

AKZEPTANZ VON GESTEUERTEM LADEN UNTER ELEKTROFAHRZEUGNUTZENDEN IN DEUTSCHLAND

KURZSTUDIE



Berlin, April 2024

Eine Studie im Auftrag des
Bundesministeriums für
Wirtschaft und Klimaschutz
(BMWK) im Rahmen der
Begleitforschung zum
Technologieprogramm
IKT für Elektromobilität

INHALT

| | |
|--|-----------|
| 1. EINLEITUNG | 3 |
| 1.1 Problemstellung | 4 |
| 1.2 Ziele der Studie | 6 |
| 1.3 Varianten und Ausgestaltung des gesteuerten Ladens | 7 |
| 1.4 Methode | 8 |
| 2. ERGEBNISSE | 12 |
| 2.1 Gesamtstichprobe | 13 |
| 2.2 Präferenzgruppen | 15 |
| 2.3 Bidirektionales Laden | 18 |
| 3. ZUSAMMENFASSUNG | 20 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 23 |
| IMPRESSUM | 25 |



EINLEITUNG

1.1 PROBLEMSTELLUNG

Das Stromnetz der Zukunft steht vor zwei zentralen Herausforderungen: Zum einen wird die Elektrifizierung des Fahrzeugbestands in Deutschland stark zunehmen, wobei bis 2045 nahezu die gesamte Fahrzeugflotte elektrifiziert sein könnte. Zum anderen wird erwartet, dass die Stromerzeugung in Deutschland stark ansteigen wird, insbesondere durch einen wachsenden Anteil von Strom aus erneuerbaren Energien, d. h. Wind- und Sonnenstrom (Fraunhofer ISI, 2024 7). Dies führt einerseits dazu, dass es einen erhöhten Strombedarf durch eine hoch elektrifizierte Fahrzeugflotte gibt. Auf der anderen Seite steht allerdings eine Stromerzeugung, die zunehmend auf fluktuierende und mitunter weniger planbare erneuerbare Quellen angewiesen sein wird. Insofern kann das deutsche Stromsystem zukünftig sowohl von der Angebots- wie auch von der Nachfrageseite unter Druck geraten. Dies kann beispielsweise dann eintreten, wenn viele der Elektrofahrzeuge gleichzeitig laden oder wenn zu besonders windigen oder sonnigen Zeiten zu viel Strom oder zu dunklen oder windarmen Zeiten zu wenig Strom für die Nachfrage, insbesondere durch Elektrofahrzeuge, im Netz zur Verfügung steht.

Um dem Risiko von Netzininstabilitäten und damit möglicherweise einhergehenden punktuellen Stromausfällen zu entgehen, ist insbesondere auf der Stromnachfrageseite, d. h. auf Seite der Konsu-

mentinnen und Konsumenten und beispielsweise bei den genutzten Elektrofahrzeugen eine zunehmende Flexibilität notwendig. Diese könnte beispielsweise mithilfe der entsprechenden technologischen Ausstattung von Elektrofahrzeugen zur Verfügung gestellt werden. Unter Flexibilität versteht man in diesem Zusammenhang typischerweise, dass Fahrzeuge, die zum Laden eingesteckt werden, nicht wie bisher sofort mit voller Leistung den Akku vollständig aufladen, sondern, abhängig von der Stromverfügbarkeit und Netzauslastung, in einem netzdienlich gesteuerten Prozess aufgeladen werden. Gesteuertes Laden wird dabei als Lösungsansatz diskutiert, um diese Flexibilität zu gewährleisten (International Energy Agency [IEA], 2022c 7). Insbesondere kann durch bidirektionales Laden, d. h. das Elektrofahrzeug kann auch Strom zur Verfügung stellen, also entladen werden, dieses Flexibilitätspotenzial noch erhöht werden (Kempton & Tomić, 2005 7; Kester et al., 2018 7; Weiller & Neely, 2014 7).

Der Einsatz verschiedener Formen des gesteuerten Ladens wird jedoch aktuell noch durch verschiedene technische, regulatorische und soziale Hindernisse gehemmt. Technisch gesehen stehen erste Technologien für unidirektional wie auch bidirektional gesteuertes Laden bereits zur Verfügung (IEA, 2022b 7).

1.1 PROBLEMSTELLUNG

Allerdings fehlt es in vielen deutschen Haushalten vor allem noch an intelligenten Messgeräten (sog. Smart Meter), die das automatische Steuern von Ladevorgängen der Elektroautos überhaupt erst ermöglichen. Zudem fehlen in Deutschland derzeit noch wichtige rechtliche Rahmenbedingungen, die den Einsatz dieser Technologien vereinfachen würden. Beispielsweise sind unterschiedliche steuer- und abrechnungsrechtliche Fragen, insbesondere beim bidirektionalen Laden, noch ungeklärt. Viele Länder haben bereits begonnen, regulatorische Hürden in diesem Bereich abzubauen (IEA, 2022a 7). Auch Deutschland hat sich während der Ausgestaltung des §14a Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) intensiv mit diesem Thema beschäftigt (Bundesnetzagentur, 2024 7); dieser berücksichtigt jedoch derzeit das gesteuerte und nicht das bidirektionale Laden.

Deutlich weniger gut verstanden ist die soziale Perspektive, das heißt die Nutzungsbereitschaft und die Akzeptanz von gesteuertem Laden. Den flächendeckenden Einsatz von gesteuertem Laden vorzuschreiben, birgt die Gefahr, Reaktanz (also eine Abwehrhaltung) bei den Nutzenden hervorzurufen. Daher ist es wichtig, dass Elektrofahrzeugnutzende mögliche Eingriffe in die Ladevorgänge ihres Fahrzeugs akzeptieren. Bisherige Forschungsergebnisse deuten

jedoch darauf hin, dass die Menschen in Deutschland und auch in anderen Ländern besorgt sind, dass durch gesteuertes Laden die Verfügbarkeit, Reichweite oder Batterielebensdauer ihres Elektrofahrzeugs eingeschränkt werden könnte (Baumgartner et al., 2023 7; Gschwendtner et al., 2021 7; Hahnel et al., 2014 7; Huckebrink & Bertsch, 2021 7). Wenn die Teilnahme am gesteuerten Laden für die Elektrofahrzeugnutzenden nicht verpflichtend wird, kann es notwendig sein, Verbraucherinnen und Verbraucher mit verschiedenen Anreizen zur Teilnahme zu motivieren (Gschwendtner et al., 2023 7; Schmalfuß et al., 2015 7). Die Möglichkeit, durch gesteuertes Laden finanzielle Einsparungen zu realisieren, war bisher einer der größten Vorteile einer potenziellen Nutzung. Existierende Studien zur gesellschaftlichen Perspektive auf gesteuertes Laden in Deutschland sind aber mitunter zwischen fünf und zehn Jahren alt (Dütschke et al., 2013 7; Scherrer et al., 2019 7; Schmalfuß et al., 2015 7). Seither haben sich die technologischen und rechtlichen Rahmenbedingungen bedeutend verändert und der Bestand an Elektrofahrzeugen und damit auch die Erfahrung der Nutzenden ist in Deutschland stark gewachsen. Daher sind die Ergebnisse dieser existierenden Studien nicht unmittelbar auf die aktuelle Situation übertragbar und wurden im Rahmen der vorliegenden Studie aktualisiert.

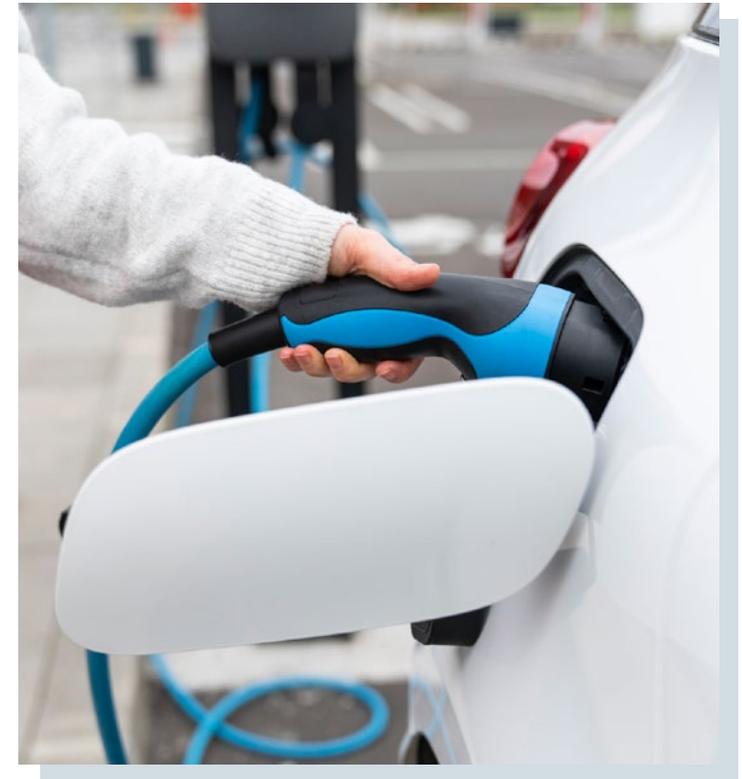
1.2 ZIELE DER STUDIE

Im Rahmen der Begleitforschung des Technologieprogramms IKT für Elektromobilität hat das Fraunhofer ISI eine Studie durchgeführt (Helferich et al., im Peer-Review ∇) mit dem Ziel, den Wissensstand zur Akzeptanz von gesteuertem Laden in Deutschland auf den aktuellen Stand zu bringen.

Konkret sollten mit dieser Studie die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

1. Welche Präferenzen haben Elektrofahrzeugnutzende in Deutschland hinsichtlich der Ausgestaltung von Tarifoptionen zum gesteuerten Laden?
2. Welche psychologischen, soziodemographischen und strukturellen Faktoren beeinflussen diese Präferenzen?

Aus den Ergebnissen der Studie sollen Handlungsempfehlungen für den kurz- bis mittelfristig erforderlichen Hochlauf von gesteuertem Laden abgeleitet werden.



1.3

VARIANTEN UND AUSGESTALTUNG DES GESTEUERTEN LADENS

Typischerweise werden verschiedene Varianten von gesteuertem Laden anhand des Grades an Flexibilität unterschieden, der durch sie bereitgestellt werden kann (IRENA, 2019 7). Die niedrigste Stufe stellen dabei zeitvariable Tarife ohne automatische Steuerung dar. Bei diesen variiert der Strompreis über den Tag je nach Stromverfügbarkeit. Die Nutzenden entscheiden selbst, zu welcher Zeit und zu welchem Preis sie ihr Fahrzeug zum Laden einstecken. Die nächste Stufe stellt eine grundlegende Kontrolle dar, bei der der Ladevorgang je nach Stromverfügbarkeit zu- oder abgeschaltet werden kann. Beim unidirektional gesteuerten Laden (V1G) besteht zudem die Möglichkeit, die Strommenge, die zum Laden zur Verfügung steht, in Echtzeit zu steuern. Auf der nächsten Stufe steht dann das bidirektionale Laden (Vehicle-to-Grid, V2G), bei dem in Echtzeit auf die jeweilige Netzsituation reagiert werden kann, indem der Strom sowohl vom

Netz ins Fahrzeug als auch in die andere Richtung fließen kann. Weitere Anwendungsfälle des bidirektionalen Ladens bestehen in Rückspeisevorgängen aus dem Fahrzeug in Heimspeicher und/oder -netze oder andere Gebäudeverbraucher (Vehicle-to-Home, Vehicle to Building, V2H/V2B). Den höchsten Grad an Flexibilität bieten dynamische Preise mit automatischer Steuerung. Hierbei wird abhängig vom Strompreis die Strommenge, die dem Fahrzeug zum Laden zur Verfügung steht, automatisch gesteuert (IRENA, 2019 7).

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt dabei vor allem auf V1G und einem kleinen Teil zu V2G.

1.4

METHODE

Im Rahmen der Studie wurden 689 Personen aus Deutschland mittels Online-Fragebogen **befragt**. Diese Personen besitzen mindestens ein rein batterieelektrisch betriebenes Fahrzeug in ihrem Haushalt; gut zwei Drittel der Befragten sind männlich und im Schnitt 43 Jahre alt. Die Einkommen der Teilnehmenden sind etwas höher als im deutschen Durchschnitt, die meisten verfügen über ein monatliches Haushaltsnettoeinkommen von 3.600 bis 5.000 Euro. Es nahmen Personen aus allen deutschen Bundesländern teil, die meisten davon aus Bayern, gefolgt von Nordrhein-Westfalen. Mit diesen Merkmalen sind die Teilnehmenden im Schnitt etwas männlicher, jünger und verfügen über ein höheres Einkommen, als es repräsentativ für die deutsche Bevölkerung wäre.

Diese Merkmale entsprechen in etwa jenen der Subgruppe der derzeitigen Elektrofahrzeugnutzenden in Deutschland. Die ausgewählte Stichprobe besitzt demnach schon viel Erfahrung mit der Elektromobilität, weswegen die Ergebnisse der Studie für sehr valide gehalten

werden können. Zudem besitzen die Ergebnisse für die kurz- bis mittelfristige Akzeptanz von gesteuertem Laden eine hohe Relevanz, da aktuelle Elektromobilistinnen und -mobilisten die erste Interessengruppe für gesteuertes Laden sein werden. Langfristig werden andere Nutzengruppen erwartet (späte Mehrheit, Nachzüglerinnen und Nachzügler), welche andere Präferenzen aufweisen können und für welche diese Stichprobe nicht repräsentativ ist.

Die Online-Befragung wurde im **Februar und März 2023** durchgeführt und beinhaltete einen Fragebogen mit integriertem Choice-Experiment. Hierbei versetzten sich die Befragten in eine fiktive Wahlsituation, in der sie sich für einen Stromtarif entscheiden müssen, der gesteuertes Laden ihres Elektrofahrzeugs ermöglicht. In insgesamt vier Wahlsituationen konnten sich die Befragten zwischen jeweils drei Tarifoptionen entscheiden. Jede dieser Tarifoptionen war aus fünf Merkmalen aufgebaut, die jeweils unterschiedliche Ausprägungen haben konnten ([siehe Tabelle 1](#)).

1.4 METHODE

Diese Merkmale waren die **Preisgestaltung**, der **Lademodus**, die **Einsparmöglichkeit** im Vergleich zum aktuellen Ladetarif, die **Eingriffsmöglichkeit** durch die Nutzenden sowie die Möglichkeit zum **bidirektionalen Laden**.

Für die Preisgestaltung gab es vier mögliche Ausprägungen bzw. Optionen, die in unterschiedlichen Kombinationen präsentiert und bewertet wurden. Zur Auswahl standen ein über den Tag konstanter Preis, zwei Preisstufen (einer für den Tag und einer für die Nacht), ein Preiskorridor, innerhalb dessen sich der Preis über den Tag hinweg abhängig von der Stromverfügbarkeit und Netzauslastung frei bilden kann, und als vierte Option dieser Preiskorridor mit einem Notfallpreis für besonders kritische Netzsituationen.

Für den Lademodus standen ebenfalls vier mögliche Optionen zur Verfügung. Zum einen der Status quo, also das sofortige und nahezu vollständige Aufladen mit der maximal zur Verfügung stehenden Leistung. Die zweite Option war ähnlich wie der Status quo, nur mit verringerter Leistung, sodass der Ladeprozess länger dauert. Die dritte Option stellte einen zeitlich verschobenen Ladeprozess dar, welcher zu einer netzgünstigen Zeit beginnt und dann in einem gleichmäßigen Prozess lädt, bis der gewünschte Akkuladestand

zur gewünschten Zeit erreicht ist. Die vierte Option beinhaltete das sofortige Laden eines Notfallpuffers von 25 % der Batteriekapazität und danach einen zeitlich und in der Leistung variablen Ladeprozess, der einen gewünschten Akkuladestand zur gewünschten Zeit garantiert.

Zudem gab es vier mögliche Optionen für die Einsparungsmöglichkeit sowie zwei Optionen für die Möglichkeit zum Eingreifen und zum bidirektionalen Laden. [Abbildung 1](#) stellt eine mögliche Wahlsituation mit einer möglichen Merkmalskombination dar.

Auf das bidirektionale Laden wurde in der Studie außerhalb des Choice-Experiments gesondert eingegangen. Zum Abschluss der Befragung konnten die Teilnehmenden angeben, welche Gründe aus ihrer Sicht für oder gegen eine Teilnahme am bidirektionalen Laden sprechen würden und welche Daten sie bereit wären, dafür zu teilen.

Die Ergebnisse wurden zunächst auf Ebene der Gesamtstichprobe ausgewertet. Danach wurden Präferenzgruppen identifiziert und analysiert sowie Treiber und Barrieren für eine Teilnahme am bidirektionalen Laden ermittelt.

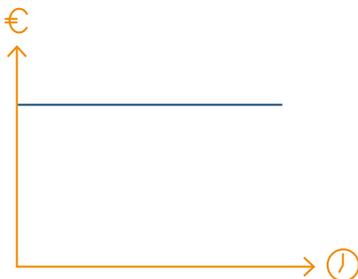
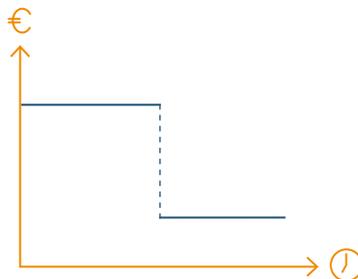
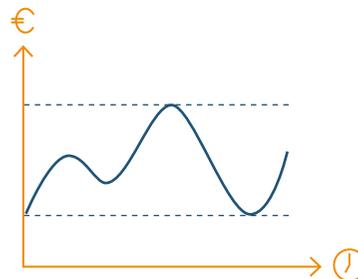
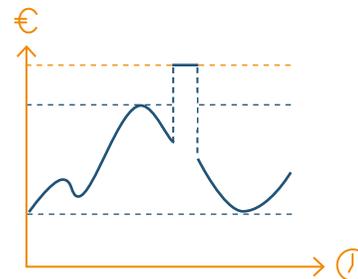
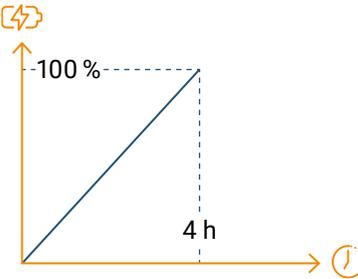
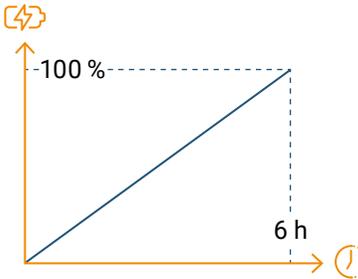
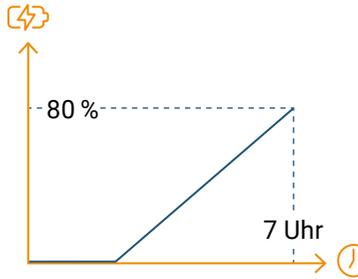
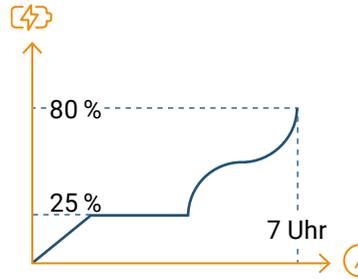
ABBILDUNG 1

BEISPIELHAFTHE WAHLSITUATION

| MERKMALE | TARIF 1 | TARIF 2 | TARIF 3 |
|--|------------------|------------------|------------------------------|
| Preisgestaltung | Konstanter Preis | Zwei Preisstufen | Preiskorridor + Notfallpreis |
| Lademodus | | | |
| Einsparmöglichkeit | 20–30 % | Bis 10 % | Keine |
| Eingriffsmöglichkeit durch Nutzende | Nein | Ja | Ja |
| Bidirektionales Laden | Nein | Nein | Ja |

TABELLE 1

TARIFMERKMALE UND IHRE AUSPRÄGUNGEN (OPTIONEN)

| MERKMALE | | | | |
|--|---|--|---|---|
| Preisgestaltung |  |  |  |  |
| Lademodus |  |  |  |  |
| Einsparmöglichkeit | Keine | Bis 10 % | 10–20 % | 20–30 % |
| Eingriffsmöglichkeit durch Nutzende | Ja | Nein | – | – |
| Bidirektionales Laden | Möglich | Nicht möglich | – | – |



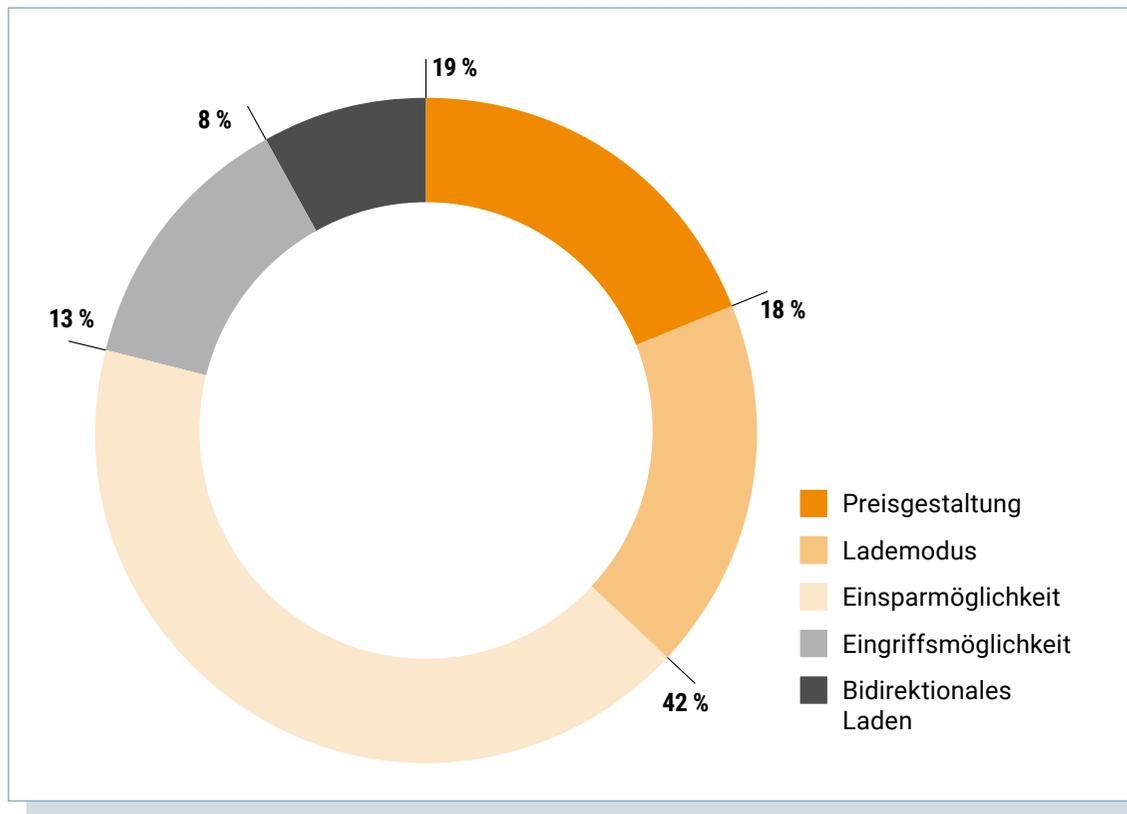
ERGEBNISSE



2.1 GESAMTSTICHPROBE

ABBILDUNG 2

WICHTIGKEIT DER MERKMALE



Zunächst zeigt sich, dass die **fünf Merkmale** für die Teilnehmenden unterschiedlich wichtig eingestuft wurden (siehe [Abbildung 2](#)). Am wichtigsten war ihnen dabei die Möglichkeit, gegenüber ihrem bisherigen Ladetarif Geld einsparen zu können. Das zweitwichtigste Merkmal war die Preisgestaltung, gefolgt vom Lademodus. Die Möglichkeit zum Eingreifen, also die Steuerung des Ladeprozesses zugunsten eines konventionellen Ladeprozesses zu beenden, und die Möglichkeit zum bidirektionalen Laden waren den Teilnehmenden weniger wichtig.

Innerhalb der fünf Merkmale lassen sich die Ausprägungen entsprechend ihrer Wichtigkeit sortieren (siehe [Tabelle 2](#)). Ein attraktiver Ladetarif mit gesteuertem Laden würde für die Nutzenden im besten Fall 20–30 % Einsparung gegenüber ihrem bisherigen Tarif bedeuten; der Preis würde sich durch einen Korridor mit Notfallpreis bilden. Der Ladeprozess kann zeitlich verschoben werden, solange nach dem Einstecken zunächst ein Puffer (in der Befragung waren 25 % vorgegeben) aufgeladen wird. Schließlich wünschen sich die Teilnehmenden, den gesteuerten Ladeprozess unterbrechen zu können und auch bidirektional laden zu können. Im Gegensatz dazu bietet ein unattraktiver Tarif keine Einsparmöglichkeit, der Preis wird durch einen Korridor ohne Notfallpreis gebildet, beim Ladeprozess wird lediglich die Leistung verringert und es gibt weder eine Eingriffsmöglichkeit noch die Option zum bidirektionalen Laden.

TABELLE 2

MERKMALE UND DEREN AUSPRÄGUNGEN IN DER REIHENFOLGE IHRER BEWERTUNGEN DURCH DIE NUTZENDEN (ATTRAKTIVITÄT)

| MERKMALE | AUSPRÄGUNGEN |
|------------------------------|--|
| Preisgestaltung | <ol style="list-style-type: none"> 1. Preiskorridor + Notfallpreis 2. Konstanter Preis 3. Tag- / Nachttarif 4. Preiskorridor |
| Lademodus | <ol style="list-style-type: none"> 1. Zeitlich verschoben mit Puffer 2. Status quo 3. Zeitlich verschoben 4. Niedrigere Leistung |
| Einsparmöglichkeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. 20–30 % 2. 10–20 % 3. Bis 10 % 4. Keine |
| Eingriffsmöglichkeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ja 2. Nein |
| Bidirektionales Laden | <ol style="list-style-type: none"> 1. Möglich 2. Nicht möglich |

2.2 PRÄFERENZGRUPPEN

Neben den Präferenzen der Gesamtstichprobe lassen sich die Teilnehmenden auch entlang ihrer Präferenzen in **drei unterschiedliche Gruppen** einteilen. Hierzu wurde eine Cluster-Analyse durchgeführt. Bei dieser Methode werden die Teilnehmenden dergestalt in unterschiedliche Gruppen eingeteilt, dass die Gruppen hinsichtlich ihrer Präferenzen innerlich homogen sind und sich nach außen deutlich von den anderen Gruppen abgrenzen.

Der **ersten Gruppe**, in der sich rund ein Viertel der Stichprobe befindet, ist die Einsparmöglichkeit mit 43 % am wichtigsten, jedoch nicht mit so großem Abstand wie in der zweiten Gruppe. Mit 25 % ist es den Personen in dieser Gruppe am zweitwichtigsten, den gesteuerten Ladeprozess unterbrechen zu können. Zusammenfassend lässt sich daher festhalten, dass den Personen in dieser Gruppe neben den Einsparungen vor allem Kontrolle über den Ladevorgang wichtig ist. An dritter Stelle folgt in dieser Gruppe die Preisgestaltung.

Der **zweiten Gruppe**, in der sich ebenfalls gut ein Viertel der Stichprobe befindet, ist die Einsparmöglichkeit mit 70 % und sehr großem Abstand zu allen weiteren Kriterien am wichtigsten. Diese folgen mit einer Wichtigkeit von 10 % oder weniger.

Die **dritte und größte Gruppe** besteht aus ungefähr der Hälfte der Stichprobe. Auch in dieser Gruppe ist die Einsparmöglichkeit mit 30 % und kleinem Abstand zu den weiteren Merkmalen am wichtigsten. Diesem folgen dann jedoch Merkmale mit ähnlicher Wichtigkeit. Die Wichtigkeit der einzelnen Merkmale in den drei Präferenzgruppen ist in [Abbildung 3](#) dargestellt.

Wie in der Analyse der Gesamtstichprobe, unterscheidet sich auch innerhalb der Präferenzgruppen die Wichtigkeit der einzelnen Merkmalsausprägungen. Diese Reihenfolge ist in [Tabelle 3](#) dargestellt. Während alle drei Gruppen die gleichen Präferenzen für die Ausgestaltung der Einsparmöglichkeit, der Eingriffsmöglichkeit und des bidirektionalen Ladens aufwiesen, unterschieden sie sich hinsichtlich der Preisgestaltung und des Lademodus. Während sich Gruppe 1 und 2 variable Preise wünschen, die idealerweise einen Notfallpreis für kritische Netzsituationen beinhalten, wünscht sich Gruppe 3 eine einfachere Preisgestaltung mit einem konstanten Preis. Interessanterweise bevorzugt sowohl Gruppe 2 als auch Gruppe 3 einen verschobenen Ladeprozess mit Puffer, während Gruppe 1 am liebsten weiterhin so laden würde wie heute.

Die Gruppen unterscheiden sich neben ihren Tarifpräferenzen zusätzlich hinsichtlich einiger personenbezogener Merkmale. So weist Gruppe 1 beispielsweise jeweils niedrigeres Wissen über gesteuertes Laden, niedrigere Technikaffinität, niedrigeres Umweltbewusstsein und niedrigere Offenheit für Erfahrungen auf als die anderen Gruppen. Zudem wünschen sich die Personen in dieser Gruppe einen niedrigeren Batterieladestand bei der Abfahrt. In dieser Gruppe befinden sich darüber hinaus mehr Frauen als in den anderen Gruppen und weniger Personen mit Garage und Wallbox. Gruppe 2 und 3 sind sich sehr ähnlich in Bezug auf viele dieser Merkmale (z. B. Wissen, Technikaffinität etc.). Allerdings befinden sich in Gruppe 3 deutlich weniger Frauen sowie mehr Personen mit Garage, PV-Anlage und Heimspeicher. Darüber hinaus gibt es zwischen den Gruppen keine Unterschiede in Bezug auf Fahrleistung, Risikoaversion, Fahrstil und Alter des Fahrzeugs.

ABBILDUNG 3

WICHTIGKEIT DER MERKMALE IN DEN DREI PRÄFERENZGRUPPEN

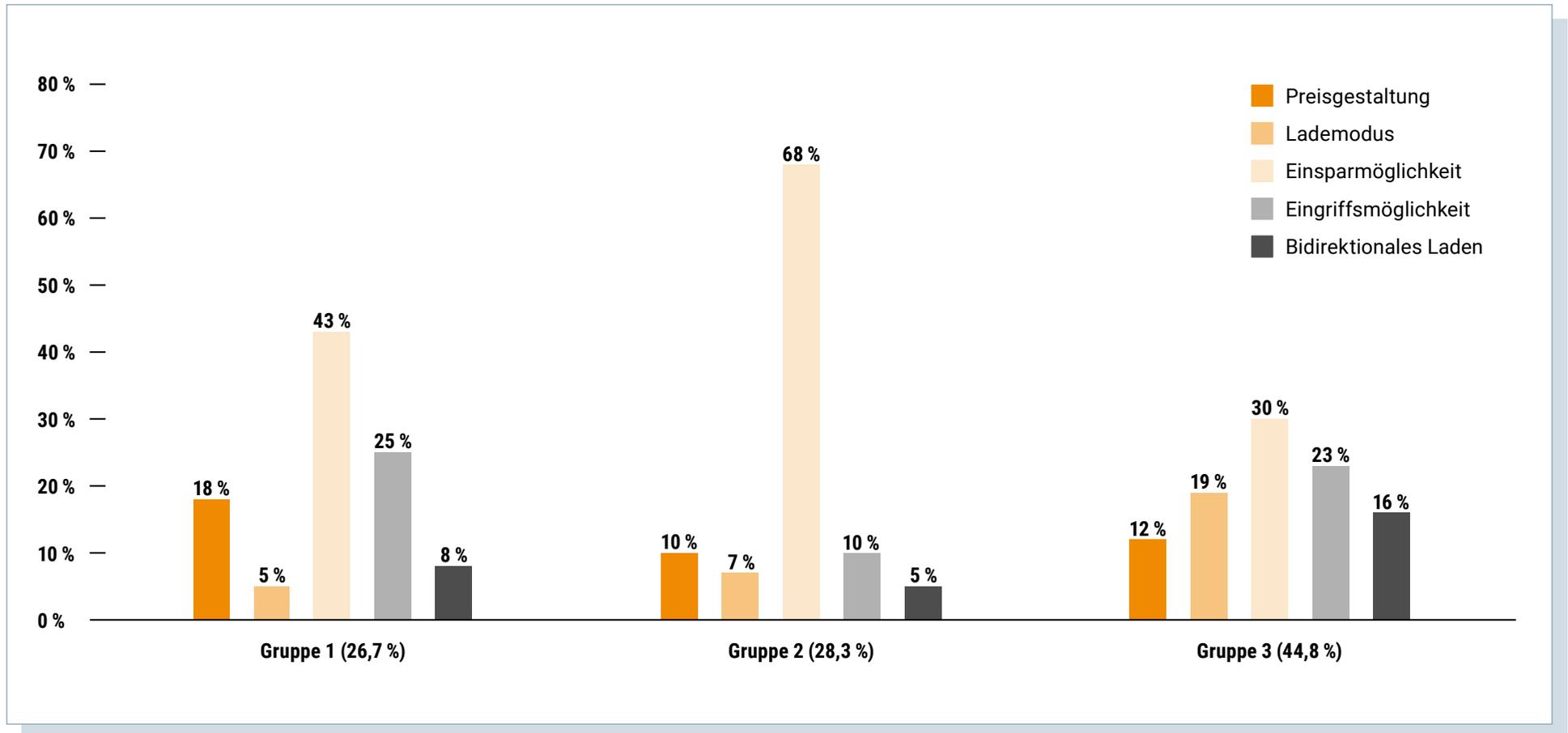


TABELLE 3

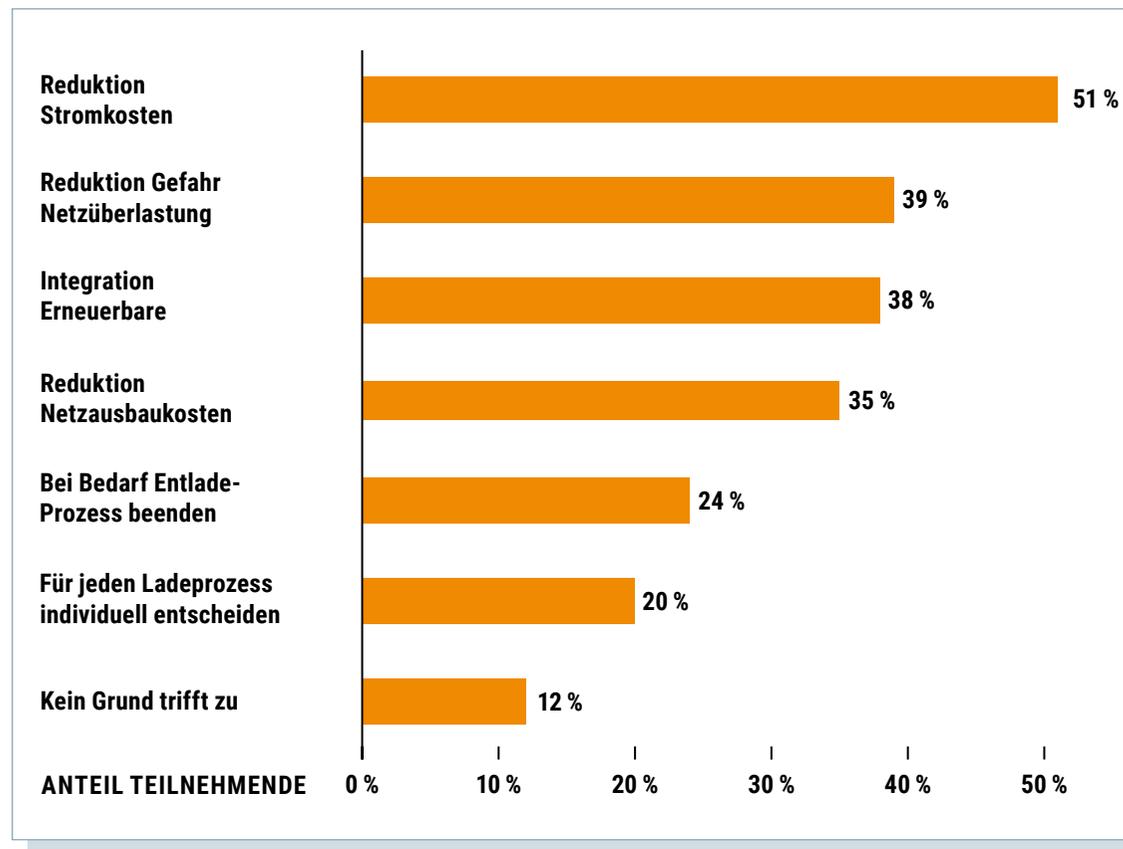
WICHTIGKEIT DER MERKMALSAUSPRÄGUNGEN IN DEN PRÄFERENZGRUPPEN

| MERKMALE | GRUPPE 1 (26,7 %) | GRUPPE 2 (28,5 %) | GRUPPE 3 (44,8 %) |
|------------------------------|--|--|--|
| Preisgestaltung | <ol style="list-style-type: none"> 1. Korridor + Notfallpreis 2. HT/LT 3. Konstant 4. Korridor | <ol style="list-style-type: none"> 1. Korridor + Notfallpreis 2. HT/LT 3. Konstant 4. Korridor | <ol style="list-style-type: none"> 1. Konstant 2. Korridor 3. Korridor + Notfallpreis 4. HT/LT |
| Lademodus | <ol style="list-style-type: none"> 1. Status quo 2. Verschieben 3. Verschieben mit Puffer 4. Niedrige Leistung | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verschieben mit Puffer 2. Niedrige Leistung 3. Status quo 4. Verschieben | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verschieben mit Puffer 2. Status quo 3. Verschieben 4. Niedrige Leistung |
| Einsparmöglichkeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. 20–30 % 2. 10–20 % 3. Bis 10 % 4. Keine | <ol style="list-style-type: none"> 1. 20–30 % 2. 10–20 % 3. Bis 10 % 4. Keine | <ol style="list-style-type: none"> 1. 20–30 % 2. 10–20 % 3. Bis 10 % 4. Keine |
| Eingriffsmöglichkeit | <ol style="list-style-type: none"> 1. Möglich 2. Nicht möglich | <ol style="list-style-type: none"> 1. Möglich 2. Nicht möglich | <ol style="list-style-type: none"> 1. Möglich 2. Nicht möglich |
| Bidirektionales Laden | <ol style="list-style-type: none"> 1. Möglich 2. Nicht möglich | <ol style="list-style-type: none"> 1. Möglich 2. Nicht möglich | <ol style="list-style-type: none"> 1. Möglich 2. Nicht möglich |

2.3 BIDIREKTIONALES LADEN

ABBILDUNG 4

GRÜNDE FÜR EINE TEILNAHME AM BIDIREKTIONALEN LADEN



Für eine Teilnahme am bidirektionalen Laden spricht für 50 % der Befragten die Reduktion der Stromkosten, was sich mit dem Befund deckt, dass Einsparmöglichkeit über alle Gruppen hinweg das wichtigste Tarifmerkmal ist. Diesem Aspekt folgt das Tarifmerkmal Reduktion der Gefahr einer Netzüberlastung sowie der besseren Integration erneuerbarer Energien ins Stromnetz und der Reduktion von Netzausbaukosten. Etwas über 10 % gaben jedoch auch an, dass für sie kein Grund für eine Teilnahme sprechen würde ([siehe Abbildung 4](#)).

Bei den Gründen gegen die Teilnahme wurden mit etwas über 40 % die Bedenken bezüglich der Batterielebensdauer am häufigsten genannt, gefolgt von Bedenken zu Reichweite und Datensicherheit ([siehe Abbildung 5](#)).

Auf die Frage danach, welche Daten die Befragten für das bidirektionale Laden teilen würden, gab über die Hälfte der Teilnehmenden an, Ladezeiten und -präferenzen teilen zu wollen. 40 % würden zusätzlich ihren Standort und 20 % zusätzlich begrenzte Kalenderdetails teilen. Ca. 25 % gaben jedoch auch an, keine Daten teilen zu wollen, was in diesem Fall die Teilnahme am bidirektionalen Laden unmöglich machen würde ([siehe Abbildung 6](#)).

ABBILDUNG 5

GRÜNDE GEGEN EINE TEILNAHME AM BIDIREKTIONALEN LADEN

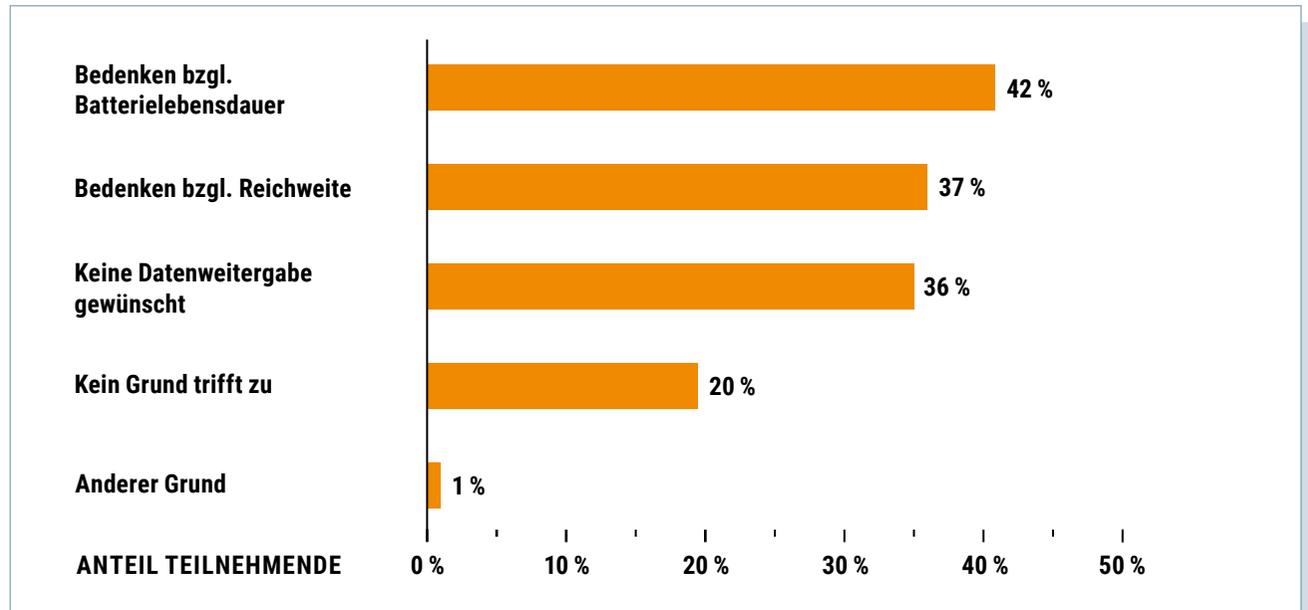
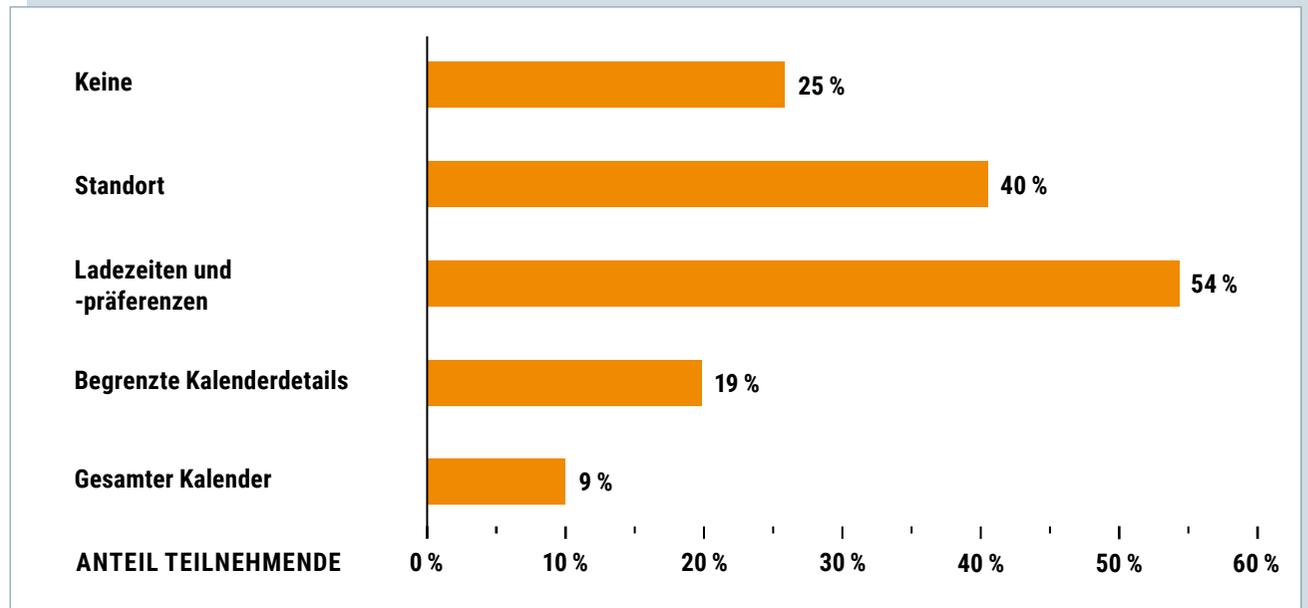


ABBILDUNG 6

BEREITSCHAFT ZUR DATENWEITERGABE UND POTENTIELL GETEILTE DATENINHALTE





ZUSAMMENFASSUNG

ZUSAMMENFASSUNG

Finanzielle Anreize sind laut der vorliegenden Studie für derzeitige Elektrofahrzeugnutzende am wichtigsten, wenn es darum geht, sie zur Teilnahme am gesteuerten Laden zu motivieren. Zudem wünschen sich ungefähr 25 % eine Eingriffsmöglichkeit in das gesteuerte Laden. Darüber hinaus scheinen durchschnittliche Elektrofahrzeugnutzende risikoavers zu sein.

Neben der Eingriffsmöglichkeit, die ein normales und vollständiges Aufladen ermöglicht, wünschen sie sich daher, dass eine Puffer-Kapazität aufgeladen wird, bevor gesteuert geladen werden darf. Drittens zeigt sich, dass die konkrete Ausgestaltung des Ladeprozesses eine untergeordnete Rolle spielt. 70 % der Elektrofahrzeugnutzenden wünschen sich allerdings keine bloße Reduktion der Ladeleistung. Viertens legen Elektrofahrzeugnutzende neben individuellen finanziellen Vorteilen offenbar auch Wert auf die Netzdienlichkeit des Ladevorgangs.

Die Batterielebensdauer, möglicherweise begrenzte Reichweiten sowie die Weitergabe von notwendigen Daten stellen hingegen Hürden für die Teilnahme am gesteuerten Laden dar. Viele Elektrofahrzeugnutzende sind zwar grundsätzlich dazu bereit, Daten weiterzugeben, aber nur bis zu einem gewissen Grad. Ungefähr 50 % der Nutzenden würden beispielsweise keine Ladezeiten und -präferenzen weitergeben wollen, und 25 % würden gar keine Daten teilen wollen.

Anhand dieser Ergebnisse würden wir daher für eine Steigerung der kurz- und mittelfristigen Akzeptanz von gesteuertem Laden empfehlen, dass Firmen, die Tarife zum gesteuerten Laden anbieten, die finanziellen Vorteile dieser Tarife klar an die Nutzenden kommunizieren. Diesbezüglich erscheint es von Vorteil, garantierte Preismodelle einer direkten Teilnahme am Strommarkt vorzuziehen, um die Einsparungen besser vorhersehbar zu machen. Zudem kann es sinnvoll sein, einen Sicherheitsmechanismus einzubauen, der den

Menschen einen gewissen Grad an Kontrolle über den Ladeprozess ermöglicht. Hierzu bietet sich der Einbau eines „opt out“-Mechanismus an. Entgegen der Befürchtung, dass das Anbieten eines solchen Mechanismus dazu führen könnte, dass die Nutzenden nur noch selten überhaupt am gesteuerten Laden teilnehmen, scheint es eher um das psychologische Gefühl der Kontrolle als um die tatsächliche Kontrolle zu gehen. Dies zeigt sich daran, dass Nutzende, denen ein solcher Mechanismus zur Verfügung gestellt wurde, ihn nur selten einsetzen (Gardien et al., 2020 ↗). Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, verschiedenartige Tarife zu entwickeln, die unterschiedliche Zielgruppen ansprechen. Hierbei sollten insbesondere vulnerable und Gruppen mit niedrigem Einkommen berücksichtigt werden, um eine breite Diffusion von gesteuertem Laden in alle gesellschaftlichen Schichten hinein zu ermöglichen (Chen, 2023 ↗; Olson et al., 2023 ↗).

Es gilt jedoch auch, die Bedenken einiger Nutzerinnen und Nutzer bezüglich eingeschränkter Reichweite, reduzierter Batterielebensdauer und Datensicherheit zu adressieren, auch wenn sich in anderen Studien gezeigt hat, dass Elektrofahrzeugnutzende insbesondere die benötigte Reichweite ihres Fahrzeugs tendenziell überschätzen (Lagomarsino et al., 2022 ↗). Möglichkeiten bieten sich hier beispielsweise durch Versuchszeiträume, die erlebbar machen, dass die Reichweite durch gesteuertes Laden nicht eingeschränkt werden muss.

Bezüglich der Batterielebensdauer gilt es, klar und verständlich die wissenschaftlichen Befunde zu kommunizieren, die gegen eine Reduktion der Lebensdauer sprechen (Gschwendtner et al., 2021 ↗). Und schließlich wird es notwendig sein, nur unbedingt notwendige Daten zu erheben, starke Maßnahmen zur Datensicherheit zu ergreifen und diese ebenso klar zu kommunizieren. Langfristig und mit höherer Verbreitung der Elektromobilität und des gesteuerten Ladens können zusätzliche oder andere Empfehlungen sinnvoll sein.

LITERATURVERZEICHNIS

[Baumgartner, N., Weyer, K., Eckmann, L. & Fichtner, W. \(2023\). How to integrate users into smart charging – A critical and systematic review. Energy Research & Social Science, 100, 103113. ↗](#)

[Bundesnetzagentur. \(2024\). Integration steuerbarer Verbrauchseinrichtungen., zuletzt geprüft am 11.03.2024. ↗](#)

[Chen, J. \(2023\). Leveraging locational and temporal flexibility in transportation electrification to benefit power systems: A White Paper from the Retail Pricing Task Force. Energy Systems Integration Group. ↗](#)

[Dütschke, E., Paetz, A.-G. & Wesche, J. \(2013\). Integration Erneuerbarer Energien durch Elektromobilität – inwieweit sind Konsumenten bereit, einen Beitrag zu leisten? uwf UmweltWirtschaftsForum, 21\(3-4\), 233–242. ↗](#)

[Fraunhofer ISI \(2024\): Langfristszenarien 3., zuletzt geprüft am 11.03.2024. ↗](#)

[Gardien, L., Refa, N. & Tamis, M. \(2020\). Exploring electric vehicle owner’s preferences and experiences with controlled charging: a mixed-method case study in the Netherlands. Electric Vehicle Symposium 33, Portland, OR. ↗](#)

[Gschwendtner, C., Knoeri, C. & Stephan, A. \(2023\). Mind the goal: Trade-offs between flexibility goals for controlled electric vehicle charging strategies. iScience, 26\(2\), 105937. ↗](#)

[Gschwendtner, C., Sinsel, S. R. & Stephan, A. \(2021\). Vehicle-to-X \(V2X\) implementation: An overview of predominate trial configurations and technical, social and regulatory challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 145, 110977. ↗](#)

[Hahnel, U. J., Gölz, S. & Spada, H. \(2014\). How does green suit me? Consumers mentally match perceived product attributes with their domain-specific motives when making green purchase decisions. Journal of Consumer Behaviour, 13\(5\), 317–327. ↗](#)

[Helferich, M., Tröger, J., Stephan, A., Preuß, S., Pelka, S., Stute, J. & Plötz, P. \(im Peer-Review\). Tariff option preferences for smart and bidirectional charging: Evidence from battery electric vehicle users in Germany.](#)

[Huckebrink, D. & Bertsch, V. \(2021\). Integrating Behavioural Aspects in Energy System Modelling—A Review. Energies, 14\(15\), 4579. ↗](#)

[International Energy Agency. \(2022a\). Demand response. ↗](#)

LITERATURVERZEICHNIS

[International Energy Agency. \(2022b\). Investment in digital infrastructure in transmission and distribution electricity grids. ↗](#)

[International Energy Agency. \(2022c\). World Energy Outlook. ↗](#)

[IRENA. \(2019\). Innovation Outlook: Smart charging for electric vehicles. ↗](#)

[Kempton, W. & Tomić, J. \(2005\). Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. Journal of Power Sources, 144\(1\), 268–279. ↗](#)

[Kester, J., Noel, L., Zarazua de Rubens, G. & Sovacool, B. K. \(2018\). Promoting Vehicle to Grid \(V2G\) in the Nordic region: Expert advice on policy mechanisms for accelerated diffusion. Energy Policy, 116, 422–432. ↗](#)

[Lagomarsino, M., van der Kam, M., Parra, D. & Hahnel, U. J. \(2022\). Do I need to charge right now? Tailored choice architecture design can increase preferences for electric vehicle smart charging. Energy Policy, 162, 112818. ↗](#)

[Olson, A., Cutter, E., Bertrant, L., Venugopal, V., Spencer, S., Walter, K. & Gold-Parker, A. \(2023\). Rate design for the energy transition: Getting the most out of flexible loads on a changing grid.: A Whit Paper from the Retail Pricing Task Force. Energy Systems Integration Group. ↗](#)

[Scherrer, A., Burghard, U., Wietschel, M. & Dütschke, E. \(2019\). Early Adopter von E-Fahrzeugen: Ladeleistungen, Eigenerzeugung und Einstellungen zum Lademanagement. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 69\(11\). ↗](#)

[Schmalfuß, F., Mair, C., Döbelt, S., Kämpfe, B., Wüstemann, R., Krems, J. F. & Keinath, A. \(2015\). User responses to a smart charging system in Germany: Battery electric vehicle driver motivation, attitudes and acceptance. Energy Research & Social Science, 9, 60–71. ↗](#)

[Weiller, C. & Neely, A. \(2014\). Using electric vehicles for energy services: Industry perspectives. Energy, 77, 194–200. ↗](#)

IMPRESSUM

AKZEPTANZ VON GESTEUERTEM LADEN UNTER ELEKTROFAHRZEUGNUTZENDEN IN DEUTSCHLAND

PROJEKTLEITUNG

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
Annegret Stephan, annegret.stephan@isi.fraunhofer.de

VERANTWORTLICH FÜR DEN INHALT DES TEXTES

Marvin Helferich, marvin.helferich@isi.fraunhofer.de
Josephine Tröger, josephine.troeger@isi.fraunhofer.de
Annegret Stephan, annegret.stephan@isi.fraunhofer.de

GESTALTUNG

Zum goldenen Hirschen Berlin GmbH
Schlesische Str. 26, 10997 Berlin

VERFASST IM AUFTRAG VON

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
11019 Berlin

ZITIEREMPFEHLUNG

Helferich, Marvin; Tröger, Josephine; Stephan, Annegret (2024):
Akzeptanz von gesteuertem Laden unter Elektrofahrzeugnutzenden
in Deutschland. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Inno-
vationsforschung (ISI)

VERÖFFENTLICHT

April 2024

HINWEISE

Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Auftraggebers wider.