § 578 BGB). In der Regel ist es möglich, dass der Vermieter bestimmte Bedingungen für den Aufbau stellt. Diese Vereinbarungen sind dann vertraglich festzulegen, sodass die Installation von Ladeinfrastruktur für beide Seiten rechtlich abgesichert ist (wie Rückbaumodalitäten nach Mietende, mögliche finanzielle Beteiligung des Grundstückseigentümers am Aufbau usw.).

Bestellung

Trafostation: Bei Erweiterungsmaßnahmen am Netzanschluss ist es für gewöhnlich erforderlich, eine Trafostation zu errichten. Zudem kann es im Einzelfall notwendig sein, eine solche Nebenanlage zu errichten, wenn die Distanzen zwischen Netzanschlusspunkt und Ladeinfrastruktur zu groß sind. Aufgrund von zum Teil sehr langen Lieferzeiten sollte dies direkt nach der Beantragung der Netzerweiterung stattfinden. In der Regel geht die Trafostation ins Eigentum des Auftraggebers über. Bei der Auslegung der Trafostation sowie bei deren Errichtung müssen die Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des jeweiligen Netzbetreibers beachtet werden.

Lade-Hardware: Bereits kurz nach der Beantragung der Netzerweiterung sollte die benötigte Lade-Hardware bestellt werden. Je nach Marktlage und gewünschtem Produkt sind die Lieferzeiten unterschiedlich lang – zum Teil kann sich die Lieferzeit auf über ein Jahr erstrecken.

Beauftragung

Bauunternehmen: Für die Umsetzung der baulichen Veränderungen auf dem Betriebshof sollte rechtzeitig ein Bauunternehmen beauftragt werden. Die baulichen Maßnahmen können Erdarbeiten, die Verlegung von Kabeln und das Errichten der Fundamente für die Lade-Hardware umfassen.

Energielieferant: Der Energielieferant ist über die geänderte Netzanschlussleistung zu informieren. Dies ermöglicht es dem Energielieferanten, den entsprechenden Vertrag hinsichtlich möglicher Anpassungen der Netzentgelte zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Inbetriebnahme

Installation und Test der Lade-Hardware: Nachdem die Lade-Hardware geliefert und aufgebaut wurde, muss ein Elektrofachbetrieb mit der Installation beauftragt werden. Weiterhin sollte die Lade-Hardware umfangreich getestet werden, um die Einsatzfähigkeit sicherzustellen.

Checkliste:

- Sämtliche baulichen Maßnahmen wurden angestoßen und umgesetzt, sodass die Ladeinfrastruktur einsatzbereit ist.

Dafür müssen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Umsetzungsschritte kann ich in Eigenregie übernehmen, bei welchen Aufgaben benötige ich externe Hilfe?
 - Benötige ich Genehmigungen vom Vermieter/Verpächter oder bau-rechtlicher Art?
 - Bei welchen Umsetzungsschritten habe ich mit größeren Lieferzeiten oder Umsetzungszeiträumen zu rechnen? In welcher Priorität/Reihen-folge sollten die einzelnen Schritte angestoßen werden? Kann ich Pro- zesse parallelisieren?
-

Dafür sind ggf. folgende Externe einzubeziehen:

- CPO oder ähnliche Ladeinfrastrukturdienstleister für Beratungs- zwecke
 - Bauunternehmen
 - Elektrofachbetriebe
 - Versicherungen
 - Bauamt
 - Vermieter/Verpächter
 - Energielieferanten
-

Schritt 5

Was muss ich für den zuverlässigen Betrieb der Ladeinfrastruktur beachten?

Ist der Aufbau der Ladeinfrastruktur abgeschlossen, muss der reibungslose Betrieb der Ladeinfrastruktur organisiert werden. Dabei stehen folgende Punkte im Fokus:

Zuständigkeit für das Laden der E-Nutzfahrzeuge

Zunächst sollte ein generelles Vorgehen festgelegt werden, wer für die Ladung der E-Nutzfahrzeuge zuständig ist. Übernimmt das Fahrpersonal diese Aufgabe oder das Personal auf dem Betriebshof? Im Wesentlichen geht es beim manuellen Vorgang darum, sicherzustellen, dass die Ladestecker ordnungsgemäß eingesteckt sind, und im E-Nutzfahrzeug oder mittels Betriebshofmanagementsoftware zu überprüfen, ob der Ladevorgang fahrzeugseitig gestartet wurde.

Einführung einer Lademanagementsoftware

Insbesondere beim Aufbau mehrerer Ladepunkte bzw. intelligenter – also steuerbarer – Ladeinfrastruktur ist es zielführend, Softwarelösungen (bspw. in Form eines Backendsystems) einzusetzen. Diese ermöglichen einen Überblick über alle Ladepunkte und Ladevorgänge auf dem Betriebshof und geben

ein Signal, falls ein Ladevorgang nicht oder nicht wie vorgesehen startet oder durchgeführt wird. Für den Fall, dass es zu einem Abbruch des Ladevorgangs kommt, kann ein solches System entsprechende Warnhinweise geben, so dass der Ladevorgang neu gestartet werden kann. Darüber hinaus ermöglicht eine Lademanagementsoftware, Fehleranalysen durchzuführen, um zukünftige Ladeabbrüche zu vermeiden.

Sollte der Verkauf von Ladestrom an betriebsfremde E-Nutzfahrzeuge geplant sein – etwa Subunternehmen, Zulieferer oder Kundschaft –, müssen Verfahren zur Abrechnung des geladenen Stroms entwickelt und in die Software integriert werden.

Um eine Abrechnung des geladenen Stroms vorzunehmen, muss zunächst der Zugang zur Ladeeinrichtung für die zu ladenden E-Nutzfahrzeuge ermöglicht werden (Nutzerauthentifizierung). Dies kann über eine Zugangskarte oder über eine digitale Lösung (Smartphone-App oder QR-Code) erfolgen. Hierdurch werden die Abrechnungsdaten der Nutzer an den Betreiber der Ladeinfrastruktur übermittelt und der Ladevorgang wird der entsprechenden Person bzw. dem jeweiligen Unternehmen zugeordnet. Nach abgeschlossenem Ladevorgang erfolgt die Abrechnung des geladenen Stroms.

Betrieb der Ladeinfrastruktur in Eigenregie oder durch Dienstleister

Die Entscheidung, ob die Ladeinfrastruktur in Eigenregie oder durch einen Dienstleister betrieben werden soll, ist zunächst abhängig davon, ob die erforderlichen personellen Kapazitäten dafür vorhanden sind und ob die erforderliche Investitionsbereitschaft für den Aufbau dieser Expertise gegeben ist.

Für diese Festlegung kann es auch eine Rolle spielen, wie viele Ladeeinrichtungen aufgebaut und betrieben werden sollen. Ein weiterer Aspekt ist, ob der Ladestrom auch Dritten zur Verfügung und in Rechnung gestellt werden soll.

Aufgrund der hohen Leistungsanforderungen von E-Lkw an das elektrische Laden wird angenommen, dass stets intelligente, steuerbare Hardware zum Einsatz kommt.

Sofern wenige Ladeeinrichtungen errichtet werden und eine Abrechnung des Ladestroms mit Dritten nicht geplant ist, könnte eine operative Überwachung aus eigener Hand erfolgen. Sofern Abrechnungen mit Dritten angedacht sind, ist die Einbindung eines CPO zu empfehlen. Ein solcher Dienstleister kann neben dem Betrieb der Ladeinfrastruktur und der Abrechnung auch andere Tätigkeiten, wie etwa die regelmäßige Wartung, übernehmen.

Für technische Prüfungen, Wartungen bzw. vorgegebene Inspektionen und Instandhaltungsmaßnahmen kann statt des CPO auch ein auf Ladeinfrastruktur ausgerichteter Elektrofachbetrieb oder ein spezialisierter Ladeinfrastrukturdienstleister hinzugezogen werden. Zu beachten sind die Fristen zur Prüfung der Hardware, die sich z.B. aus Herstellerhinweisen oder aus gesetzlichen Regelungen (Arbeitsschutz, Unfallverhütung usw.) ergeben.

Langfristig könnte auch im eigenen Unternehmen die Expertise zum Betrieb und zur Wartung von Ladeinfrastruktur aufgebaut werden, sodass diese Aufgaben durch eigenes Personal wahrgenommen werden können. Dies ist aber eine individuelle Unternehmensentscheidung. In Tabelle 4 finden Sie beispielhaft Vor- und Nachteile der beiden Herangehensweisen:

TABELLE 4: BETRIEB DER LADEINFRASTRUKTUR IN EIGENREGIE ODER DURCH DIENSTLEISTER: VOR- UND NACHTEILE

Modell	Vorteile	Nachteile
Dienstleister	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherstellung, dass Aufgaben korrekt und mit Fachwissen durchgeführt werden • Idealerweise Beratung und Unterbreitung von Lösungsvorschlägen, etwa zum weiteren Ausbau oder zur Optimierung der Ladeprozesse • Sinnvoll bei <ul style="list-style-type: none"> ◦ Abrechnung gegenüber Dritten ◦ Betrieb einer höheren Anzahl von Ladepunkten • Es müssen nicht kurzfristig interne Stellen geschaffen bzw. Personalressourcen freigehalten werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Es fallen laufende Kosten für die Beauftragung an • Ggf. im Störfall: Verzögerungen bei Problembehebung, wenn Dienstleister keinen Notdienst o. Ä. anbietet oder weite Anreise hat • Findungs- und Auswahlprozess eines geeigneten Anbieters
Eigenbetrieb	<ul style="list-style-type: none"> • Personal ist in der Regel vor Ort und kann Störungen unverzüglich beheben • Keine vertraglichen Bindungen • Expertise bleibt im Betrieb und kann vor Ort besser weitergegeben werden • Ggf. geringere Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Eigene Verantwortung bei Haftung in Schadensfällen • Laufende Sicherstellung der Qualitätsstandards (Fortbildung des Personals usw.) • Bei Abrechnung des verkauften Ladestroms ergeben sich zusätzliche Anforderungen an Unternehmen • Für den Einsatz eines Last- und Lademanagements wird in jedem Fall ein externer Dienstleister benötigt

Exkurs: Laden betriebsfremder E-Fahrzeuge auf dem Betriebshof – welche rechtlichen Aspekte sind zu beachten?

In Zusammenhang mit dem Betrieb der Ladeinfrastruktur können unterschiedliche rechtliche Fragestellungen auftreten, insbesondere für den Fall, dass betriebsfremde E-Fahrzeuge auf dem eigenen Betriebshof laden sollen. An dieser Stelle werden wesentliche Aspekte des Ladens von betriebsfremden E-Fahrzeugen aufgegriffen und kurz erläutert. Dies ersetzt eine detaillierte juristische Prüfung für den jeweiligen Einzelfall zwar nicht, gibt aber einen ersten Eindruck davon, was es zu beachten gilt.

Grundsätzlich ist das Laden von betriebsfremden E-Fahrzeugen rechtlich umsetzbar. Denn zentrale Gesetze, wie das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und das Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG), stehen dem Laden von betriebsfremden E-Fahrzeugen nicht im Weg. So wird der Betreiber der Ladeinfrastruktur durch den Verkauf des Stroms an E-Fahrzeug-Nutzer aus Sicht des EnWG nicht zum Energieversorger mit all den verbundenen Pflichten. Ladesäulen bzw. Betreiber sind laut § 3 Nr. 25 des EnWG als „Letztverbraucher“ zu bewerten. Zudem entfällt seit dem 1. Juli 2022 die Pflicht zur Entrichtung der

EEG-Umlage für Betreiber von Ladesäulen. Mit dem Gesetz zur Absenkung der Kostenbelastung durch die EEG-Umlage hat sich das Laden von betriebsfremden E-Fahrzeugen rechtlich vereinfacht.

Blickt man aus steuerrechtlicher Sicht auf das Laden von betriebsfremden E-Fahrzeugen, können sich zwei rechtlich relevante Sonderfälle ergeben, deren Konsequenzen zu prüfen sind. Dabei handelt es sich zum einen um die Nutzung von Strom aus der Eigenerzeugung (z. B. Photovoltaik) für das Laden von betriebsfremden E-Fahrzeugen. Eine (natürliche oder juristische) Person, die eigenerzeugte Energie (ob vollständig oder in Teilen) an der Ladesäule an Dritte verkauft, wird gemäß § 1a Abs. 6 der Verordnung zur Durchführung des Stromsteuergesetzes (StromStV) jedenfalls zum sogenannten „eingeschränkten Versorger“, wenn die dort geregelten Anforderungen erfüllt werden, andernfalls zum regulären „Versorger“. Dies gilt grundsätzlich auch dann, wenn die Bereitstellung des Stroms an der Ladeinfrastruktur über einen CPO abgewickelt wird. In der Regel muss mit dem Status des „(eingeschränkten) Versorgers“ zwar keine Stromsteuer bezahlt werden, aber es ergeben sich Meldepflichten in Bezug auf den eigenerzeugten und geleisteten Strom gegenüber dem zuständigen Hauptzollamt. Insbesondere die zur Meldung erforderlichen Formulare sind komplex und sehr umfassend und bedürfen in vielen Fällen juristischer Unterstützung.

Ein zweiter Sonderfall ergibt sich bei Unternehmen, die nach §§ 9b, 10 StromStG steuerlich ermäßigten Strom nutzen (sogenannter „Spitzenausgleich“). Denn dieser Strom darf nur für den privilegierten Zweck eingesetzt werden. Grundsätzlich wird laut § 9b Abs. 1 und § 10 Abs. 1 StromStG die Steuerentlastung nicht für Strom gewährt, der für Elektromobilität verwendet wird. Wenn ein Unternehmen also gemäß StromStG als produzierendes Gewerbe vergünstigten Strom bezieht, braucht es eine klare Abgrenzung der Stromversorgung des privilegierten Bereiches sowie der anderen Bereiche des Unternehmens. Dies gilt insbesondere für das Laden von (betriebsfremden) E-Fahrzeugen. Bei Verstoß droht der finanziell schwerwiegende Verlust des Steuerprivilegs.

Zwei weitere Regelwerke, die beim Laden von betriebsfremden E-Fahrzeugen grundsätzlich zu beachten sind, sind die Ladesäulenverordnung (LSV) und das Mess- und Eichgesetz (MessEG). Die LSV regelt Anforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur in Deutschland. Ladeinfrastruktur, die auf einem Betriebshof aufgebaut und betrieben wird, ist nicht zwangsläufig im Sinne der LSV eine nicht öffentliche Ladeinfrastruktur, auch wenn der Zugang zum Betriebshof über eine Pforte geregelt ist und z. B. nur ausgewählte Transportdienstleister die Ladeinfrastruktur nutzen dürfen. Der Betreiber hat laut § 2 Nr. 5 LSV zwecks

Vermeidung der öffentlichen Zugänglichkeit am Ladepunkt oder in unmittelbarer Nähe zum Ladepunkt über eine sichtbare Kennzeichnung (z. B. die Allgemeinen Geschäftsbedingungen) oder Beschilderung deutlich zu machen, dass die Nutzung der Ladeinfrastruktur auf einen individuell bestimmten Personenkreis beschränkt ist.

Für den verbrauchsabhängigen Stromverkauf ist der Betreiber der Ladeinfrastruktur grundsätzlich in der Pflicht, die Verbräuche bzw. den tatsächlichen Stromverkauf nach Maßgabe des Mess- und Eichrechts mengenmäßig nachzuweisen. Um dies technisch und rechtlich sicher umzusetzen, muss die Ladeinfrastruktur geeicht sein, d. h. den technischen Vorgaben des Mess- und Eichgesetzes (MessEG) entsprechen. Dies gilt grundsätzlich auch für das zugehörige Backendsystem, also die Software zur Überwachung und Steuerung der Ladeinfrastruktur. Zu beachten ist, dass Ladeinfrastrukturlösungen, die eichrechtlich genormt sind, für gewöhnlich teurer sind als nicht geeichte Produkte. Möglich sind aber auch alternative Abrechnungsmodelle für das Laden. Anstatt der verbrauchsabhängigen Abrechnung kann das Laden von betriebsfremden E-Fahrzeugen mit einer monatlichen oder jährlichen Flatrate abgerechnet werden. Allerdings ist nicht sicher, ob solche Flatrate-Regelungen dauerhaft zulässig sein werden.

Qualifizierungsmaßnahmen für das Personal

Um den reibungslosen Einsatz der Ladeinfrastruktur zu gewährleisten, ist eine umfassende Schulung der relevanten Personen im Unternehmen wichtig. Die Schwerpunkte der Qualifizierungsmaßnahmen lassen sich in folgende Kategorien einteilen:

Betriebliche Zuverlässigkeit: Ein wesentlicher Aspekt beim Einsatz von E-Nutzfahrzeugen ist es, die betriebliche Zuverlässigkeit zu gewährleisten oder sogar zu optimieren. Durch den hinzukommenden Prozessschritt des elektrischen Ladens verändern sich gewohnte Prozesse möglicherweise. Diese neuen bzw. angepassten Prozesse müssen allen Angestellten verständlich vermittelt werden.

Technische Sicherheit: Weiterhin ist es erforderlich, potenzielle technische Sicherheitsrisiken zu betrachten, zu erläutern und hierfür entsprechende Vorsichtsmaßnahmen, Sicherheitshinweise sowie Handlungsempfehlungen für die Belegschaft zu entwickeln. Möglichen Verunsicherungen der Beteiligten durch den Einsatz von Hochvolttechnologie sollte frühzeitig begegnet werden, sodass diese im Rahmen eines Risikomanagements berücksichtigt werden können.

Wie kann die Personalqualifizierung gelingen und welche Maßnahmen können hilfreich sein?

Der Faktor „Mensch“ spielt eine wesentliche Rolle für das Gelingen der Elektrifizierung von Nutzfahrzeugflotten. Es ist somit erforderlich, ein hohes Maß an Motivation für die Kommunikation mit der Belegschaft mitzubringen und die Abläufe, beispielsweise von Schulungsmaßnahmen, schlank und überschaubar zu halten. Gleichzeitig ist es empfehlenswert, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aktiv in den Prozess einzubinden, potenzielle Zweifel ernst zu nehmen und gemeinsam an Lösungen zu arbeiten.

Welcher Personenkreis ist einzubeziehen?

Grundsätzlich gilt es, alle Personen, die in der täglichen Arbeit Berührungspunkte mit der neuen Technologie haben, anzusprechen und mit den E-Fahrzeugen sowie dem Umgang der Ladeinfrastruktur vertraut zu machen. Dies sind insbesondere Fahrerinnen und Fahrer, Disponentinnen und Disponenten, Betriebsleitungen, das Facility Management und weiteres Fachpersonal, das beispielsweise mit der Be- und Entladung der E-Nutzfahrzeuge befasst ist. Idealerweise finden sich begeisterungsfähige Mitarbeiterinnen und Mitarbei-

ter, die das Thema in einem ersten Pilotversuch angehen und im Nachgang von ihren Erfahrungen berichten. Sofern das Unternehmen über eine Beschäftigtenvertretung verfügt, sollte dieses Gremium ebenfalls in die Planungsprozesse ebenfalls eingebunden werden.

Die folgenden Maßnahmen stellen einen geeigneten Rahmen dar und bieten eine Orientierungshilfe. Abhängig von den individuellen Gegebenheiten vor Ort ist es ggf. zielführend, weitere Maßnahmen zu initiieren.

Betriebliche Zuverlässigkeit

Schulungen der Belegschaft (Fahr- und Betriebspersonal; Dauer ca. 1 bis 2 Tage)

- Einführung in das Thema Elektromobilität; Vermittlung von Informationen und Abbau von Vorurteilen (bspw. Reichweitenangst)
- Vorstellung der Besonderheiten im Umgang mit Ladeinfrastruktur
 - Wie ist der Stecker zu stecken?
 - Wie ist der Ladevorgang zu beenden?
 - Wie erfolgt die Kontrolle des Ladestarts bzw. -vorgangs?
 - Wie erfolgt der Umgang mit Fehlern beim Ladevorgang?
 - Wie ist das Ladekabel nach dem Ladevorgang zu sichern?
- Darlegen der Vorteile des Einsatzes von E-Lkw gegenüber konventionellen Fahrzeugen
- Ggf. Aufzeigen von Änderungen der gewohnten Vorgänge/Abläufe
- Ggf. Bereitstellung von E-Learning-Inhalten für Wiederholungen

Schaffung neuer Zuständigkeiten

- Multiplikatorinnen und Multiplikatoren, die als erste Ansprechpersonen für die Belegschaft zur Verfügung stehen, Fragen beantworten und sowohl gute als auch schlechte Praxiserfahrungen im Sinne eines Qualitätsmanagements aufnehmen. Gleichzeitig können diese Personen den korrekten Umgang mit E-Nutzfahrzeugen und Ladeeinrichtungen vermitteln und falls erforderlich die üblichen Fragen, die mit dem Umstieg auf eine neue Technologie entstehen, beantworten. Für diese Aufgabe benötigen die ausgewählten Multiplikatorinnen und Multiplikatoren im Vorfeld intensive mehrtägige Schulungsmaßnahmen, um als kompetente Anlaufstelle bzw. Fachpersonen für alle Angestellten wahrgenommen zu werden.
- Kontrollinstanz in der Zentrale zur Überwachung der Ladevorgänge über das Backend bzw. ein Betriebshofmanagementsystem
- Kontrollinstanz an den Ladeeinrichtungen: Person, die regelmäßig physische Qualitätskontrollen an den Ladeplätzen vornimmt und etwaige Schäden/Mängel frühzeitig aufnimmt

Technische Sicherheit

Merblätter/Informationsmaterial (Anbringen im E-Nutzfahrzeug und an der Ladeinfrastruktur)

- Erläuterung des Umgangs mit der Ladeinfrastruktur und die Vorbereitung des Ladevorgangs in wenigen Schritten, bspw. durch bildliche Darstellungen
- Umgang mit Fehlermeldungen
- Erläuterung der Bedeutung von Warnsymbolen
- Erstellung von Frequently Asked Questions (FAQs)

Sicherheitshinweise an der Ladeeinrichtung (Fläche und Hardware)

- Kennzeichnung von Schutzvorrichtungen („Not-Aus-Schalter“)
- Kennzeichnung von Bereichen und Flächen, wo Hochvoltkomponenten installiert wurden bzw. zum Einsatz kommen, z. B. durch Bodenmarkierungen

Checkliste:

- Die Ladeinfrastruktur funktioniert zuverlässig und störungsfrei. Der richtige Umgang mit den einzelnen Komponenten des elektromobilen Gesamtsystems ist für das zuständige Personal klar.

Dafür müssen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wer ist für die manuelle Aufladung der E-Nutzfahrzeuge zuständig?
- Ist die Einführung eines Lademanagementsystems auf meinem Betriebshof sinnvoll?
- Ist es für mich sinnvoller, die Ladeinfrastruktur in Eigenregie zu betreiben, oder sollte ich einen Dienstleister engagieren?
- Welche rechtlichen Aspekte muss ich beim Betrieb beachten und an welchen Stellen benötige ich ggf. rechtliche Beratung?
- Welche Qualifizierungsmaßnahmen sollte ich meinen Angestellten im Rahmen von Schulungen mitgeben?

Dafür sind ggf. folgende Externe einzubeziehen:

- CPO oder ähnliche Ladeinfrastrukturdienstleister für Beratungszwecke
 - Rechtsberatung
 - Berater/innen für Schulungs-/Qualifizierungsmaßnahmen
-

03

Checkliste

Um den Aufbau von Ladeinfrastruktur auf dem eigenen Betriebshof zu planen, hilft folgende Checkliste. Sie ergibt sich aus den in Kapitel 2 geschilderten Prozessschritten. Die Liste enthält die wesentlichen Schritte und dient als Basis für eine individuelle Checkliste. Eine Erweiterung kann beliebig vorgenommen werden.

Schritt 1

Check	Prüfschritt: Ladeleistungsbedarf
<input type="checkbox"/>	Anzahl der geplanten E-Nutzfahrzeuge ist bekannt
<input type="checkbox"/>	Standzeiten bzw. mögliche Ladezeiten der E-Nutzfahrzeuge sind bekannt
<input type="checkbox"/>	Anzahl gleichzeitiger Ladevorgänge ist (ungefähr) bekannt, der Gleichzeitigkeitsfaktor ist ermittelt
<input type="checkbox"/>	Anzahl der benötigten Ladepunkte ist ermittelt
<input type="checkbox"/>	Prüfung, welche Ladeleistung für die E-Nutzfahrzeuge benötigt wird, ist erfolgt
<input type="checkbox"/>	Entscheidung, ob ein Last- und Lademanagement genutzt werden soll, ist getroffen
<input type="checkbox"/>	Ergebnis: Ich kenne die erforderliche Gesamtladeleistung, um meinen E-Fuhrpark zu laden.

Schritt 2

Check	Prüfschritt: Netzanschluss
<input type="checkbox"/>	Netzbetreiber ist bekannt
<input type="checkbox"/>	Angaben zur aktuellen Netzanschlussleistung wurden ermittelt/sind bekannt
<input type="checkbox"/>	Benötigte Anschlussleistung wurde ermittelt
<input type="checkbox"/>	Falls erforderlich: Maßnahmen zur Erweiterung des Netzanschlusses sind vorbereitet
<input type="checkbox"/>	Ergebnis: Der Netzanschluss ist ausreichend für den aktuellen und zukünftigen Leistungsbedarf dimensioniert.

Schritt 3

Check	Prüfschritt: Betriebshofgestaltung
<input type="checkbox"/>	Der (sowohl aus betrieblicher als auch wirtschaftlicher Sicht) optimale Ort für den Aufbau wurde ermittelt
<input type="checkbox"/>	Die technischen Voraussetzungen für den Bau wurden geprüft
<input type="checkbox"/>	Versicherungsrechtliche Aspekte wurden geklärt
<input type="checkbox"/>	Der Brandschutz ist gewährleistet
<input type="checkbox"/>	Optional: Baurechtliche Vorgaben werden eingehalten
<input type="checkbox"/>	Optional: Die Erlaubnis des Vermieters/Verpächters wurde eingeholt und er wurde eingebunden
<input type="checkbox"/>	Ergebnis: Die Planung der Installationsorte für Infrastrukturen (Kabel, Trafostation, Ladeeinrichtungen usw.) ist abgeschlossen und eine für die betrieblichen Prozesse optimale Lösung ist gefunden worden.

Schritt 4

Check	Prüfschritt: bauliche Umsetzung
<input type="checkbox"/>	Ein Zeit- bzw. Ablaufplan für die Baumaßnahmen wurde erstellt
<input type="checkbox"/>	Unteraufträge für Baumaßnahmen wurden festgelegt
<input type="checkbox"/>	Eigenleistungen wurden festgelegt
<input type="checkbox"/>	(Bau-)Genehmigungen wurden, sofern benötigt, eingeholt
<input type="checkbox"/>	Notwendige Komponenten und/oder Hardware sind bestellt, Lieferzeiten sind bekannt
<input type="checkbox"/>	Ergebnis: Sämtliche baulichen Maßnahmen wurden angestoßen und umgesetzt, sodass die Ladeinfrastruktur aufgebaut und einsatzbereit ist.

Schritt 5

Check	Prüfschritt: erfolgreicher Betrieb der Ladeinfrastruktur
<input type="checkbox"/>	Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wurden geschult und haben an Qualifizierungsmaßnahmen teilgenommen
<input type="checkbox"/>	Es ist klar, wie das Laden der E-Nutzfahrzeuge funktioniert
<input type="checkbox"/>	Die organisatorischen Zuständigkeiten auf dem Betriebshof wurden zugewiesen
<input type="checkbox"/>	Es ist festgelegt, ob die Ladeinfrastruktur in Eigenregie oder durch einen Dienstleister betrieben wird
<input type="checkbox"/>	Die rechtlichen Aspekte im Zusammenhang mit dem Betrieb wurden geprüft bzw. rechtliche Beratung wurde eingeholt
<input type="checkbox"/>	Ergebnis: Die Ladeinfrastruktur funktioniert zuverlässig und störungsfrei. Der richtige Umgang mit dem Ökosystem der Elektromobilität ist für das zuständige Personal klar.

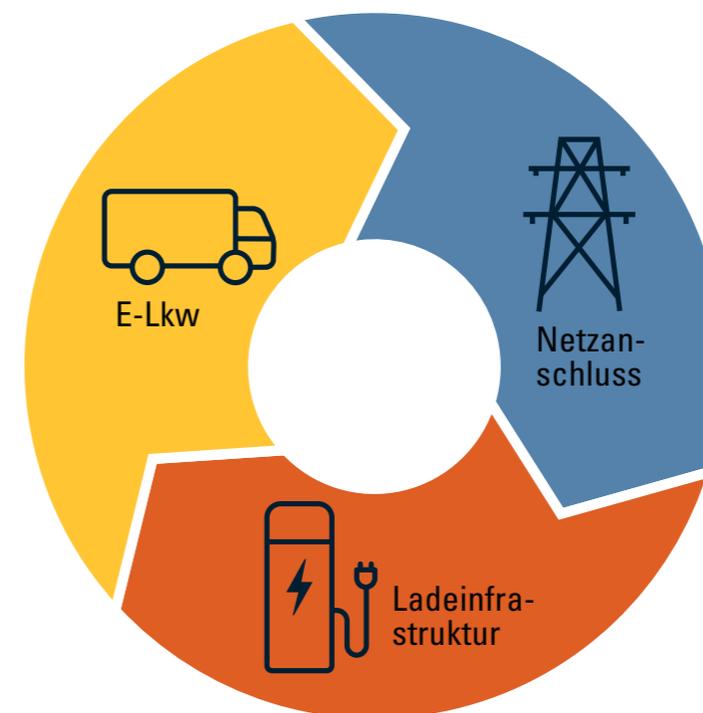
04

Wirtschaftlichkeit

Im folgenden Kapitel werden die wirtschaftlichen Aspekte bei der Umstellung der Flotte und des Betriebshofes in den Fokus genommen. Mit der Umstellung vom Diesel- auf den E-Lkw sind zunächst einmal höhere Investitionskosten für das E-Nutzfahrzeug, die Ladeinfrastruktur und ggf. den Ausbau der Netzanschlussleistung verbunden. In eine Gesamtkostenbetrachtung fließen aber auf der anderen Seite die deutlich niedrigeren Betriebskosten der E-Nutzfahrzeuge ein. Hierzu tragen insbesondere die im Vergleich zum Diesel als günstiger prognostizierten Strompreise bei. Mit der von der Bundesregierung angekündigten Erhöhung der Lkw-Maut ab Dezember 2023 sowie der Differenzierung der Höhe der Maut nach CO₂-Ausstoß lassen sich weitere Einsparungen mit dem E-Lkw realisieren. Aufgrund fallender Batteriekosten, der Verbesserung der Energiedichte der Batterien sowie von Effizienzgewinnen bei der Serienproduktion werden perspektivisch die Beschaffungskosten für E-Fahrzeuge sinken. Zur Wirtschaftlichkeit leisten auch die öffentliche Förderung von E-Nutzfahrzeugen und von Ladeinfrastruktur sowie zukünftig auch die Prämien für E-Lkw im Rahmen der Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) und die Nutzung von eigenerzeugtem erneuerbarem Strom einen Beitrag.

4.1 Welche Kostenfaktoren spielen bei der Elektrifizierung des Fuhrparks eine Rolle?

ABBILDUNG 9: KOSTENFAKTOREN BEI DER ELEKTRIFIZIERUNG DES BETRIEBSHOFES





Quelle 26

Im Rahmen dieses Leitfadens soll keine detaillierte Betrachtung der Gesamtkosten von E-Lkw mit der dazugehörigen Ladeinfrastruktur vorgenommen werden. Hierzu sei auf vorhandene Studien zum Thema²⁶ sowie insbesondere auf das kostenlose Beratungstool my eRoads (www.my-e-roads.de) verwiesen. Mit diesem vom ifeu-Institut entwickelten herstellerunabhängigen Tool können erste individuelle Kostenbetrachtungen durch Anwenderinnen und Anwender vorgenommen werden. Im Folgenden (siehe Tabelle 5) wird ein allgemeiner Überblick über wirtschaftliche Fragen rund um die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte gegeben. Zunächst werden die wesentlichen Kostenfaktoren – Investitions- und Betriebskosten der E-Nutzfahrzeuge, der Ladeinfrastruktur und des Netzanschlusses – dargestellt.

Die inhaltlichen Details zu den in der tabellarischen Übersicht dargestellten einzelnen Positionen werden im Anschluss erläutert und eine Gegenüberstellung der Kosten von Diesel- und E-Lkw vorgenommen.

TABELLE 5: ÜBERSICHT ÜBER KONKRETE KOSTENPOSITIONEN DER E-NUTZFAHRZEUGE, DER LADEINFRASTRUKTUR UND DES NETZANSCHLUSSES

Modell	Investitionskosten	Betriebskosten
	<ul style="list-style-type: none"> E-Nutzfahrzeug-Beschaffung Lade-Hardware & Installation Zuleitungen & Tiefbauarbeiten Ggf. Trafostation 	<ul style="list-style-type: none"> Ladestrom Wartung & Instandhaltung Versicherung Kfz-Steuer Lkw-Maut
	<ul style="list-style-type: none"> Lade-Hardware & Installation Zuleitungen & Tiefbauarbeiten Ggf. Trafostation 	<ul style="list-style-type: none"> Wartung & Instandhaltung Ggf. Servicevertrag CPO Softwarelösungen (Backend & Last- und Lademanagement)
	<ul style="list-style-type: none"> Netzanschlusskosten Baukostenzuschuss 	<ul style="list-style-type: none"> Netzentgelt

E-Nutzfahrzeug

Investitionskosten: Aufgrund der bereits erwähnten gegenwärtig noch hohen Batteriekosten sind die Beschaffungskosten für E-Lkw aktuell höher als die Beschaffungskosten für mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Alternativen. Abhängig von der Beschaffungsart (Kauf, Finanzierung, Leasing, Abo-Modell, Pay per Use usw.) lassen sich die hohen Anfangskosten strecken bzw. umlegen.



Quellen
27, 28

Betriebskosten: Die Betriebskosten der E-Nutzfahrzeuge ergeben sich aus den Energiekosten, den Wartungskosten, den Kosten für die Versicherung und der Kfz-Steuer. Die Energiekosten richten sich nach dem jeweiligen Strompreis des Ladeinfrastrukturbetreibers/Stromversorgers und liegen – auf 100 km gerechnet – unter den Kosten für Diesel. Dies gilt insbesondere, wenn am Depot mit günstigeren gewerblichen Stromtarifen geladen werden kann. Hinsichtlich der Wartungskosten gehen erste Einschätzungen davon aus, dass diese bei elektrischen Lkw deutlich niedriger sind als beim Diesel-Lkw.²⁷ Unter anderem fallen der Ölwechsel und das Nachfüllen von AdBlue weg. Aufgrund der bisher geringen Anzahl von E-Lkw im Einsatz gibt es hierzu aber noch keine langfristigen und belastbaren Erfahrungswerte. Es ist zu vermuten, dass in der Frühphase des Markthochlaufes beim E-Lkw höhere Wartungskosten anfallen, da eine regelmäßige Überprüfung des E-Nutzfahrzeuges notwendig sein kann. Des Weiteren ergeben sich aktuell keine Unterschiede bei den Versicherungskosten zwischen verbrennungsmotorischen und elektrischen Lkw. Wegen der Steuerbefreiung von batterieelektrischen Fahrzeugen entfallen die Kosten für die Kfz-Steuer bei E-Nutzfahrzeugen.²⁸ Insgesamt sind die Betriebskosten von E-Lkw somit niedriger als bei verbrennungsmotorischen Vergleichsmodellen. Dieser Effekt wird sich vsl. ab Dezember 2023 aufgrund der angekündigten Erhöhung der Lkw-Maut für Diesel-Lkw und der weiteren Mautbefreiung von E-Lkw noch verstärken. Gleiches ist durch die Ausweitung

der Mautpflicht auf Nutzfahrzeuge ab 3,5 Tonnen technisch zulässiger Gesamtmasse (tzGm) zu erwarten. Zudem ist anzunehmen, dass die Kosten für fossile Kraftstoffe (Diesel) steigen werden. Dies ist insbesondere auf weitere staatliche Steuerungsmechanismen wie den CO₂-Preis zurückzuführen.

Ladeinfrastruktur

Investitionskosten: Neben der Beschaffung der Lade-Hardware fallen weitere Investitionen für notwendige Komponenten an. Für die Verbindung von Netzanschlusspunkt und Ladeeinrichtung müssen Zuleitungen gelegt und ggf. Tiefbauarbeiten durchgeführt werden. Zudem fallen für die Installation der Hardware weitere Kosten an. Bei einer Erweiterung des Netzanschlusses können die Beschaffung und der Anschluss einer Trafostation notwendig sein. Darüber hinaus können Maßnahmen wie die Implementierung von Schutzvorrichtungen zur Vermeidung von Schäden (z. B. Anfahrerschutz), für Lärmschutz oder Brandschutz erforderlich werden.

Betriebskosten: Für den reibungslosen Betrieb der Ladeinfrastruktur sollte eine Backendsoftware verwendet werden. Dieses System ermöglicht einen durchgängigen Informationsfluss hinsichtlich des Betriebszustands, der Ladevorgänge, der Belegung der Ladepunkte, aber auch möglicher Probleme bei der Ladung der E-Nutzfahrzeuge. Zudem bildet ein Backend die Voraus-

setzung für den Betrieb eines Last- und Lademanagements. Eine solche Software kann entweder als Lizenz oder per Nutzungsvertrag erworben werden. Zudem können weitere Kosten für die Wartung und Instandhaltung der Ladeinfrastruktur anfallen, falls dies nicht unternehmensintern durchgeführt werden kann. Gleiches gilt für den Betrieb der Ladeinfrastruktur und die Abrechnung des Ladestroms. Über einen Servicevertrag können diese Aufgaben an einen externen Dienstleister (CPO) abgegeben werden.

Netzanschluss

Investitionskosten: Die Kosten für die Verstärkung des Netzanschlusses werden vom jeweiligen Netzbetreiber berechnet und hängen auch von den individuellen und lokalen Gegebenheiten vor Ort ab. Für eine erste Kostenindikation ist es ratsam, bereits frühzeitig Kontakt zu dem zuständigen Verteilnetzbetreiber aufzunehmen. Die Investitionskosten für die Erweiterung des Netzanschlusses setzen sich aus den Netzanschlusskosten und dem Baukostenzuschuss zusammen.

Die Netzanschlusskosten werden vom zuständigen Netzbetreiber festgelegt. Die Höhe hängt maßgeblich von der jeweils gewählten Spannungsebene (Nieder-, Mittel- oder Hochspannung) und der insgesamt für den Anschluss beantragten Gesamtleistung ab. Einzelne Verteilnetzbetreiber haben auf ihren Webseiten Informationen sowie Preisblätter veröffentlicht, die bei der ersten Orientierung helfen.

Der Baukostenzuschuss ist an den Verteilnetzbetreiber zu entrichten und stellt eine Kostenbeteiligung für die beauftragten Arbeiten dar. Gewerbetreibende zahlen somit einen anteiligen Beitrag für die Erstellung und ggf. Verstärkung der dem Hausanschluss vorgelagerten Netzanlagen. Netzanschlüsse bis 30 kW sind in der Regel vom Baukostenzuschuss befreit.

Betriebskosten: Dies beinhaltet die Wartungs- und Servicekosten des Netzanschlusses sowie die anfallenden Stromkosten, die maßgeblich für die Betriebskosten verantwortlich sind. Die Stromkosten setzen sich bei den Stromanbietern aus der Strombeschaffung, dem Vertrieb und der Gewinnmarge (37,5%), den Steuern (21,7%), dem Netzentgelt (21,5%) sowie den Abgaben und Umlagen (17%) zusammen. Das Netzentgelt ist der Preis für die Nutzung des öffentlichen Netzes für den Strombezug, den jeder Verbraucher entrichten muss. Es wird vom entsprechenden Verteilnetzbetreiber erhoben

und beinhaltet die Nutzung aller vorgelagerten Netzebenen. Die Preisgestaltung wird von der Bundesnetzagentur reguliert. Das Netzentgelt besteht aus einem Arbeitspreis für die entnommene Energiemenge und einem Leistungspreis für die maximal in Anspruch genommene Leistung. Der zu entrichtende Arbeitspreis steht in direkter Beziehung zum jährlichen Stromverbrauch und wird normalerweise in Cent pro kWh angegeben. Die Höhe des Arbeitspreises ist abhängig davon, in welcher Spannungsebene sich der Netzanschluss befindet. In der Regel ist der Arbeitspreis pro kWh in der Niederspannungsebene höher als in höheren Spannungsebenen.

Der Leistungspreis ist unabhängig vom Stromverbrauch. Er umfasst die Kosten für die Bereitstellung der Leistung am Standort und wird in € pro kW angegeben. Wie auch beim Arbeitspreis ist der Leistungspreis pro kW abhängig von der Spannungsebene. Zur Berechnung des Leistungspreises wird die im Abrechnungszeitraum maximal bezogene Leistung (Lastspitze) genutzt. Selbst wenn diese maximale Leistung im Jahr lediglich einmal auftrat, gilt diese Lastspitze als maßgeblich für die Berechnung des Leistungspreises. Extreme Lastspitzen sollten daher vermieden werden.

4.2 Wie steht der E-Lkw bei einer Gesamtkostenbetrachtung im Vergleich zum Diesel-Lkw da?

Lkw sind intensiv genutzte Investitionsgüter, deren Betriebskosten – insbesondere die Energiekosten – den Anschaffungspreis deutlich übersteigen. Trotz des deutlich höheren Anschaffungspreises für das Fahrzeug und die Investitionen in den Aufbau der Ladeinfrastruktur werden E-Lkw bei der Betrachtung der Gesamtkosten perspektivisch wettbewerbsfähig zu Diesel-Lkw werden. Einzelne Nutzfahrzeughersteller gehen davon aus, dass die Kosten für E-Lkw schon Mitte dieses Jahrzehnts gleich oder niedriger sind als die Kosten für konventionelle Diesel-Lkw.²⁹ Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des E-Lkw ist dabei die regelmäßige und intensive Nutzung.

In der folgenden Tabelle findet sich eine qualitative Gegenüberstellung von Investitions- und Betriebskosten bei E- und Diesel-Lkw.



Quelle 29

TABELLE 6: VERGLEICH DER KOSTEN ZWISCHEN E-NUTZFAHRZEUG UND VERBRENNUNGSMOTORISCHER ALTERNATIVE

Modell	Kostenposition	Diesel	Batterie
 E-Nutzfahrzeug	Investitionskosten	geringer <i>Günstiger in der Beschaffung</i>	signifikant höher <i>Aktuell höhere Kosten für die Batterien sorgen für wesentlich höhere Anschaffungskosten.</i>
	Betriebskosten	signifikant höher <i>Der Kraftstoffpreis liegt über dem vergleichbaren Strompreis für 100 km. Die CO₂-Bepreisung bei fossilen Kraftstoffen und die zukünftige CO₂-Maut werden die Betriebskosten weiter steigen lassen.</i>	geringer <i>Ladestrom und Abgaben für Maut signifikant günstiger als bei Verbrennern</i>
 Infrastruktur	Investitionskosten	geringer <i>Eine eigene Tankstelle ist nicht zwingend erforderlich und nur optional.</i>	signifikant höher <i>Für das Laden auf dem Betriebshof ist es essenziell, eigene Ladeinfrastruktur samt Nebenanlagen zu errichten.</i>
	Betriebskosten	geringer <i>Eine eigene Tankstelle ist nicht zwingend erforderlich und nur optional.</i>	höher <i>Betrieb von Backend, Last- und Lademanagement, ggf. Servicevertrag mit CPO sowie Wartung und Instandhaltung der Ladeinfrastruktur führen zu zusätzlichen Kosten.</i>
 Netzanschluss	Investitionskosten	geringer <i>Eine Netzanschlusserweiterung ist nicht notwendig.</i>	ggf. höher <i>Bei ggf. notwendiger Netzanschlusserweiterung</i>
	Betriebskosten	geringer <i>Eine Netzanschlusserweiterung ist nicht notwendig.</i>	ggf. höher <i>Höhere Netzentgelte bei ggf. erforderlicher Netzanschlusserweiterung</i>

Merke:

- Die Investitionskosten für E-Nutzfahrzeuge und die entsprechende Infrastruktur sind höher als bei mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Alternativen. Der Betrieb von E-Nutzfahrzeugen ist hingegen günstiger als bei Diesel-Lkw.
- Der günstigere Betrieb und weitere finanzielle Vorteile, wie bspw. die Befreiung vom CO₂-Aufschlag auf die Lkw-Maut, sorgen für eine wesentlich schnellere Amortisation der Investitionskosten.

4.3 Welche Möglichkeiten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von E-Lkw bestehen?

Zur ökonomischen Konkurrenzfähigkeit von E-Lkw gegenüber konventionellen Fahrzeugen tragen Förderprogramme bei. Zudem können perspektivisch mit dem E-Lkw zusätzliche Erlöse über den THG-Quotenhandel realisiert werden. Darüber hinaus lassen sich die Strombezugskosten durch die Einbindung von Photovoltaikanlagen reduzieren.

Förderung

Um Anreize für den Umstieg auf klimafreundliche Nutzfahrzeuge zu schaffen, stellen sowohl die Bundesregierung wie auch einzelne Bundesländer Fördermittel bereit. Im Rahmen der 2021 vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr gestarteten Förderrichtlinie für Klimaschonende Nutzfahrzeuge und Infrastruktur (KsNI) ist eine anteilige Förderung im Hinblick auf die Mehrkosten bei der Beschaffung von E-Nutzfahrzeugen mit Batterie oder Brennstoffzelle möglich. Die Anschaffung der für den Betrieb der Fahrzeugen notwendigen Tank- und Ladeinfrastruktur kann ebenfalls anteilig unterstützt werden.

Details zum Förderprogramm KsNI und aktuelle Informationen zum jeweiligen Antragsverfahren können auf der Webseite www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/foerderung/ abgerufen werden.

Im Rahmen der Umsetzung des Masterplans Ladeinfrastruktur II der Bundesregierung ist neben dem Aufbau eines initialen öffentlichen Ladenetzes für Lkw im Fernverkehr auch eine fahrzeugunabhängige Förderung von Lkw-Ladeinfrastruktur auf Betriebsgeländen, an Umschlagpunkten und in Gewerbegebieten geplant.³⁰

Alternativ oder komplementär fördern auch einzelne Bundesländer die Anschaffung von E-Nutzfahrzeugen und/oder Ladeinfrastruktur für E-Nutzfahrzeuge. Einen Überblick über aktuelle Landesförderprogramme finden Sie hier: www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wissen/landesfoerderung/.

THG-Quote – die Treibhausgasminderungsquote

Die Treibhausgasminderungsquote (kurz THG-Quote) ist ein nationales Instrument zur Umsetzung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU. Ziel ist die Reduzierung der CO₂-Emissionen im Verkehrs- und Wärmesektor. Die Unternehmen der Mineralölwirtschaft werden über diesen Mechanismus verpflich-



Quelle 30

tet, die CO₂-Emissionen der von ihnen in Verkehr gebrachten Kraftstoffe zu reduzieren. Den Mineralölkonzernen stehen hierbei verschiedene Optionen zur Verfügung, um ihre Treibhausgasminderungsquote zu erfüllen. Entweder sie bringen selbst Biokraftstoff, grünen Wasserstoff oder Fahrstrom in Verkehr (Eigenerfüllung) oder sie erwerben Emissionszertifikate von Dritten über den sogenannten Quotenhandel. Besitzer von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen können das von ihnen eingesparte CO₂ in Form von Zertifikaten an Mineralölunternehmen weiterverkaufen und damit am Quotenhandel teilnehmen.

Um diesen Mechanismus für alle Beteiligten möglichst schlank zu halten, werden für die Nutzung von nicht öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur für verschiedene Fahrzeugkategorien unterschiedliche pauschale jährliche Stromverbräuche für deren Betrieb angenommen („Schätzwert“). So geht man bei einem Pkw davon aus, dass dieser jährlich rund 2.000 kWh Strom privat lädt. Bei elektrischen Bussen wird von einem Verbrauch von 72.000 kWh pro Jahr ausgegangen, die dieser ausschließlich an Ladeinfrastruktur auf dem Betriebshof lädt.

Für elektrische Nutzfahrzeuge hat das Bundesministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (BMUV) abhängig von der jeweiligen Fahrzeugklasse im August 2023 folgende Schätzwerte festgelegt:³¹

1. N1-Fahrzeuge bis 3,5 Tonnen: 3.000 kWh
2. N2-Fahrzeuge von 3,5 bis 12 Tonnen: 20.600 kWh
3. N3-Fahrzeuge ab 12 Tonnen: 33.400 kWh

Der Handel mit diesen THG-Quoten läuft über sogenannte Bündler (siehe Abbildung 10), sodass nicht jede/r E-Fahrzeughalter/in einzeln mit den Unternehmen der Mineralölwirtschaft verhandeln muss. Aktuell gibt es am Markt eine Vielzahl von unterschiedlichen Unternehmen, die diese Bündlerrolle übernehmen. Konkret bedeutet dies, dass der/die Besitzer/in von E-Nutzfahrzeugen jährlich eine zusätzliche Einnahme pro Fahrzeug generieren kann. Der administrative Aufwand hierfür ist klein, da lediglich eine Kopie der Zulassungsbescheinigung 1 (Fahrzeugschein) beim Bündler eingereicht werden muss. Die Abwicklung und Auszahlung wird vom Bündler übernommen. Abhängig vom Anbieter und von der Marktentwicklung des Zertifikatspreises sind pro Jahr und pro elektrischem Nutzfahrzeug Erlöse von ca. 400 € (N1) bis ca. 4.500 € (N3) erwartbar.³² Die Auszahlung kann als festvereinbarter oder als flexibler Betrag, der abhängig von der Marktsituation ist, erfolgen.



Quelle 31



Quelle 32

ABBILDUNG 10: SYSTEMATIK DES THG-QUOTENHANDELS

Treibhausgasminderungsquotenhandel

Funktionsweise



Photovoltaikanlage

Der Einsatz von E-Fahrzeugen bietet Flottenbetreibern, die über eine Photovoltaikanlage verfügen bzw. die Installation solcher Anlagen beabsichtigen, die Möglichkeit, den Strom für die Flotte selbst zu produzieren. Grundsätzlich kann der selbst erzeugte Strom direkt für den Betrieb der E-Nutzfahrzeuge genutzt werden. Durch die Nutzung eigenerzeugter Energie entsteht wegen der entfallenden Netzentgelte ein erhebliches Kosteneinsparungspotenzial gegenüber dem Strombezug aus dem Stromnetz.

Hierbei ergibt sich jedoch für eine Vielzahl der Anwendungsfälle im E-Nutzfahrzeug-Bereich die Problematik, dass die E-Lkw in der Regel tagsüber im Einsatz sind und gerade zu dieser Zeit die Energiegewinnung durch die Photovoltaikanlagen für gewöhnlich besonders hoch ist. Für die Ladung der E-Nutzfahrzeuge wird die Energie in den meisten Fällen folglich nachts oder in den Abendstunden, nach Rückkehr auf den Betriebshof, benötigt.

Aus diesem Grund ist die Verwendung eigenerzeugter Energie für den E-Nutzfahrzeug-Fuhrpark nur dann sinnvoll, wenn geeignete Speicherkapazitäten vorgehalten werden. Eine Speicherlösung ist dann effektiv, wenn die gespeicherte Energie bedarfsweise dazu verwendet wird, Lastspitzen während der

Ladevorgänge auszugleichen. Das Last- und Lademanagement kann in diesem Fall die Steuerung der Ladevorgänge durch Entnahme von Strom aus den Speichern übernehmen.

Eine weitere Möglichkeit bieten virtuelle Cloud-Lösungen. In diesem Modell wird der eigenerzeugte, aber nicht benötigte Strom von einem Dienstleister (sogenannter Strom-Cloud-Anbieter) „zwischengespeichert“. In der Praxis bedeutet dies, dass der Strom dem Dienstleister zur Vermarktung zur Verfügung gestellt und zu einem späteren Zeitpunkt, wenn der Strom im Unternehmen benötigt wird, von diesem wieder kostenlos bereitgestellt wird.

Perspektivisch wird es weitere Möglichkeiten geben, über tarif- bzw. energiemarktoptimiertes Laden Kosten zu optimieren und sogar Erlöse zu erzielen. Dazu zählen zum einen die Reduzierung der Strombezugskosten durch dynamische Tarife (Strompreis abhängig von Tageszeit bzw. Stromnachfrage) und zum anderen die Potenziale, die sich durch das bidirektionale Laden („Vehicle to Grid (V2G)“) ergeben. Zukünftig werden die Batterien der E-Nutzfahrzeuge nicht bloß Energie aus dem Stromnetz entnehmen, sondern auch speichern und zurückspeisen können. Hierdurch können Netz- und Energiedienstleistungen für den Netzbetreiber erbracht werden (z. B. im Bereich der Netzstabilisierung

durch Bereitstellung der Batteriespeicherkapazitäten der E-Nutzfahrzeuge), wodurch zusätzliche Einnahmen generiert werden können.

Merke:

- Im Rahmen von Fördermöglichkeiten auf Bundes- und Landesebene kann finanzielle Unterstützung für die Beschaffung von E-Nutzfahrzeugen, Ladeinfrastruktur und Netzanschluss beantragt werden.
- Zusätzliche Erlöse lassen sich durch die Teilnahme am THG-Quotenhandel generieren.
- Der THG-Quotenhandel sowie eine stärkere Besteuerung von CO₂-Emissionen können dazu führen, dass verbrennungsmotorische Nutzfahrzeuge im Betrieb (durch steigende Kraftstoffpreise) wesentlich teurer werden.
- Die Einbindung von Photovoltaikanlagen im Zusammenspiel mit einem Batteriespeicher kann die Strombezugskosten für die Aufladung der E-Nutzfahrzeuge wesentlich senken.

05

Verzeichnisse

Quellenverzeichnis

- 1 Vgl. www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/gesamtkonzept/ sowie den aktuellen Fortschrittsbericht zum Gesamtkonzept (www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/gesamtkonzept/fortschrittsbericht/).
- 2 Vgl. www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2023/02/Marktentwicklung-klimafreundlicher-Technologien-im-schweren-Strassengueterverkehr.pdf
- 3 Vgl. https://nationale-leitstelle.de/wp-content/uploads/2023/04/20230419_Masterplan-Ladeinfrastruktur-II-der-Bundesregierung_barrierefrei.pdf
- 4 Eine Kurzdokumentation der Task-Force findet sich auf <https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/task-force-depotladen>
- 5 Es gibt auch Ladeeinrichtungen ohne verbaute Gleichrichter. In diesem Fall wird der Wechselstrom über die Ladeeinrichtung in das E-Fahrzeug geleitet und erst im E-Fahrzeug mit Hilfe eines Gleichrichters transformiert. Diese Variante wird bei geringen Ladeleistungen bis 22 kW genutzt. Bei der Ladung von E-Nutzfahrzeugen wird aufgrund der höheren Leistungsanforderungen in den meisten Fällen eine Ladeeinrichtung mit Gleichrichter verwendet.
- 6 Ein Dispenser ist eine von der Leistungseinheit abgesetzte Komponente mit Ladekabel und Stecker zur Übergabe des Stroms. In der Fachwelt wird der Dispenser häufig auch „Satellit“ oder „Kiosk“ genannt.
- 7 CCS: Combined Charging System, EU-weit einheitlicher Standard-Steckertyp, der Laden mit Gleichstrom (DC) gestattet. Er besteht aus einem Typ-2-Stecker im oberen Teil, der Laden mit Wechselstrom (AC) ermöglicht, unten ergänzt um zwei Kontakte zum Übertragen von Gleichstrom.
- 8 Die Schnellladung mit Wechselstrom über 22 kW ist theoretisch möglich, findet in der Praxis jedoch sehr selten Anwendung. Da die maximale Ladeleistung mit Wechselstrom auf 43 kW begrenzt ist, bietet diese Art der Aufladung besonders im elektrischen Schwerlastverkehr nur selten einen Mehrwert und wird daher im Weiteren nicht näher betrachtet.
- 9 https://nationale-leitstelle.de/wp-content/uploads/2023/07/NLL-Einfach-E-LKW-laden_Update_barrierearm.pdf
- 10 https://nationale-leitstelle.de/wp-content/uploads/2022/09/Leitstelle_LKW-Netzstudie.pdf
- 11 Basiert auf Experteneinschätzung: Energiebedarf 1,4 kWh/km, Grundlage für alle vier Szenarien.
- 12 Basiert auf Experteneinschätzung: Energiebedarf 0,8 kWh/km, Grundlage für alle vier Szenarien.
- 13 Basiert auf der Annahme, dass die Ladeleistung über den kompletten Ladezyklus konstant bleibt.

- 14 Aktuell ist eine Ladeleistung von rund 400 kW eine gängige Größe beim Hochgeschwindigkeitsladen. Höhere Geschwindigkeiten sind zwar theoretisch möglich, aber noch selten im Einsatz.
- 15 Für Nutzfahrzeuge, die den zukünftigen Stecker-Standard des Megawatt-Ladens unterstützen, gibt es eine standardisierte Platzierung rechts unten neben der Fahrertür der entsprechenden Ladebuchse.
- 16 Basiert auf einem Verbrauch von 1,4 kWh/km bei einem 40-Tonnen- bzw. 0,8 kWh/km bei einem 12-Tonnen-Fahrzeug.
- 17 Abbildung in Anlehnung an Darstellung von Stromnetz Hamburg (vgl. www.stromnetz-hamburg.de/fuer-bauherren/spannungsebenen).
- 18 Abhängig von der Spannungsebene ist mit folgenden Umsetzungszeiträumen zu rechnen: Niederspannung: 3–6 Monate – Mittelspannung: 6–24 Monate – Hochspannung: 8–10 Jahre.
- 19 Annahme: Die Ladezeit der Fahrzeuge ergibt sich aus der Standzeit. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass sich das E-Nutzfahrzeug tatsächlich an einer Ladeeinrichtung befindet.
- 20 Basiert auf Experteneinschätzung: Energiebedarf 1,4 kWh/km, Grundlage für alle vier Szenarien.
- 21 Basiert auf Experteneinschätzung: Energiebedarf 0,8 kWh/km, Grundlage für alle vier Szenarien.

- 22 Prämissen: In der Regel geht man davon aus, dass für jedes E-Nutzfahrzeug auch eine Lademöglichkeit zur Verfügung steht. Zudem wird davon ausgegangen, dass die E-Nutzfahrzeuge auch am Ende ihres Einsatzes einen Ladestand von 15 Prozent nicht unterschreiten werden. Dieser Wert von mindestens 15 Prozent Ladestand der Batterie wird in der Praxis als Puffer bspw. für Staus eingeplant.
- 23 Zur Orientierung siehe Empfehlungen des Gesamtverbands der Versicherer in „Brandschutz in Betriebshöfen für Linienbusse“ (<https://shop.vds.de/download/vds-0825/82a884c0-6839-401f-9060-084b851a45f1>).
- 24 Die TA Lärm wurde im Jahr 1998 entwickelt. Derzeit wird eine Novellierung dieser Vorschrift vorangetrieben. Es ist denkbar, dass Lärmemissionen durch Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge in einer Neufassung der TA Lärm berücksichtigt werden. Folglich ist es möglich, dass sich nach Veröffentlichung dieses Leitfadens in diesem Bereich Neuerungen ergeben.
- 25 Zur Orientierung: 70 dB(A) entsprechen ungefähr der Lautstärke eines Motorrads, 30 dB(A) der Lautstärke von geringem Straßenverkehr hinter Doppelglasfenstern.
- 26 www.agora-verkehrswende.de/presse/newsuebersicht/studie-europa-kann-emissionsfreie-lkw-schneller-auf-die-strasse-bringen-1/, www.ifeu.de/fileadmin/uploads/2022-02-04_-_My_eRoads_-_Potentiale_Lkw-Antriebstechnologien_-_final_01.pdf, <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/DE-TCO-BETs-Europe-fact-sheet-v3-dec21.pdf>.

- 27 Der International Council on Clean Transportation (ICCT) geht von einem Kostenvorteil von ungefähr 30 Prozent bei den Wartungskosten aus (vgl. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/11/tco-bets-europe-1-nov21.pdf>, Seite 14).
- 28 Die Steuerbefreiung von Elektrofahrzeugen beträgt bis zu 10 Jahre bei Erstzulassung zwischen dem 18. Mai 2011 und dem 31. Dezember 2025 (§ 3d Abs. 1 KraftStG). Sie wird längstens bis zum 31. Dezember 2030 gewährt (Quelle: Zoll.de).
- 29 www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2023/03/Marktentwicklung-klimafreundlicher-Techn.-im-schweren-Strassengueterverkehr-BARRIEREFREI.pdf, Seite 13 ff.
- 30 Vgl. https://nationale-leitstelle.de/wp-content/uploads/2023/04/20230419_Masterplan-Ladeinfrastruktur-II-der-Bundesregierung_barrierefrei.pdf
- 31 Vgl. Bekanntmachung im Bundesanzeiger vom 28. August 2023 (BAnz AT 28.08.2023 B2).
- 32 Die genannten Erlöse dienen nur zur groben Orientierung. Der konkrete Preis hängt von der jeweiligen Marktsituation bei der THG-Quote ab.

Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CCS	Combined Charging System
CPO	Charge Point Operator
ERP	Enterprise Resource Planning
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
MCS	Megawatt Charging System
MW	Megawatt
OCPP	Open Charge Point Protocol
V	Volt
V2G	Vehicle to Grid

IMPRESSUM

Erstellt durch
die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur der NOW GmbH und
das Team Klimafreundliche Nutzfahrzeuge der NOW GmbH

Im Auftrag des
Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

In Zusammenarbeit mit der
hySOLUTIONS GmbH



Gestaltung und Realisation:
waf.berlin

Erscheinungsdatum:
11/2023

Copyright:
Die Nutzungsrechte liegen – soweit nicht explizit genannt – bei
der NOW GmbH und den Autoren.



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr



Die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur wurde im Auftrag des BMDV und unter dem Dach der NOW GmbH gegründet.