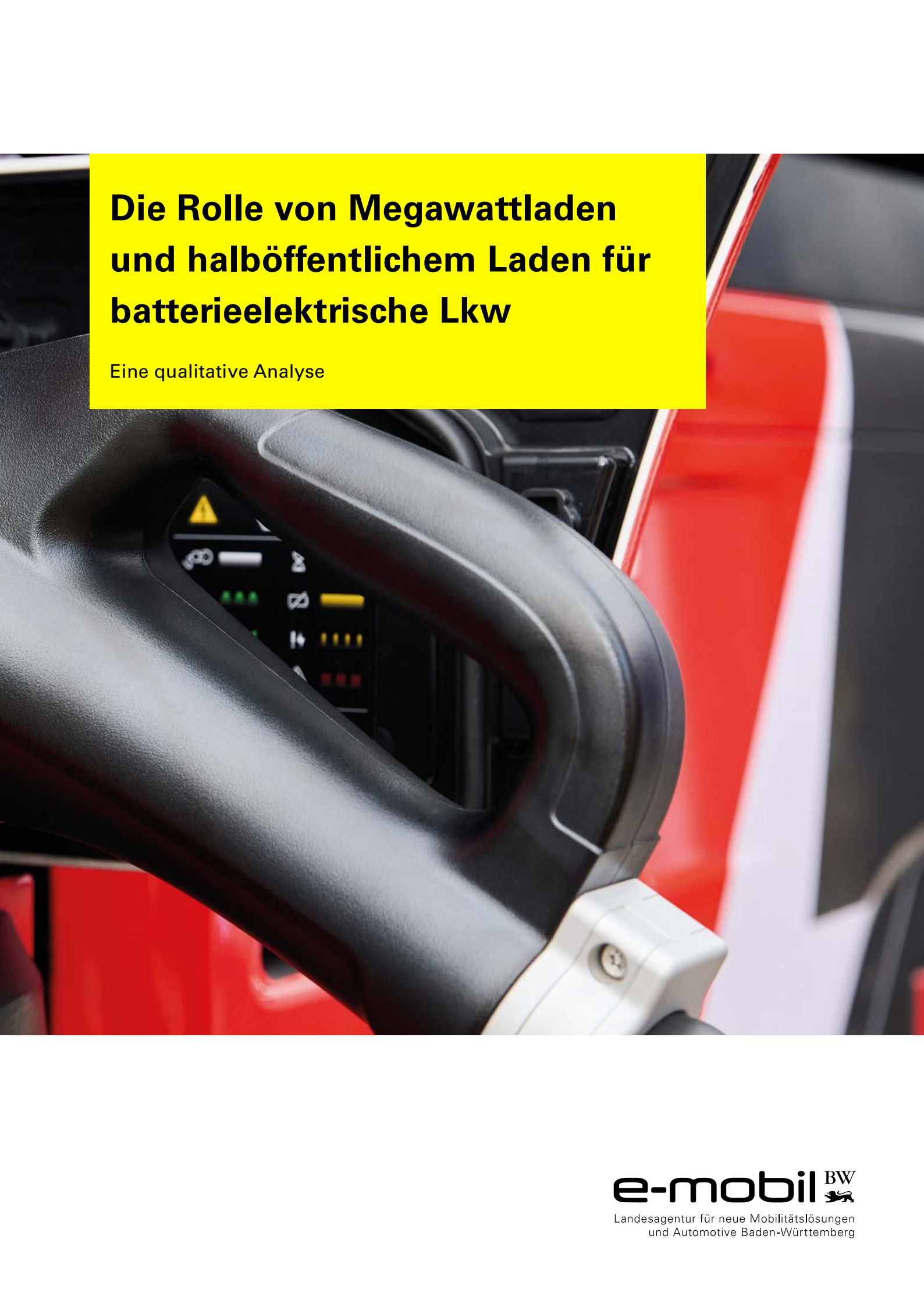




Die Rolle von Megawattladen und halböffentlichem Laden für batterieelektrische Lkw

Eine qualitative Analyse

Die Rolle von Megawattladen und halböffentlichem Laden für batterieelektrische Lkw

Eine qualitative Analyse

Herausgeber

e-mobil ^{BW} 
Landesagentur für neue Mobilitätslösungen
und Automotive Baden-Württemberg

Autoren

 **Fraunhofer**
ISI

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Hintergrund und Fragestellung	7
3	Methodisches Vorgehen	11
4	Ergebnisse	14
4.1	Die Rolle des Megawattladens	14
4.1.1	Die Rolle des Megawattladens im öffentlichen Raum	14
4.1.2	Die Rolle des Megawattladens im Depot	15
4.1.3	Chancen und Risiken des Megawattladens	16
4.2	Die Rolle des halböffentlichen Ladens	17
4.2.1	Relevanz des halböffentlichen Ladens	18
4.2.2	Ausgestaltungsoptionen des halböffentlichen Ladens	18
4.2.3	Mögliche Preise für halböffentliches Laden	20
4.2.4	Chancen und Risiken des halböffentlichen Ladens	21
5	Diskussion der Ergebnisse	24
A.1	Interviewleitfaden	25
A.2	Zuordnung der Interviewfragen zu Themenfeldern	28
A.3	Thesenbewertung aus Interviews	29
	Literaturverzeichnis	30
	Abkürzungsverzeichnis	31
	Abbildungsverzeichnis	32
	Tabellenverzeichnis	32

01

Zusammenfassung

01

Zusammenfassung

Für die vorliegende Analyse wurden Interviews (N=7) mit einer Bandbreite von Stakeholdern aus der Logistikbranche, dem Ladeinfrastrukturbetrieb und der Fahrzeugindustrie geführt und Erkenntnisse zum Megawattladen sowie zum halböffentlichen Laden von batterieelektrischen Lkw gewonnen.

Megawattladen ermöglicht mittels hoher Ladeleistungen das vollständige Nachladen innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen 45-minütigen Lenkzeitpause. Es gilt als notwendig für die vollständige Elektrifizierung des Lkw-Verkehrs; die Mehrheit der Befragten geht jedoch davon aus, dass es bezogen auf die Anzahl von Ladepunkten nur einen kleinen Anteil der öffentlichen Ladepunkte umfasst und hauptsächlich den Fernverkehrsteil der Lkw-Flotte betrifft. Auch im Depot ist der Aufbau von Megawattladepunkten aus Platz-, Effizienz- und Machbarkeitsgründen für bestimmte Anwendungsfälle denkbar, aber seltener. Den wirtschaftlichen Chancen hochausgelasteter Megawattladepunkte stehen Risiken hoher Investitionen in Lade- und Netzinfrastruktur gegenüber.

Halböffentliches Laden beschreibt die Bereitstellung von privater Ladeinfrastruktur für einen ausgewählten Nutzerkreis oder die Bereitstellung der Ladeinfrastruktur zu bestimmten Zeiten. Es wird als große Chance wahrgenommen, Ladevorgänge besser in die vorhandenen Betriebsabläufe zu integrieren und die Wirtschaftlichkeit der Ladeinfrastruktur zu erhöhen. Die Ladeinfrastruktur im Depot kann durch die Öffnung für externe Nutzer besser ausgelastet werden und die externen Nutzer können von gegenüber öffentlichen Ladepunkten attraktiveren Preisen profitieren. Wenn halböffentliches Laden mit der in der Branche benötigten Planbarkeit zur Verfügung steht, etwa gestützt durch Buchungssysteme und eine professionelle Abwicklung durch einen Charge Point Operator, könnte es zu einem Standardmodell für das Lkw-Laden avancieren und einen relevanten Teil der sonst an öffentlichen Ladepunkten anfallenden Stromnachfrage decken. Während alle Interviewten im halböffentlichen Laden

ein hohes Potenzial sehen, unterscheiden sich die Vorstellungen für die konkrete Gestaltung halböffentlicher Ladeparks.

For this analysis, interviews (N=7) were conducted with a range of stakeholders from the logistics sector, charging infrastructure operators, and the automotive industry, and insights were gained into megawatt charging and semi-public charging of battery-electric trucks.

Megawatt charging enables full recharging within the legally prescribed 45-minute driving break period thanks to high charging capacities. It is considered necessary for the full electrification of trucking; however, most respondents assume it will only comprise a small share of public charging points and will mainly affect the long-distance transport segment. The installation of megawatt charging points in depots is also conceivable for certain applications for reasons of space, efficiency, and feasibility, but is less common. The economic opportunities of highly utilized megawatt charging points are accompanied by the risks of high investments in charging and grid infrastructure.

Semi-public charging describes the provision of private charging infrastructure for a select group of users (or at certain times). It is perceived as a great opportunity to integrate charging into existing operations and increase the economic efficiency of charging stations. Opening private charging infrastructure to external users allows for better utilization, and external users can benefit from prices that are more attractive than those at public charging points. If semi-public charging is available with the predictability required in the industry, supported for example by booking systems and professional handling by a charge point operator, it could become a standard model for truck charging and cover a significant portion of the demand that would otherwise be met at public charging points. While all interviewees see great potential in semi-public charging, ideas for implementation vary.

02

Hintergrund und Fragestellung

02

Hintergrund und Fragestellung

Auch wenn der Anteil der batterieelektrischen Lkw am Bestand schwerer Nutzfahrzeuge (> 12 t zulässiges Gesamtgewicht) im Jahr 2024 noch unter einem Prozent lag (KBA 2025), so ist doch in den kommenden Jahren mit einer erheblichen Elektrifizierung der Flotte zu rechnen. Die Fahrzeughersteller gehen beispielsweise davon aus, dass im Jahr 2030 rund die Hälfte aller verkauften schweren Nutzfahrzeuge in Deutsch-

land batterieelektrisch sein wird (NOW 2024). Auch in Baden-Württemberg ist mit einer zügigen Flottenumstellung zu rechnen. Bereits 2024 schätzte daher eine erste Studie den Ladeinfrastrukturbedarf in Baden-Württemberg ab (vgl. d-fine (2024)). Zentrale Ergebnisse der Studie sind in Abbildung 1 in rot dargestellt. Zusätzlich sind weitere nationale und internationale Studien zum Ladeinfrastrukturbedarf gezeigt.

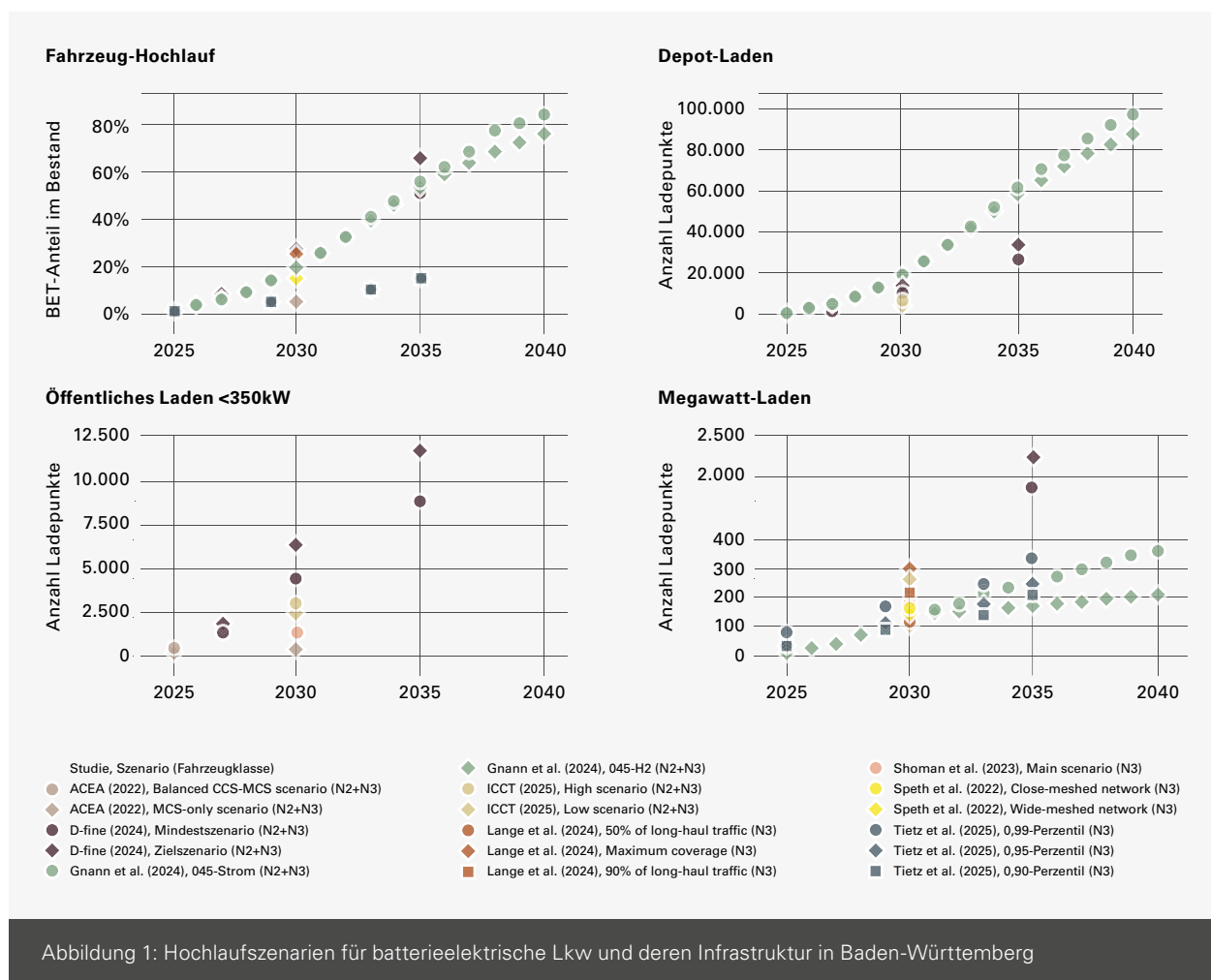


Abbildung 1: Hochlaufszenerarien für batterieelektrische Lkw und deren Infrastruktur in Baden-Württemberg

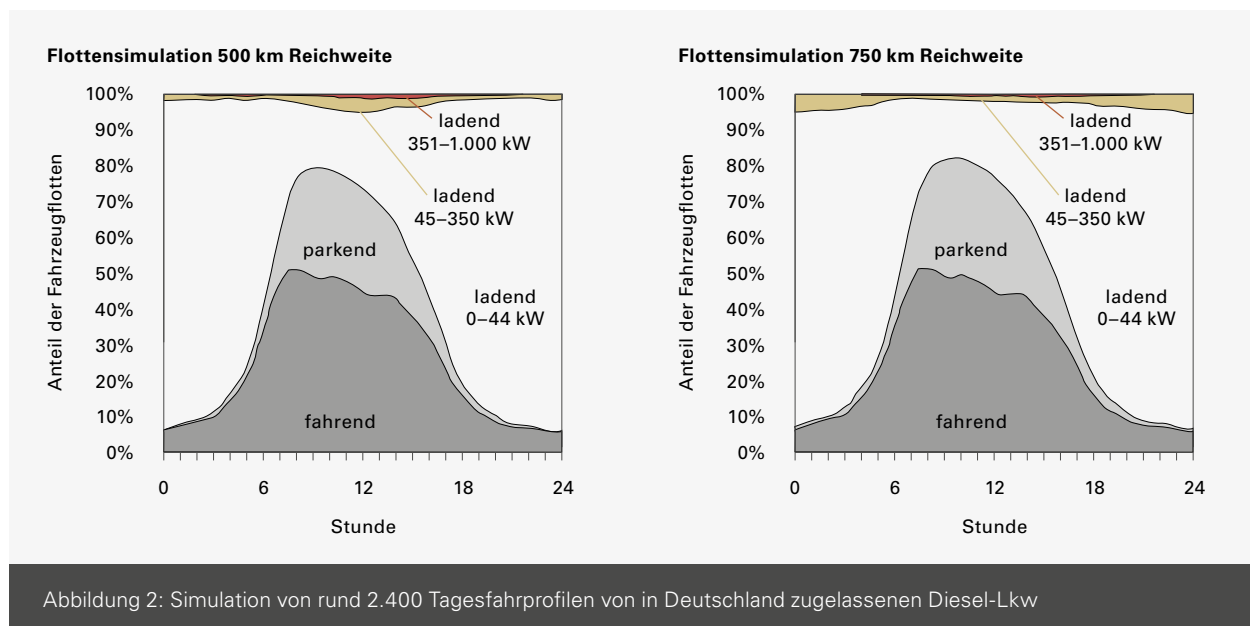
Internationale Studien wurden anhand des Verhältnisses von Shoman et al. (2023) auf Deutschland skaliert. Die Skalierung von Deutschland auf Baden-Württemberg erfolgte analog unter Verwendung von Modellergebnissen aus den Langfristszenarien 3 (Gnann et al. 2024), welche für das Bundeswirtschaftsministerium erstellt wurden.¹

Die Studien zeigen eine relevante Streuung des Ladeinfrastrukturbedarfs. Dabei sind insbesondere zwei Aspekte relevant: (1) Der größte Bedarf an Ladeinfrastruktur wird voraussichtlich in den Depots benötigt. So sehen beispielsweise Gnann et al. (2024) einen Ladepunkt je zugelassenem Lkw vor. Der Bedarf an Depotladepunkten könnte damit um den Faktor zehn über dem Ladebedarf an öffentlichen Orten liegen. (2) Hinsichtlich des Megawattladens stellt die explizit für Baden-

Württemberg erstellte Abschätzung (d-fine 2024) einen Ausreißer nach oben dar. Ursächlich ist vermutlich eine im Vergleich zu anderen Studien nur geringe angenommene Energiemenge pro Ladevorgang, was insgesamt zu vielen Ladevorgängen und damit auch zu einem hohen Bedarf an Ladeinfrastruktur führt.

Simulationen von rund 2.400 in Deutschland zugelassenen Diesel-Lkw, die über 24 Stunden als batterieelektrische Lkw betrachtet wurden, zeigen ebenfalls, dass ein großer Teil der Ladevorgänge mit geringen Ladeleistungen an Depots stattfinden könnte (Speth et al. 2024). Abbildung 2 stellt die Ergebnisse für batterieelektrische Lkw mit einer Reichweite von 500 km (links) sowie mit einer Reichweite von 750 km (rechts) beispielhaft dar.

¹ Die Modellrechnungen von Shoman et al. (2023) kommen zu dem Ergebnis, dass 16 Prozent der europäischen (EU27) Megawattladepunkte und 27 Prozent der Langsamladepunkte (<350 kW) in Deutschland liegen. Die intern vorliegenden regionalen Ergebnisse des ALADIN-Modells für die Langfristszenarien (Gnann et al. 2024) ergeben, dass Baden-Württemberg 13 Prozent der batterieelektrischen Lkw-Flotte in Deutschland stellt.



Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Speth et al. (2024)

Im Rahmen der Simulation wurde angenommen, dass die Fahrzeuge laden, sobald eine ausreichend lange Pause – mindestens 30 Minuten – zur Verfügung steht und die Restreichweite unter 25 Prozent fällt. Ladevorgänge finden so langsam wie möglich statt, so dass das Fahrzeug zu Beginn der nächsten Fahrt wieder vollständig geladen ist (Speth et al. 2024). Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere in der Nacht zeitweise bis zu 80 Prozent der Flotte an Ladeinfrastruktur mit weniger als 44 kW laden können. Das Megawattladen wird insbesondere benötigt, um Langstreckenfahrzeuge in den Mittagstunden nachzuladen. Der Bedarf sinkt mit steigender Fahrzeugreichweite, da die Fahrzeuge die Tagestouren zunehmend ohne Zwischenladen absolvieren können. Dies funktioniert allerdings nur, wenn die Fahrzeuge zuverlässig auf eine Übernachtladeinfrastruktur zurückgreifen können. Dies schließt nicht nur das Laden auf dem eigenen Speditionsgelände, sondern auch an fremden Depots – wie implizit in der Simulation unterstellt – mit ein.

Insgesamt werfen die Studienübersicht sowie die Fahrzeugsimulation zwei zentrale Fragen auf:

- 1) Welche Rolle spielt das Megawattladen zukünftig für batterieelektrische Lkw?
- 2) Wird das Laden an fremden Depots, das sogenannte halböffentliche Laden, zukünftig möglich sein und welche Rolle kann es einnehmen?

Um die zukünftige Rolle von Megawattladen und halböffentlichem Laden abzuschätzen, wurden im Rahmen dieser Analyse leitfadengestützte Interviews mit Experten aus der Logistik- und Fahrzeugbranche sowie mit Ladeinfrastrukturbetreibern geführt.

03

Methodisches Vorgehen

03

Methodisches Vorgehen

Verschiedene Simulationen, Optimierungsmodelle und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen heute bereits ein erstes Bild der zukünftigen Lkw-Ladeinfrastruktur. Allerdings enthält dieses Bild Unschärfen, die sich – unter anderem – maßgeblich auf das tatsächliche Nutzungsverhalten der Fahrzeuge und der Ladeinfrastruktur durch die Spediteure beziehen. Die in diesem Bericht aufgeworfenen Fragen nach der Rolle des Megawattladens sowie des halböffentlichen Ladens sind Teil der beschriebenen Unschärfe. Daher ist es sinnvoll zur Beantwortung der Fragen sowie zur Verbesserung von Modellberechnungen die Expertise der zukünftigen Infrastrukturnutzer sowie der Betreiber zu berücksichtigen.

Im Rahmen der hier vorliegenden Analyse wurden leitfadensbasierte Interviews mit Logistikern und Ladeinfrastrukturbetreibern geführt. Leitfadensbasierte Interviews ermöglichen es, standardisierte Fragen zu stellen und gleichzeitig flexibel auf Antworten der Befragten zu reagieren. Zur Erstellung, Durchführung und Analyse der Interviews wurde ein mehrstufiges Vorgehen gewählt:

Definition des Forschungsgegenstands

In einem ersten Schritt wurden die Gegenstände der Fragestellung – das Megawattladen sowie das halböffentliche Laden – definiert.

Megawattladen: Megawattladen beschreibt das Laden mit Leistungen deutlich über 400 kW, so dass ein Lkw innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Lenkzeitpause von 45 Minuten wieder vollständig geladen werden kann.

Halböffentliches Laden: Halböffentliches Laden beschreibt an dieser Stelle eine privat betriebene Ladeinfrastruktur (z. B. bei einem Spediteur oder von einem Infrastrukturbetreiber), die nur einem ausgewählten Nutzerkreis und/oder nur zu ausgewählten Zeiten zur Verfügung steht.

In beiden Fällen wurde dabei eine möglichst breite Definition gewählt, die unterschiedliche Ausprägungen zulässt, so dass in den Interviews dann auf einzelne Ausgestaltungsformen eingegangen werden konnte.

Auswahl der Interviews

Die Auswahl der Interviewpartner soll verschiedene Stakeholder einbinden, um mögliche unterschiedliche Perspektiven abzubilden. Daher wurden sowohl Gespräche mit Logistikunternehmen geführt als auch die Meinung von Ladeinfrastrukturbetreibern berücksichtigt. Ein Fahrzeughersteller, der in regelmäßigem Austausch mit Logistikunternehmen steht und diese zur Ausgestaltung ihrer Infrastruktur berät, ergänzt das Bild. Tabelle 1 stellt alle interviewten Stakeholder dar und gibt eine kurze Beschreibung.

	Anzahl	Kurzbeschreibung
Logistikunternehmen	3	Logistikunternehmen sind die primären Nutzer der Infrastruktur. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, Unternehmen mit unterschiedlich großen Fahrzeugflotten zu wählen, um unterschiedliche Bedürfnisse adressieren zu können. Alle Unternehmen haben bereits erste Erfahrungen mit batterieelektrischen Fahrzeugen gesammelt.
Depotbetreiber	1	Das Unternehmen betreibt selbst eigene Lkw und Depots. Die Logistik ist jedoch nicht das Kerngeschäft, was eventuell einen anderen Blickwinkel auf die Fragestellungen ermöglichen kann.
Ladeinfrastrukturbetreiber	2	Ein Interview wurde mit einem etablierten Ladepunktbetreiber geführt, der bereits Ladeinfrastruktur für Lkw errichtet hat und betreibt. Ein weiteres Gespräch wurde mit einem Startup geführt, das aktuell ein neues Geschäftsmodell zum Lkw-Laden aufbaut.
Fahrzeughersteller	1	Der Fahrzeughersteller unterstützt seine Kunden beim Aufbau der Ladeinfrastruktur und dient damit als Multiplikator.

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 1: Überblick der interviewten Stakeholder

Entwicklung des Interviewleitfadens

Die Interviews wurden als leitfadengestützte Interviews aufgebaut. Als Ausgangspunkt dienten elf Interviews, die im Rahmen des Projekts BWeRoads¹ mit Lkw-Ladeinfrastrukturbetreibern geführt wurden, um deren Erwartungen und Strategien in Bezug auf die zukünftige Ladeinfrastruktur (Auslegung, Bedarf, Chancen, Risiken) abzufragen. Das halböffentliche Laden war dabei ein Randaspekt, der jedoch regelmäßig genannt wurde. Entsprechend wurden alle Hinweise auf das öffentliche Laden sowie relevante Aspekte zum Megawattladen aus den Interviews gefiltert und als Grundlage für die hier durchgeführten Interviews verwendet.

Der Interviewleitfaden besteht aus vier zentralen Abschnitten. Im ersten Abschnitt wurde der berufliche Hintergrund der Gesprächspartner sowie ihre Erfahrung mit Lkw-Ladeinfrastruktur abgefragt, um die Antworten besser einordnen und passende Rückfragen stellen zu können. Im zweiten Abschnitt wurden, basierend auf den BWeRoads-Interviews, – teilweise strittige – Thesen vorgestellt, die die Interviewten auf einer Skala von 1 („stimme gar nicht zu“) bis 5 („stimme voll und ganz zu“) einordnen und begründen sollten. Im dritten Abschnitt wurden dann offene Fragen zum halböffentlichen

Laden gestellt, die zentrale Aspekte – Ausgestaltung, Chancen, Risiken – abfragten. Im letzten Abschnitt folgten offene Fragen zum Megawattladen. Die Interviews dauerten typischerweise zwischen 45 Minuten und einer Stunde. Abschließend erhielten die Interviewten die Gelegenheit aus ihrer Sicht wichtige Aspekte zu ergänzen. Der Interviewleitfaden findet sich in Anhang A.1.

Auswertung

Mit Einverständnis der Interviewten wurden die Interviews aufgezeichnet. Alternativ wurden Stichpunkte durch eine zweite Person notiert. Die Antworten auf einzelne Fragen wurden anschließend, wie in Anhang A.2 dargestellt, für diesen Bericht zu Themengruppen zusammengefasst.

¹ | <https://www.bw-eroads.de/>

04

Ergebnisse

04

Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Interviews zusammengefasst dargestellt und, wenn passend, durch Zitate der Interviewpartner untermauert. Im Kapitel 4.1 werden zunächst die Ergebnisse des Megawattladens dargestellt. Die Ergebnisse zum halböffentlichen Laden folgen in Kapitel 4.2.

4.1 Die Rolle des Megawattladens

Wie in Abschnitt 2 dargestellt, könnte Megawattladen zukünftig insbesondere in den Mittagsstunden zum Zwischenladen für Langstreckenfahrzeuge an öffentlichen Ladestationen eine relevante Rolle spielen. Prinzipiell ist auch das Laden am Depot mit hohen Ladeleistungen vorstellbar. Die Simulationen deuten jedoch darauf hin, dass aus technischer Sicht zumeist geringere Ladeleistungen ausreichen. Im Folgenden wird daher die mögliche Rolle des Megawattladens im öffentlichen Raum (4.1.1) sowie im Depot (4.1.2) getrennt betrachtet. Anschließend wird auf mögliche Chancen und Risiken (4.1.3) aus Perspektive der Interviewten eingegangen.

Zusammenfassung Megawattladen

Dem Megawattladen wird eine große Rolle hinsichtlich der Akzeptanz batterieelektrischer Lkw zugeschrieben; es dient als Absicherung und Flexibilitätsoption.

Im öffentlichen Raum wird es Anwendungen geben, die auf Megawattladen angewiesen sind, auch wenn die Mehrheit der Ladevorgänge voraussichtlich mit geringeren Ladeleistungen auskommen könnte. Insgesamt werden im öffentlichen Bereich voraussichtlich deutlich weniger Megawattladepunkte als Ladepunkte mit mittleren (ca. 400 kW) und niedrigen (ca. 100 kW) Leistungen benötigt werden. Ein konkretes Verhältnis ist angesichts der

frühen Marktphase schwer zu benennen. Schätzungen der Experten zum Anteil von Megawattladepunkten an allen Ladepunkten lagen zwischen fünf Prozent und 20 Prozent.

Im Depot hängt der Bedarf an Megawattladeinfrastruktur stark vom Anwendungsfall ab. An kleinen Depot-Standorten ist damit zu rechnen, dass auf Megawattladen verzichtet wird. An großen Depots könnte ein Teil der Infrastruktur – aus Platz- und Effizienzgründen sowie für spezifische Tourenprofile – Megawattladen anbieten. Satellitensysteme könnten die Leistung variabel zwischen einzelnen Ladepunkten verschieben. Auch hier ist eine Schätzung der Anzahl der Megawattladepunkte noch schwierig, die Interviews zeigen eine Bandbreite von null Prozent bis 50 Prozent.

Chancen des Megawattladens ergeben sich insbesondere durch den hohen Durchsatz an Strom, der den wirtschaftlichen Betrieb von Fahrzeugen und Infrastruktur ermöglichen kann. Allerdings stellt die hohe Investition insbesondere bei Unterauslastung ein Risiko dar. Der notwendige Infrastruktur- und Stromnetzausbau wird ebenfalls als kritisch eingestuft.

4.1.1 Die Rolle des Megawattladens im öffentlichen Raum

Eine öffentliche Megawattladeinfrastruktur wird von allen Interviewten mindestens als notwendig, zumeist auch als wichtig bezeichnet. Die hohe Ladeleistung kann hier in relevantem Umfang Ladezeiten reduzieren und damit die Flexibilität erhöhen. Insbesondere unter dem Blickwinkel der verkauften Energiemenge könnte das Megawattladen im öf-

fentlichen Bereich dominieren. In einem der Gespräche begründete der Stakeholder den hohen öffentlichen Bedarf damit, dass „wir die [...] 45-Minuten-Pausen haben, besonders an den Autobahnen“. In Interviews wurde darauf hingewiesen, dass „alles, was schnell geht, [...] Wartezeiten reduziert“ und öffentliches Megawattladen somit „Flexibilität“ schafft. Gleichzeitig wurde jedoch an anderer Stelle darauf hingewiesen, dass die wichtige Rolle nicht zwingend aus dem tatsächlichen Bedarf resultieren muss, „sondern einfach der Sicherheit wegen, dass dort Ladepunkte sind, mit denen [man] schnell Zwischenladen könnte, wenn [man] müsste.“ In diesem Zusammenhang wurde auch darauf hingewiesen, dass, während einzelne Touren auf das Megawattladen angewiesen sind, in vielen Fällen auch 400 kW ausreichend sein werden. Am Ende sei dies auch eine „Preisfrage“. Ein zentraler Aspekt sei, dass bei „den (aktuellen) Konditionen [...] jeder Spediteur versuchen würde zu vermeiden darauf [– öffentliches Megawattladen –] angewiesen zu sein.“ Ein Interviewpartner fasste entsprechend zusammen: „Ich glaube es ist nötig. Wir können es nicht ganz weglassen, aber ich glaube es sollte, könnte und dürfte nicht die übergeordnete Rolle spielen.“

Große Unsicherheit herrscht beim Verhältnis zwischen öffentlichem Langsamladen und Schnellladen. Zwei Befragte schätzten vorsichtig, dass auf einen Megawattladepunkt etwa 20 Langsamladepunkte kommen könnten. Andere nannten ein Verhältnis von eins zu fünf. Prinzipiell können steigende Fahrzeugreichweiten dazu führen, dass weniger Megawattladen benötigt wird, da „es eine längere Pause geben muss“, die zum Laden genutzt werden kann. Allerdings wurde von einem Spediteur auch darauf hingewiesen, dass ein Lkw mit höherer Reichweite aufgrund der großen Batteriekapazität „weniger Nutzlast [hat] und dann wird er [...] irgendwann sehr, sehr uninteressant.“ Auch werden Fahrzeuge teilweise mit mehreren Fahrern im Mehrschichtbetrieb gefahren, was lange Standzeiten – und damit das Übernachten – verhindert. Die Mehrheit der Befragten äußerte sich insgesamt dahingehend, dass bedarfsorientiert die meisten öffentlichen Ladepunkte Übernachtenladepunkte sein werden, gefolgt von mittelschnellen Ladepunkten (400 kW) und Megawattladepunkten.

Die Mehrheit der Befragten geht außerdem davon aus, dass ein stärkerer Ausbau der öffentlichen Megawattladeinfrastruktur den Ausbau der Depotladeinfrastruktur nicht relevant reduzieren würde. Technisch und logistisch sei dies zwar teilweise möglich, allerdings nur interessant, wenn „der öffentliche Bereich es schafft den Megawattladepreis so attraktiv

zu machen, dass der Spediteur nicht mehr zu Hause laden muss.“ Heute ist das Laden am eigenen Depot – auch durch den Einsatz von Photovoltaik (PV) und Batteriespeichern – sowie in Partnernetzwerken jedoch in der Regel günstiger, so dass Lkw und private Infrastruktur gemeinsam gedacht werden. Ein Logistiker wies jedoch darauf hin, dass öffentliches Laden in bestimmten Fällen sinnvoll ist, wenn dadurch die Standzeit am eigenen Depot reduziert werden kann. In diesem Fall würde eine gut ausgebaute öffentliche Megawattladeinfrastruktur tatsächlich den Ladebedarf in den Depots leicht reduzieren.

4.1.2 Die Rolle des Megawattladens im Depot

Die Einschätzungen zum Megawattladen im Depot weichen in den Interviews deutlich voneinander ab und hängen stark von der jeweiligen Logistikanwendung ab. „Man braucht die Netzanschlussleistung, [...] man treibt sich die Lastspitzen nach oben, [dies] bedeutet deutlich mehr Kosten.“ Im Allgemeinen erscheint es daher zielführend „mehr Ladepunkte mit geringerer Ladeleistung dort zu installieren, um dann auch die größere Anzahl an Fahrzeugen [parallel] laden zu können, auch an den Rampen.“ Gerade im Nahverkehr sind die Standzeiten im Verhältnis zur Fahrleistung oft so, dass die Fahrzeuge langsam über Nacht nachladen können. Gleichzeitig sprechen jedoch auch Aspekte für hohe Ladeleistungen in den Depots: Bei dem sogenannten Nachtsprung, einer Logistikanwendung bei der in der Regel eine Tagestour mit einer längeren Nachtfahrt (im Begegnungsverkehr) kombiniert wird und nur geringe Standzeiten zur Verfügung stehen, welcher hohe Ladeleistungen erforderlich macht. Zudem ermöglicht die Megawattladeinfrastruktur Flexibilität, beispielsweise falls sich die Tourenplanung ändert oder auch ein Kunde wegbircht und Fahrzeuge anders eingesetzt werden sollen. Ein Interviewpartner fasste diesen Aspekt folgendermaßen zusammen: „Eine eher untergeordnete [Rolle], die wird es geben, ganz sicher, weil wir [...] die Option brauchen Fahrzeuge in sehr kurzer Zeit wieder aufzuladen.“

Des Weiteren adressiert das Megawattladen zwei zentrale Aspekte der Logistik: „Platz und Geld“. Es ermöglicht, im Vergleich zum Langsamladen die Abgabe höherer Energiemengen, was wiederum zu geringen Preisen führen kann. Außerdem sind die Ladeplätze weniger lange belegt, was den Platzbedarf reduziert. Dies trifft insbesondere auf große Standorte mit potenziell hoher Auslastung der Infrastruktur zu, während kleinere Standorte voraussichtlich „keinen MCS-

[Megawatt-] Lader aufbauen [werden]. Dafür ist die Infrastruktur zu teuer und die Auslastung zu niedrig.“ Viele Interviewte gehen für größere Standorte davon aus, dass auch im Depot eine Mischung aus Langsamladen und Megawattladen benötigt wird. Die Schätzungen liegen jedoch weit auseinander: So schlug ein Interviewpartner vor, bei zehn Ladepunkten zwei mit Megawattladen auszustatten, auch um bei Ausfall eines Ladepunkts eine Redundanz zu ermöglichen. Andere schätzten, dass bis zu 50 Prozent aller Ladepunkte im Depot Megawattladepunkte sein könnten. Es wurde auf die Bedeutung von Split- bzw. Satellitensystemen hingewiesen, die die vorhandene Gesamtleistung variabel in Abhängigkeit der Standzeit auf verschiedene Ladepunkte verteilen können. Insgesamt geht jedoch kein Interviewpartner davon aus, dass die Mehrheit aller Ladepunkte im Depot Megawattladepunkte sein werden.

In Bezug auf die Positionierung von Megawattladern äußerten zwei der Befragten, dass sie direkt an den Logistikgebäuden („an der Rampe“) aufgrund von Brandschutzauflagen kein Megawattladen aufbauen werden. Die Positionierung hängt insgesamt vom Ablauf innerhalb des Standortes ab: Während in einigen Interviews der Aufbau von Ladeinfrastruktur direkt an den Rampen – in der Regel mit mittlerer Leistung oder einem Satellitensystem und Energiemanagement – als vorteilhaft beschrieben wurde, wurde in anderen Interviews ein System mit einem eigenen Ladepark beschrieben, bei dem zunächst beispielsweise einer von vier Ladepunkten als „Fastlane“ ausgestattet ist; perspektivisch die Leistung über Split-systeme aber flexibel verteilt werden kann.

Wird private Infrastruktur für das halböffentliche Laden zur Verfügung gestellt, so erscheint Megawattladen auch im Depot zielführend, da die Aufenthaltsdauer von Fremdfahrzeugen auf dem eigenen Gelände oder den Wartebereichen davor in der Regel begrenzt ist.

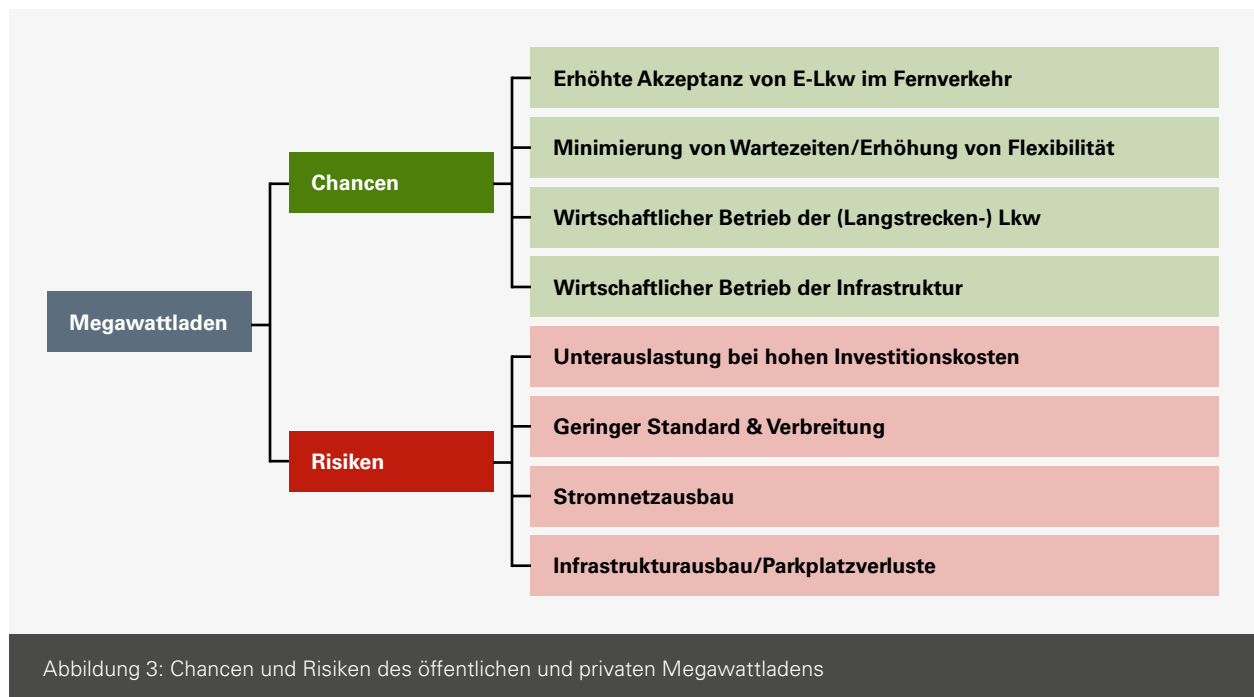
4.1.3 Chancen und Risiken des Megawattladens

In mehreren Interviews wurde die Rolle des Megawattladens für die Akzeptanz batterieelektrischer Lkw betont: Die „Präsenz dieser Ladeleistung im öffentlichen Bereich [...] [hilft] der Akzeptanz der E-Mobilität im Lkw-Sektor.“ In der tatsächlichen Anwendung könnten Spediteure dann dennoch mit „400 oder zukünftig 500 kW zufrieden sein und auch eher [...] nutzen.“

Das Megawattladen ermöglicht, laut Einschätzung der Interviewten, die „Minimierung der Wartezeit“. Die Fahrzeuge können „direkt wieder weiterfahren und [...] die Betriebszeit der Fahrzeuge erhöhen.“ Dies kann die Gesamtnutzungskosten der Lkw senken und insbesondere einen wirtschaftlichen Langstreckenbetrieb ermöglichen. Aus Sicht der Infrastruktur ist es möglich „mehr Kostenträger pro Zeiteinheit zu verkaufen“ – also mehr kWh pro Zeiteinheit abzusetzen als mit Langsamladeinfrastruktur – und damit Investitionen schneller zu amortisieren.

Dies ist allerdings mit dem Risiko verbunden, dass sich Spediteure „finanziell überschätzen“ und den tatsächlichen Bedarf nach Megawattladen überschätzen. In diesem Zusammenhang spielen auch die noch nicht finale Standardisierung sowie eine mögliche Aufpreispolitik der Fahrzeughersteller für Megawattladen eine relevante Rolle: Die Nutzung von Megawattladen mit dem Megawattladestandard (MCS) parallel zum aus dem Pkw-Bereich übernommenen CCS-Standard könnte zu Doppelstrukturen führen.

Kritisch könnte auch sein, dass das Megawattladen möglicherweise „aus Netzsicht deutlich zu groß ausgebaute Netzanschlusskapazitäten, die gar nicht notwendig sind“ verursacht. In diesem Zusammenhang wurde auch auf das Risiko hingewiesen, dass „dann noch weniger Fläche für Lkws“ zur Verfügung steht, der Parkplatzmangel also weiter verschärft wird. Der notwendige Infrastrukturausbau für das öffentliche Megawattladen könnte hier bestehende Probleme verschärfen.



4.2 Die Rolle des halböffentlichen Ladens

Im Folgenden wird die Rolle von halböffentlichem Laden betrachtet. Zunächst wird in Abschnitt 4.2.1 die künftige Bedeutung von halböffentlichem Laden eingeschätzt. Anschließend werden die mögliche Ausgestaltung des halböffentlichen Ladens (4.2.2), die zu erwartenden Preise (4.2.3) sowie Chancen und Risiken (4.2.4) diskutiert.

Zusammenfassung halböffentliches Laden

Dem halböffentlichen Laden wird eine Relevanz für die zukünftige Ladeinfrastruktur zugesprochen, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen im Speditions- und Logistikgewerbe, welche nicht auf ein eigenes Ladeinfrastrukturnetzwerk zurückgreifen können. Die Interviewten erwarten mehrheitlich, dass der Aufbau von eigener privater Infrastruktur notwendig ist, aber, dass ein Großteil der privat aufgebauten Ladeinfrastruktur künftig halböffentlich sein wird.

Die Eigentümer der Ladeinfrastruktur profitieren durch die Öffnung für externe Nutzer von einer

besseren Auslastung und damit geringeren einer besseren Wirtschaftlichkeit ihrer Infrastrukturinvestitionen. Externe Nutzer können Ladevorgänge in ihre Betriebsabläufe integrieren und gleichzeitig von im Vergleich zum öffentlichen Laden günstigeren Preisen profitieren. Voraussetzung für eine effiziente Nutzung ist ein Reservierungs- und Abrechnungssystem, um die Verfügbarkeit der Infrastruktur und betrieblichen Abläufe für alle Nutzer sicherzustellen.

Im Idealfall wird die halböffentliche Ladeinfrastruktur mit PV-Anlagen und einem intelligenten Energiemanagementsystem kombiniert, um die Gesamtkosten weiter zu senken und so Wettbewerbsvorteile zu generieren. Ebenso kann die Einbindung eines Batteriespeichers sinnvoll sein, um weitere Lastoptimierung unter ggf. begrenztem Netzanschluss zu ermöglichen. Hinsichtlich der Standortwahl sind gut zugängliche Flächen attraktiv im Sinne der Auslastung, aber auch Flächen innerhalb des Betriebsgeländes können je nach Sicherheitsanforderung und Nutzerstruktur sinnvoll sein.

Insgesamt ist die Ausgestaltung des halböffentlichen Ladens standortabhängig und muss an die jeweiligen betrieblichen Gegebenheiten angepasst werden. Das Modell wird jedoch als zukunftsfähige Lösung für eine wirtschaftliche und effiziente Ladeinfrastruktur im gewerblichen Bereich gesehen. Neben den Perspektiven für die Wettbewerbsfähigkeit individueller Akteure bietet das halböffentliche Laden die Chance, die Rahmenbedingungen für den Markthochlauf von batterieelektrischen Lkw insgesamt zu verbessern.

4.2.1 Relevanz des halböffentlichen Ladens

Alle Interviewten schätzen die zukünftige Bedeutung des halböffentlichen Ladens als hoch ein. Mehrere Interviewte gehen davon aus, dass ein großer Teil der künftigen Ladeinfrastruktur in privaten Depots als halböffentlich ausgestaltet sein könnte und somit einen relevanten Anteil des heute als öffentlich eingeschätzten Ladebedarfs abdecken würde. Während im Fernverkehr das öffentliche Laden nach wie vor als notwendig angesehen wird, könnte nach Ansicht einiger Interviewter die Verfügbarkeit von halböffentlicher Ladeinfrastruktur öffentliches Laden für Tagestouren obsolet machen.

Mehrere Gesprächspartner erwarten, dass der größte Teil der künftig im Lastverkehr benötigten Energiemenge an halböffentlicher Ladeinfrastruktur geladen wird und beschreiben das halböffentliche Laden als zukünftiges Standardmodell. Besonders für kleine und mittelgroße Unternehmen im Speditions- und Logistikgewerbe wird das halböffentliche Laden als zentral eingeschätzt, um ein praktikables und kosteneffizientes Laden außerhalb des Depots zu ermöglichen und um die Ladeinfrastruktur im eigenen Depot leichter zu finanzieren. Für sehr große Systemlogistikunternehmen wird das halböffentliche Laden hingegen als weniger relevant angesehen, da diese über ihr Netzwerk aus eigenen Standorten verfügen, die sie mit privater Ladeinfrastruktur ausstatten können.

In mehreren Interviews wird betont, dass das halböffentliche Laden während der Wartezeiten beim Kunden eine sinnvolle Ergänzung zur eigenen privaten Ladeinfrastruktur darstellt und daher auch eine Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur bei Unternehmen außerhalb der Logistikbranche wünschenswert wäre. Insbesondere an Flughäfen und Häfen, die über eine

hohe Netzanschlusskapazität verfügen, erscheint der Aufbau von halböffentlicher Ladeinfrastruktur realistisch. Aber auch für Unternehmen ohne eigene Lkw-Flotte könnte der Aufbau von Ladeinfrastruktur an Standorten mit hohen Anschlussleistungen wirtschaftlich sein und attraktive Preise für die anliefernden Lkw ermöglichen.

4.2.2 Ausgestaltungsoptionen des halböffentlichen Ladens

Halböffentliche Lademöglichkeiten können auf vielfältige Weise gestaltet werden. Im Folgenden werden insbesondere die Ausgestaltungsoptionen bezüglich des Standorts, des Betriebskonzepts und der installierten Infrastruktur diskutiert.

Halböffentliche Ladeparks werden in der Regel auf privatem Grund installiert. Hier sind verschiedene Optionen denkbar. Grundsätzlich kommen sowohl Flächen „vor der Schranke“ (vor dem Betriebsgelände im engeren Sinne) als auch Bereiche „nach der Schranke“ (auf dem Betriebsgelände im engeren Sinne) infrage. Viele Stimmen bevorzugen die Flächen vor der Schranke, da diese besser zugänglich sind und so eine höhere Auslastung ermöglichen. Dafür können je nach Standortgegebenheit direkt an das zugangsbeschränkte Betriebsgelände angrenzende Wartezonen oder auch nahe gelegene Grundstücke im Industriegebiet genutzt werden. Ein quasi-öffentlicher Zugang zur Ladeinfrastruktur wird jedoch auch kritisch gesehen, da die Einfahrt von nicht-berechtigten Fahrzeugen und die Anwesenheit von mit Schwerlastverkehr nicht vertrauten Personen nicht verhindert werden kann. Daher präferieren einige Interviewte den Aufbau der Ladeinfrastruktur auf dem zugangsbeschränkten Teil des Betriebsgeländes. In diesem Fall muss gewährleistet sein, dass die Fahrzeuge die Schranke ohne zusätzliche Wartezeit passieren können, für die ein Ladepunkt reserviert wurde. Ob dies möglich ist, ist wiederum standortabhängig: Insbesondere für Unternehmen mit speziellen Sicherheitsanforderungen, wie z. B. in der luftfrachtzertifizierten Logistik, ist eine klare Erfassung aller Personen auf dem Gelände essenziell und eine Einfahrt beliebiger Fahrzeuge nur zum Laden nicht vorstellbar. Mehrere Befragte geben an, dass zusätzlicher Verkehr auf dem eigentlichen Betriebsgelände möglichst zu vermeiden gilt und dass eine klare Trennung zwischen halböffentlichem Ladebereich und eigentlichem Betriebsgelände erforderlich ist. Einige Interviewpartner halten daher auch eine Ausgestaltung mit zwei Schranken für sinnvoll, um das eigentliche Betriebsgelände und den halböffentlichen Ladepark klar voneinander

sowie nach außen abzugrenzen. Auch auf dem zugangsbeschränkten Betriebsgelände (im engeren Sinne) wird halböffentliche Ladeinfrastruktur von einigen Interviewten als sinnvoll angesehen, nämlich insbesondere dann, wenn Ladeinfrastruktur direkt an den Rampen zur Verfügung steht. Diese kann während der Warenbeladung bzw. -entladung von den externen Lkw zur Zwischenladung von Strom genutzt werden und ist besonders attraktiv, da zusätzliche Ladepausen vermieden werden können. Ein weiterer Anwendungsfall besteht, wenn Spediteure im Auftrag von großen Logistikunternehmen ausschließlich auf deren Betriebsgelände tätig sind und dort zwingend eine Lademöglichkeit benötigen. Mehrere Befragte sehen Ladeinfrastruktur vor und nach der Schranke als sinnvoll und notwendig an. Insgesamt zeigt sich, dass die ideale Fläche für halböffentliche Ladeinfrastruktur stark vom jeweiligen Betriebskonzept, den Sicherheitsanforderungen und der Nutzerstruktur abhängt. Die besser zugängliche Fläche vor der Schranke wird als vorteilhaft für die Auslastung und damit Wirtschaftlichkeit der Ladeinfrastruktur gesehen, während die Fläche nach der Schranke eine bessere Zugangskontrolle sowie die Integration von Ladeprozessen in bestimmte Betriebsabläufe ermöglicht.

Sofern ausreichend Fläche zur Verfügung steht, sollten die Ladepunkte nach Ansicht der Interviewten möglichst so positioniert sein, dass ein Anfahren mit Sattelaufleger möglich ist und externe Fahrer den Standort problemlos durchfahren können. Dies steigert die Attraktivität der Ladeinfrastruktur für externe Kunden, da ein Zeitverlust durch Absatteln verhindert wird und Anfahrschäden vorgebeugt werden können. In einem Interview wird eine Mindestanzahl von fünf bis sechs Ladepunkten in einem halböffentlichen Ladepark empfohlen. In einem weiteren Interview wurde der halböffentliche Betrieb von vier Ladepunkten oder weniger als nicht sinnvoll angesehen, da mit dem Öffnen der Ladeinfrastruktur für externe Nutzer auch etwa Sanitäranlagen und möglicherweise auch weitere Angebote wie Snackautomaten mitgedacht werden sollten.

Die Öffnung der Ladeinfrastruktur für bestimmte Nutzerkreise kann durch bilaterale Verträge zwischen Flottenbetreibern und/ oder attraktive Preismodelle für einen größeren Nutzerkreis erfolgen. Eine vollständige Öffnung für beliebigen Durchgangsverkehr wird von den meisten Interviewten abgelehnt; stattdessen wird eine Zugänglichkeit für Unterauftragnehmer, Lieferanten und Kunden bevorzugt. Ein Teilen der Ladeinfrastruktur mit beliebigen Speditions- oder Logistikunternehmen im Umkreis ist vorstellbar, wird jedoch von

einigen Interviewten als unrealistisch eingestuft aufgrund der Gleichzeitigkeit im Ladebedarf und der ggf. herrschenden Wettbewerbsverhältnisse. Während sich für manche Anwendungsfälle ein Laden bei benachbarten halböffentlichen Ladeparks lohnen kann, gegenüber einer Investition in eigene Ladeinfrastruktur, wird ein dauerhafter vollständiger Verzicht auf eigene Ladeinfrastruktur als nicht sinnvoll beurteilt. Es bestehe langfristig die Gefahr eines Wettbewerbsnachteils durch weniger Flexibilität im Einsatz der Lkw sowie höhere Energiekosten durch Aufpreis für externes Laden und durch die zusätzlichen Wege vom/zum Ladepark. Stattdessen wird halböffentliches Laden bei externen Unternehmen als Ergänzung zum Laden an der eigenen Infrastruktur und als kostengünstigere Alternative zum öffentlichen Laden gesehen. Ausnahmen sind Spediteure, die nur im Auftrag eines anderen Unternehmens tätig sind, etwa im pendelnden Werksverkehr zwischen mit Ladeinfrastruktur ausgestatteten Standorten oder innerhalb eines einzigen Betriebsgeländes.

Auch die Anforderungen an die technische Ausgestaltung halböffentlicher Ladeinfrastruktur sind vielfältig und hängen stark vom jeweiligen Nutzungsprofil sowie den betrieblichen Rahmenbedingungen ab. Im Vergleich zum öffentlichen Raum, in dem oft die Verfügbarkeit maximaler Ladeleistungen gefordert wird, werden beim halböffentlichen Laden in der Regel niedrige bis mittlere Ladeleistungen als ausreichend betrachtet. Falls das halböffentliche Laden breitflächig verfügbar sein wird und Lkw in der Regel während jedes Stopps eine Lademöglichkeit direkt an der Rampe haben, so könnten laut Ansicht eines Interviewten bereits niedrige Ladeleistungen (ca. 100 kW) ausreichen. Andere Interviewte hingegen empfehlen Ladeleistungen von mindestens 400 kW pro Ladepunkt, sodass innerhalb einer Lenkzeitpause eine relevante Energiemenge nachgeladen werden kann. Dies wird als Attraktivitätsmerkmal für den Ladepark gesehen: „Kein Lkw-Fahrer kommt für 200 kW“. Außerdem wird auf die Abhängigkeit der Nutzerstruktur verwiesen: Wenn der Depotbetreiber mit seiner Flotte selbst den Großteil der Nutzung übernimmt, so können mittlere Ladeleistungen (200 bis 400 kW) ausreichen. Falls hingegen ein hoher Anteil von externen Zwischenladern erwartet wird, können auch Ladepunkte mit höheren Ladeleistungen sinnvoll sein. Der Einsatz von intelligenter Laststeuerung, ggf. in Verbindung mit lokaler Erzeugungs- und/ oder Speicherinfrastruktur, wird generell als zukunftsweisend angesehen. Ein Gesprächspartner beschreibt den Idealfall als „ein ganzheitlich geplantes System bestehend eben aus Eigenenerzeugung [mittels] PV-Anlage, Batteriespeicher, Energiemanagementsystem [und] Ladepunkten.“

Für den Betrieb der halböffentlichen Ladeinfrastruktur wird außerdem die Einbindung eines Charge Point Operators (CPO) empfohlen, um Themen wie Abrechnung und Haftung gegenüber den externen Nutzern professionell abzudecken. Die Interviewten gehen davon aus, dass fast alle Eigentümer halböffentlicher Ladeinfrastruktur einen Teil der Abwicklung an einen CPO auslagern, um in diesen Belangen keine neuen Kompetenzen abseits ihres Kerngeschäfts der Logistik aufbauen zu müssen. Lediglich große Logistikunternehmen könnten in Betracht ziehen, den Betrieb komplett selbst zu organisieren, indem sie eigene Abteilungen oder Tochterunternehmen gründen, welche als unternehmensinterne CPO agieren. Die Einbindung eines CPO könnte außerdem die Vermarktung der THG-Prämie erleichtern, welche zusätzliche Erlöse in Abhängigkeit der öffentlich geladenen Energiemengen generiert. Während einzelne Interviewte diese Möglichkeit bestätigen, betrachten andere den Erhalt und Nutzung der THG-Prämie aus halböffentlicher Ladeinfrastruktur als unsicher bzw. als juristischen Graubereich und betonen, dass die Wirtschaftlichkeit der Investition nicht davon abhängen sollte. Nur ein kleiner Teil der Befragten hat sich bisher mit der THG-Prämie im Kontext von Ladeinfrastruktur befasst.

Einzelne Befragte, die schon eine halböffentliche Ladeinfrastruktur anbieten, berichten, dass diese aufgrund der geringen Verbreitung batterieelektrischer Lkw heute noch ohne Reservierungssystem auskommt. Jedoch sehen es alle Gesprächspartner als sinnvoll und die Mehrheit sogar als unabdingbar an, dass halböffentliche Ladeinfrastruktur künftig mit einem Reservierungssystem kombiniert wird. Nur so kann die benötigte Planungssicherheit für die Disponenten gewährleistet werden.

Während unterschiedliche Perspektiven auf die Standortwahl und die zur Verfügung stehende Ladeleistung festgestellt wurden, waren sich die Befragten bei zwei Punkten einig: Alle Interviewten stimmen zu, dass halböffentliche Ladeinfrastruktur mit einem Reservierungssystem kombiniert werden sollte und, dass in den Betrieb ein CPO eingebunden werden sollte.

4.2.3 Mögliche Preise für halböffentliches Laden

Die Interviewten sehen im halböffentlichen Laden sowohl für die Eigentümer der Ladeinfrastruktur als auch für externe Nutzer wirtschaftliche Vorteile.

Für die Eigentümer von Ladeinfrastruktur steht im Vordergrund, dass durch die Öffnung für externe Nutzer die Auslastung der Ladepunkte erhöht werden kann. Dies führt dazu, dass sich die dafür getätigten Investitionen schneller amortisieren bzw. dass die eigenen Vollkosten pro kWh sinken. Neben der Ladeinfrastruktur kann dies auch zu einer besseren Wirtschaftlichkeit von zusätzlicher Infrastruktur wie PV-Anlagen und Batteriespeichern führen, welche im Zusammenspiel mit einem Energiemanagementsystem die Energiekosten für den Depotbetreiber weiter senken können bzw. bei begrenztem Netzanschluss den Betrieb der Ladeinfrastruktur erst möglich machen. Perspektivisch kann sich der Depotbetreiber durch die geringeren Energiekosten so einen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Neben der mengenmäßigen Auslastung spielt auch die zeitliche Verteilung der Ladevorgänge eine Rolle: Mehrere Interviewte stimmen zu, dass das halböffentliche Laden den Eigenverbrauch des vor Ort erzeugten PV-Stroms erhöhen kann, da das Nutzungsprofil von externen Nutzern oft besser zum Erzeugungsprofil der PV-Anlage passt. Dies ist typischerweise der Fall, wenn die eigene Fahrzeugflotte tagsüber unterwegs ist, während mit Lieferanten und/oder Abholern potenzielle externe Nutzer der Ladeinfrastruktur über Tag auf dem Gelände ankommen. Viele Interviewte weisen darauf hin, dass die Ladekosten stark standortabhängig sind und daher keine pauschale Schätzung der Ladekosten für den Depotbetreiber möglich ist. Mehrere Befragte gehen davon aus, dass das Laden an der eigenen privaten Infrastruktur etwa 50 Prozent günstiger ist als das öffentliche Laden. Ein Gesprächspartner schätzt, dass der Betreiber durch die Öffnung für Dritte seine eigenen Ladekosten um weitere 20 Prozent senken kann. Allerdings wird auch darauf hingewiesen, dass es vereinzelt Standorte geben kann, an denen das öffentliche Laden so günstig angeboten wird, sodass sich die Investition in private Infrastruktur aus ökonomischer Sicht nicht rechnet.

Für die externen Nutzer halböffentlicher Ladeinfrastruktur stehen die Kostenvorteile gegenüber dem öffentlichen Laden im Vordergrund. Die Mehrheit der Befragten geht davon aus, dass privates Laden auch in Zukunft in der Regel günstiger als öffentliches Laden sein wird. Daraus ergibt sich die Möglichkeit für Betreiber privater Infrastruktur, im Vergleich zu öffentlichen Ladepunkten attraktivere Ladepreise anzubieten. Die Interviewten gehen davon aus, dass sich der angebotene Preis an der halböffentlichen Ladeinfrastruktur nach dem Preis an den konkurrierenden öffentlichen Ladesäulen richten wird. Heute wird öffentliches Laden für etwa 0,40 €/kWh angeboten. Die Mehrheit der Interviewten erwartet Preise zwi-

schen 0,30 und 0,40 €/kWh für das halböffentliche Laden und geht davon aus, dass es wenige Cent günstiger als das öffentliche Laden angeboten wird. Falls auch beim halböffentlichen Laden zeitvariable Tarife angeboten werden, kann sich ein Befragter auch Preise von unter 0,30 €/kWh zur Mittagszeit vorstellen. Es wird jedoch betont, dass die Preisgestaltung stark von der Wettbewerbssituation vor Ort sowie von den individuellen Betriebskosten abhängt.

Insgesamt wird davon ausgegangen, dass halböffentliches Laden dazu beitragen kann, die Kosten für Betreiber deutlich zu senken und gleichzeitig für externe Nutzer attraktive Preise zu ermöglichen. Die tatsächliche Preisbildung ist jedoch abhängig von den standortspezifischen Bezugskosten und kann schwer pauschalisiert werden.

4.2.4 Chancen und Risiken des halböffentlichen Ladens

Das halböffentliche Laden wird von vielen als sinnvolle Ergänzung und/oder Alternative zum Aufbau rein öffentlicher Ladeinfrastruktur betrachtet. Viele Spediteure haben bereits eigene Ladeinfrastruktur aufgebaut, die tagsüber jedoch oft ungenutzt bleibt, da die Fahrzeuge unterwegs sind. Durch eine Öffnung dieser Infrastruktur für Dritte ergeben sich aus Sicht der Interviewten Vorteile für die Eigentümer der Ladeinfrastruktur, die externen Nutzer und das Gesamtsystem.

Die Depotbetreiber selbst können durch die Öffnung der eigenen Infrastruktur für Dritte ihre Auslastung erhöhen und so ihre Investitionen besser umlegen. Die leichtere Finanzierbarkeit der zugehörigen Infrastruktur erleichtert wiederum die Umstellung der Flotte auf elektrische Antriebe. Andere Unternehmen ohne eigene E-Lkw-Flotte könnten ihre bereits vorhandenen Netzanschlusskapazitäten nutzen, um Ladeinfrastruktur für externe Lkw (etwa von Kunden oder Lieferanten) aufzubauen und so zusätzliche Erlöse zu erzielen.

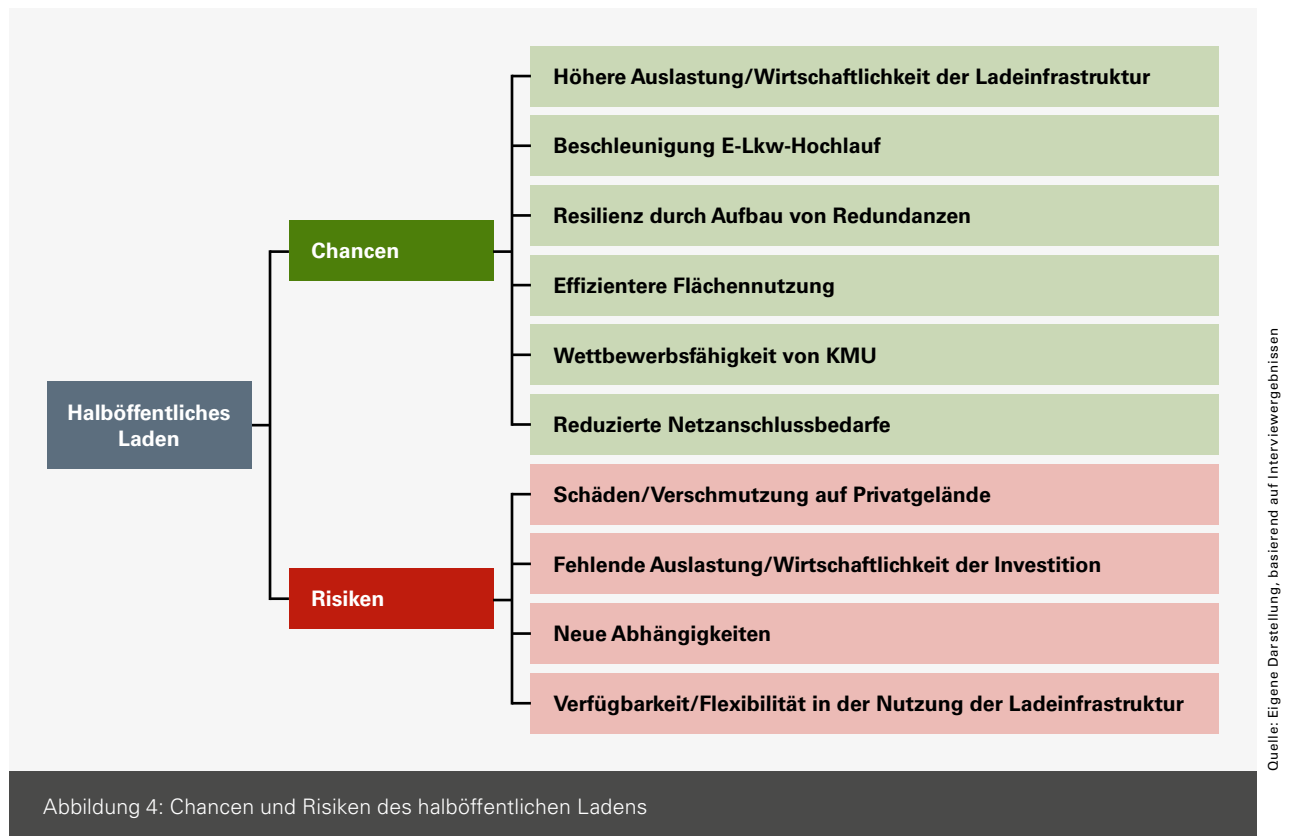
Für die externen Nutzer der privaten Ladeinfrastruktur ergibt sich in erster Linie die Chance, ihre Ladekosten zu senken, indem sie auf das nach Ansicht der Befragten teurere öffentliche Laden teilweise oder ganz verzichten können. Die breitflächige Verfügbarkeit von halböffentlicher Ladeinfrastruktur an externen Standorten kann die Betriebssicherheit der elektrischen Lkw erhöhen und einen flexibleren Betrieb dieser, etwa ein schnelleres Reagieren auf Kundenwünsche, ermöglichen. Für kleine und mittlere Unternehmen des Speditions- und Logistikgewerbes, welche anders als große Systemlogis-

tikunternehmen kein privates Ladenetzwerk aufbauen können, kann das halböffentliche Laden die Überlebensfähigkeit im Wettbewerb erhöhen.

Aus Systemsicht verbessern sich durch die breitere Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur insgesamt die Rahmenbedingungen für den Absatz von batterieelektrischen Lkw. Mehrere Befragte sehen daher im halböffentlichen Laden die Chance, den Markthochlauf von batterieelektrischen Lkw zu beschleunigen. Des Weiteren wird das Potenzial einer insgesamt optimierten Flächennutzung und eine höhere Anzahl an reservierbaren Stellplätzen für Lkw als Chance genannt. Ein Teil der Befragten sieht im halböffentlichen Laden außerdem die Chance, dass Ladeinfrastruktur zu einem höheren Grad geteilt wird und so die Netzanschlussbedarfe insgesamt reduziert werden können (wohingegen andere Befragte dem nicht zustimmen und etwa von einem „Nullsummenspiel“ sprechen).

Grundsätzlich besteht für den Eigentümer das Risiko einer Fehlinvestition. Dies kann etwa der Fall sein, wenn im Erwartung externer Nutzer bewusst mehr Infrastruktur, als von der eigenen Flotte benötigt, aufgebaut wird und diese erwartete Nachfrage in der Folge nicht eintritt. Als Nachteil der Öffnung der eigenen Ladeinfrastruktur wurde außerdem häufig genannt, dass die Anwesenheit von externen Fahrzeugen und Personen die Wahrscheinlichkeit von Anfahrschäden, Unfällen und Verschmutzung auf dem Gelände erhöht. Folglich können höhere Reparatur-, Reinigungs- oder Versicherungskosten anfallen. Außerdem können die eigenen Ladepunkte weniger flexibel genutzt werden. Im Allgemeinen ist das Betreiben halböffentlicher Ladeinfrastruktur mit einem höheren organisatorischen Aufwand verbunden als die rein private Nutzung. Es wurden außerdem Bedenken geäußert, dass sich die Nutzer von externer Ladeinfrastruktur in neue Abhängigkeiten begeben; ein kompletter Verzicht auf eigene Depot-Ladeinfrastruktur ist in der Regel nicht denkbar.

Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass aus Sicht aller Interviewten die Chancen des halböffentlichen Ladens dessen Risiken überwiegen. Abbildung 4 fasst die identifizierten Chancen und Risiken zusammen.



05

Diskussion der Ergebnisse

05

Diskussion der Ergebnisse

Der vorliegende Bericht fasst die aus den Interviews gewonnenen qualitativen Erkenntnisse zur Rolle von Megawattladen und halböffentlichem Laden für batterieelektrische Lkw zusammen. Durch die gezielte Auswahl von unterschiedlichen Stakeholdern (Logistikunternehmen bzw. Depotbetreiber verschiedener Größe, Ladeinfrastrukturbetreiber, Fahrzeughersteller) wurde eine relevante Bandbreite von Perspektiven abgebildet.

Dabei wurden unterschiedliche Ansichten in Bezug auf die angebotene Ladeleistung sowie auf den genauen Standort von halböffentlicher Ladeinfrastruktur festgestellt. Während einige eine hohe Verfügbarkeit von Lademöglichkeiten (auch während der Warenbeladung bzw. -entladung der Lkw) in Kombination mit niedrigen Ladeleistungen (ca. 100 kW) als Idealfall beschreiben, halten andere hohe Ladeleistungen von mindestens 400 kW als notwendig für die Attraktivität eines Ladepunkts. Die Auswahl einer geeigneten Fläche wird im Spannungsfeld von Kontrolle Zugangsbeschränkung und Wirtschaftlichkeit durch eine gute Zugänglichkeit sowie erhöhte Auslastung getroffen und kann je nach den Anforderungen der Depotbetreiber unterschiedlich ausfallen. Ferner gibt es verschiedene Präferenzen im Hinblick auf den Nutzerkreis. Während einige im Sinne der Auslastung für eine weite Öffnung für alle interessierten Logistikbetriebe plädieren, bevorzugen andere eine engere Auswahl, etwa aus Unterauftragnehmern, Lieferanten und Abholern, um den Fremdverkehr auf dem Betriebsgelände gering zu halten. Die festgestellten Differenzen lassen sich auf die standort- und unternehmensspezifischen Unterschiede zurückführen und sind ein Abbild der Heterogenität von in der Logistikbranche tätigen Unternehmen.

Bei grundlegenden Fragen herrschte Einigkeit unter den Interviewten: Der Aufbau von Ladeinfrastruktur im eigenen Depot wird als Basis betrachtet, um elektrische Lkw flexibel und wettbewerbsfähig betreiben zu können. Halböffentliches Laden wird dabei als große Chance wahrgenommen, um die

eigene Infrastruktur besser zu finanzieren und das als teurer eingeschätzte öffentliche Laden zu vermeiden. Damit das gelingen kann, muss die Integration von Ladevorgängen in den Speditionsalltag gegeben sein. Der hohe Stellenwert von Planbarkeit in der Logistikbranche zeigt sich etwa in der Betonung der Wichtigkeit von Buchungssystemen für Ladepunkte in vielen Interviews. Nicht konkret abgefragt, aber mehrfach angesprochen in den Interviews wurde auch eine bestehende Unsicherheit bezüglich der künftigen staatlichen Förderung von elektrischen Lkw und zugehöriger Infrastruktur; auch hier hat Planungssicherheit für die Speditions- und Logistikunternehmen eine hohe Priorität. Im Grundsatz beschneigen die Interviewten batterieelektrischen Lkw schon heute eine hohe Machbarkeit und sehen ein hohes Potenzial für die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Branche. Ein verstärkter Austausch mit und zwischen den Spediteuren zu den Anforderungen an die zugehörige Infrastruktur könnte die Elektrifizierung der Branche weiter vereinfachen und/oder beschleunigen. Die Interviews deuten darauf hin, dass nahezu alle Unternehmen des Speditions- und Logistikgewerbes künftig eigene Ladeinfrastruktur auf ihrem Privatgelände installieren möchten, um die Verfügbarkeit der elektrischen Fahrzeuge sicherzustellen und eine gewisse Flexibilität im Einsatz zu ermöglichen. Gleichzeitig sind die Unternehmen, die nicht über ein eigenes Ladeinfrastrukturnetzwerk verfügen, an der Mitnutzung von Ladeinfrastruktur an externen Unternehmensstandorten interessiert. Der Aufbau von Ladeinfrastruktur in Lkw-Depots und das Bereitstellen von Netzanschlusskapazitäten, um dies zu ermöglichen, kann im Rahmen des Hochlaufs von Elektromobilität daher als „No-Regret-Option“ angesehen werden. Die genaue Ausgestaltung der Ladeinfrastruktur und des zugehörigen Betriebsmodells (Ladestandard und -leistung, Fläche, Nutzerkreis, Preisgestaltung) ist dabei jedoch stark standortabhängig (Flächenverfügbarkeit, Sicherheitsanforderungen, Fahrprofile der Nutzer).

A.1 Interviewleitfaden

Einleitung

Hallo. Vielen Dank, dass Sie sich für dieses Interview Zeit nehmen. Das Interview wird voraussichtlich **circa 45 Minuten** dauern.

Mein **Name ist Fabio Frank (Fraunhofer ISI)** und ich werde dieses Interview im Wesentlichen führen. Mein Kollege **Daniel Speth (Fraunhofer ISI)** wird ebenfalls eingewählt bleiben und gegebenenfalls vertiefende Fragen stellen.

Dieses Interview ist Teil eines Projekts im **Auftrag der e-mobil BW GmbH**, einer Landesagentur des Bundeslandes Baden-Württemberg. Die e-mobil BW GmbH versteht sich selbst als die **zentrale Anlaufstelle rund um das Thema Mobilitätswandel in Baden-Württemberg**. Durch die Teilnahme an diesem Interview haben Sie als Expert:in die Möglichkeit Ihre **Einschätzungen**, Meinungen und Ansichten zur **Rolle von Megawattladen** sowie zum **halböffentlichen Lkw-Laden** mitzuteilen. Damit unterstützen Sie unser Forschungsvorhaben und tragen zu wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn bei.

Das Interview gliedert sich in vier Abschnitte:

1. Hintergrundinformationen (5 min)
2. Thesen zum Megawattladen sowie zum halböffentlichen Laden (15 min)
3. Halböffentliches Laden (15 min)
4. Megawattladen (10 min)

Vor diesem Interview haben wir Ihnen eine **Einverständniserklärung** zukommen lassen. Wie dort aufgeführt, würden wir gerne eine Tonaufnahme des Gesprächs machen, damit keine wichtigen Informationen verloren gehen. Alle **Auswertungen erfolgen selbstverständlich anonym**, wörtliche Zitate werden nicht einer bestimmten Person zugeordnet. Über **veröffentlichte Ergebnisse** werden wir Sie informieren.

Haben Sie noch **Fragen oder Anmerkungen**, bevor wir das Interview starten?

Dann starten wir jetzt die Tonaufnahme.

Teil 1: Hintergrundinformationen (5min)

Beginnen wir mit Hintergrundinformationen zu Ihnen und Ihrer Organisation.

1. Können Sie uns bitte etwas zu Ihrem **beruflichen Hintergrund** sowie Ihrer **Organisation** erzählen?

- **Beruflicher Werdegang:**
- **Organisation:**
- **Erfahrungen mit Lkw-Laden** [optional]:

Teil 2: Thesen zum Megawattladen + halböffentlichen Laden (15min)

Im nächsten Teil unseres Gesprächs möchten wir Ihnen Thesen zur zukünftigen Rolle des Megawattladens für Lkw sowie zum halböffentlichen Lkw-Laden vorlesen. Wir bitten Sie einzuordnen, ob Sie diesen Thesen zustimmen oder nicht. Bitte begründen Sie kurz Ihre Einschätzung.

Stimme überhaupt nicht zu	Stimme eher nicht zu	Neutral	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu
1	2	3	4	5

Wir beginnen mit Thesen zum Megawattladen. Im Rahmen der hier vorgestellten Thesen, soll Megawattladen das Laden mit Leistungen deutlich über 400 kW beschreiben, so dass ein Lkw innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Lenkzeitpause von 45 Minuten wieder vollständig geladen werden kann.

2. These: Öffentliche Megawattladeinfrastruktur kann den Ausbau der Depotladeinfrastruktur reduzieren, da teilweise auf öffentliches Schnellladen zurückgegriffen werden kann.
3. These: Die Anzahl der Megawattladepunkte im öffentlichen Bereich kann im Vergleich zu Übernachtladepunkten klein sein, da steigende Fahrzeugreichweiten Zwischenladen in weniger als 45 Minuten weitestgehend obsolet machen.

■ **Verhältnis** Megawattladen – Übernachtladen? [optional]

4. These: Megawattladen wird im Depot nur eine untergeordnete Rolle spielen, da die Standzeiten der Fahrzeuge auch langsames Laden (z. B. an den Rampen) erlauben.

Wir fahren nun mit Thesen zum halböffentlichen Laden fort. Halböffentliches Laden beschreibt an dieser Stelle eine privat betriebene Ladeinfrastruktur (z. B. bei einem Spediteur oder von einem Infrastrukturbetreiber), **die nur einem ausgewählten Nutzerkreis und /oder nur zu ausgewählten Zeiten zur Verfügung steht.**

5. These: Laden an (privaten) Depots wird immer günstiger sein als öffentliches Laden. Halböffentliches Laden kann die Auslastung erhöhen und damit die Kosten pro geladener kWh senken.

■ Können Sie eine **Größenordnung** nennen, um wie viel günstiger halböffentliches Laden sein kann? [optional]

6. These: Falls ein (halb-) öffentlicher Ladepark mit Reservierungsfunktion, der durch mehrere Speditionen genutzt wird, zur Verfügung steht, so können Speditionen auf private Infrastruktur verzichten.
7. These: Halböffentliches Laden erhöht gegenüber dem rein privaten Depotladen die Integration von Solarenergie und führt damit zu niedrigeren Kosten pro geladener kWh.
8. These: Halböffentliches Laden ermöglicht die Vermarktung der THG-Prämie und damit im Vergleich zum privaten Depotladen zusätzliche Erlöse.
9. These: Halböffentliches Laden sollte auf Flächen „vor der Schranke“ stattfinden.

10. These: Halböffentliches Laden sollte immer mit einem Reservierungssystem kombiniert werden, um den Zugang für den lokalen Spediteur / Betreiber sicherzustellen.
11. These: Halböffentliches Laden reduziert insgesamt den benötigten Netzanschluss in einem Industriegebiet.
12. These: Aufgrund des hohen Aufwands ist es sinnvoll den Betrieb einer halböffentlichen Ladeinfrastruktur durch einen Betreiber (CPO) abwickeln zu lassen.

Teil 3: Halböffentliches Laden (15min)

Im Folgenden würden wir gerne von Ihnen erfahren, wie Sie sich **die Gestaltung halböffentlicher Ladeinfrastruktur** vorstellen und welche **Chancen** und **Herausforderungen** Sie sehen.

13. Wie stellen Sie sich zukünftig eine halböffentliche Ladeinfrastruktur vor bzw. **wie sehen von Ihnen errichtete halböffentliche Ladeparks aus (technische Konfiguration)?**
14. Welches **Betriebskonzept** erachten Sie als sinnvoll bzw. wer ist der Betreiber der Anlage?
15. Auf welcher **Fläche** wird ein halböffentlicher Ladepark errichtet?
16. Wer kann / wird **die Infrastruktur nutzen?** Gibt es bevorrechtigte Gruppen (**Reservierbarkeit**)?
17. Zu **welchen Preisen** kann das halböffentliche Laden angeboten werden, z.B. auch im Vergleich zu einem vollständig öffentlichen Laden? **Warum?**

■ Durchleitmodelle [optional]

18. Welche **Chancen** bieten sich durch halböffentliches Laden?
19. Welche **Risiken** sehen Sie beim Aufbau halböffentlicher Ladeinfrastruktur?
20. **Welche Rolle** wird halböffentliches Laden für Lkw zukünftig spielen?

Teil 4: Megawattladen (10 min)

Im letzten Abschnitt unseres Interviews möchten wir mit Ihnen gerne über die **Rolle des Megawattladen** sprechen.

21. Welche Rolle wird **Megawattladen** im **öffentlichen Raum** zukünftig spielen?
22. Welche Rolle wird **Megawattladen** auf **privaten Flächen** (halböffentlich versus vollständig privat) zukünftig spielen?
23. Welche **Chancen** bietet Megawattladen für Lkw aus Ihrer Perspektive?
24. Welche **Risiken** bietet Megawattladen für Lkw aus Ihrer Perspektive?

Damit haben wir das Ende unseres Interviews erreicht. Haben Sie **weitere Anmerkungen oder Rückfragen**?

Vielen Dank. An dieser Stelle beenden wir die Aufzeichnung.

Haben Sie **außerhalb der Aufzeichnung** noch **Anmerkungen oder Rückfragen**?

Nochmals vielen Dank für Ihre Unterstützung. Auf Wiedersehen.

A.2 Zuordnung der Interviewfragen zu Themenfeldern

Themenfeld	Zugeordnete Fragen
4.1.1 Die Rolle des Megawattladens im öffentlichen Raum	2) 3) 21)
4.1.2 Die Rolle des Megawattladens im Depot	4) 22)
4.1.3 Chancen und Risiken des Megawattladens	23) 24)
4.2.1 Relevanz des halböffentlichen Ladens	20)
4.2.2 Ausgestaltungsoptionen des halböffentlichen Ladens	6) 9) 10) 12) 13) 14) 15) 16)
4.2.3 Mögliche Preise für halböffentliches Laden	5) 7) 8) 17)
4.2.4 Chancen und Risiken des halböffentlichen Ladens	11) 18) 19)
Tabelle 2: Zuordnung der Interviewfragen zu Themenfeldern	

Quelle: Eigene Darstellung

A.3 Thesenbewertung aus Interviews

Frage Nr.	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)
Interview 1	1,5	2	4	3	5	3	k. A.	4	3	5	4
Interview 2	4	2	2	2	4,5	4	k. A.	4	5	1	4
Interview 3	2	4	5	5	3	5	3	1	5	2	4
Interview 4	2	4,5	3	5	3,5	4	k. A.	5	5	5	3,5
Interview 5	3	4	2	4	1	3	5	3	4	5	5
Interview 6	4	5	1	5	2	1	k. A.	5	5	5	5
Interview 7	2	5	2,5	4	4	k. A.	k. A.	5	5	5	5
Mittelwert	2,8	3,7	2,8	4,0	3,0	3,3	4,0	3,9	4,6	4,0	4,5

Quelle: Eigene Darstellung

Bewertungsskala: 1: „stimme überhaupt nicht zu“, 2: „stimme eher nicht zu“, 3: „neutral“, 4: „stimme eher zu“, 5: „stimme voll und ganz zu“, k. A.: „keine Angabe“. Zufällige Nummerierung der Interviews.

Tabelle 3: Zustimmung der Interviewten zu den im Teil 2 des Interviews formulierten Thesen

Literaturverzeichnis

ACEA (2022): European EV Charging Infrastructure Masterplan. Research Whitepaper. Online verfügbar unter https://www.acea.auto/files/Research-Whitepaper_A-European-EV-Charging-Infrastructure-Masterplan.pdf, zuletzt geprüft am 28.11.2025.

d-fine (2024): Bedarfs- und Standortanalyse zum flächendeckenden Laden von E-Lkw in Baden-Württemberg. Auftraggeber: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg.

Gnann, T.; Speth, D.; Krail, M.; Wietschel, M. (2024): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. O45-Szenarien. Modul Verkehr. <https://doi.org/10.24406/w34244>.

ICCT (2025): Charging infrastructure needs for battery electric Charging infrastructure needs for battery electric trucks in the European Union by 2030. International Council on Clean Transportation. Online verfügbar unter https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/10/ID-476-%E2%80%93-EU-BETs_report_final.pdf, zuletzt geprüft am 28.11.2025.

KBA (2025): Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen. 1. Januar 2025. FZ 13. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz13_b_uebersicht.html.

Lange, J.-H.; Speth, D.; Plötz, P. (2024): Optimized demand-based charging networks for long-haul trucking in Europe. <https://doi.org/10.24406/publica-3402>.

NOW (2024): Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr. Auswertung der Cleanroom-Gespräche mit Nutzfahrzeugherstellern 2024. Im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV). Berlin: NOW GmbH.

Shoman, W.; Yeh, S.; Sprei, F.; Plötz, P.; Speth, D. (2023): Battery electric long-haul trucks in Europe: Public charging, energy, and power requirements. In: Transportation Research Part D: Transport and Environment, 121, S. 103825. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103825>.

Speth, D.; Plötz, P. (2024): Depot slow charging is sufficient for most electric trucks in Germany. In: Transportation Research Part D: Transport and Environment, 128, S. 104078. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104078>.

Speth, D.; Plötz, P.; Funke, S.; Vallarela, E. (2022): Public fast charging infrastructure for battery electric trucks – a model-based network for Germany. In: Environmental Research: Infrastructure and Sustainability, 2 (2), S. 25004. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac6442>.

Tietz, T.; Fay, T.-A.; Schlenther, T.; Göhlich, D. (2025): Electric Long-Haul Trucks and High-Power Charging: Modelling and Analysis of the Required Infrastructure in Germany. In: World Electric Vehicle Journal, 16 (2), S. 96. <https://doi.org/10.3390/wevj16020096>.



Abkürzungsverzeichnis

BET	battery electric truck
CPO	Charge Point Operator, Ladeinfrastrukturbetreiber
MCS	Megawatt Charging System, Megawattladestandard
PV	Photovoltaik



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hochlaufszszenarien für batterieelektrische Lkw und deren Infrastruktur in Baden-Württemberg	7
Abbildung 2: Simulation von rund 2.400 Tagesfahrprofilen von in Deutschland zugelassenen Diesel-Lkw	8
Abbildung 3: Chancen und Risiken des öffentlichen und privaten Megawattladens	17
Abbildung 4: Chancen und Risiken des halböffentlichen Ladens	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick der interviewten Stakeholder	12
Tabelle 2: Zuordnung der Interviewfragen zu Themenfeldern	28
Tabelle 3: Zustimmung der Interviewten zu den im Teil 2 des Interviews formulierten Thesen	29

Impressum

Herausgeber

e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue
Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg

Autoren

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Daniel Speth, Fabio Frank,
Steffen Link, Patrick Plötz

Redaktion und Koordination der Studie

e-mobil BW GmbH
Stephanie Wagner
Fabian Haas

Layout/Satz/Illustration

markentrieb
Die Kraft für Marketing und Vertrieb

Fotos

Umschlag © Fraunhofer ISI / Mike Abmaier
Die Quellennachweise aller weiteren Bilder befinden
sich auf der jeweiligen Seite.

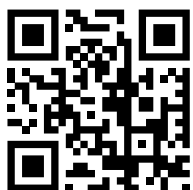
Genereller Hinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei
zusammengesetzten personenbezogenen Hauptwörtern
in dieser Studie die männliche Form verwendet.
Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der
Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter.
Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe
und beinhaltet keine Wertung.

Februar 2026

© Copyright liegt bei den Herausgebern

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.



www.e-mobilbw.de

e-mobil BW GmbH

Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und
Automotive Baden-Württemberg
Leuschnerstraße 45 | 70176 Stuttgart
Telefon +49 711 892385-0 | Fax +49 711 892385-49
info@e-mobilbw.de

