

Publikation im Rahmen des Projekts

Park4Flex

Parkraumbeteiligung an der marktbasieren Flexibilitätsbereitstellung zur Netzstabilisierung bei steigender Integration von Erneuerbaren Energien

E-Mobilität zur Hebung dezentraler Netzflexibilitäten: Ergebnisse einer repräsentativen Befragung



SmartGridsBW
Energien intelligent vernetzen.



Christian Schneider

Smart Grids-Plattform Baden-Württemberg e. V.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Abstract	3
Einführung und Hintergrund	4
Stand der Forschung und Definitionen	7
Methodik, Inhalte, Sampling	12
Untersuchungsdesign und Inhalte	12
Ergebnisse	17
Leistungsgesteuertes Laden.....	17
Bidirektionales Laden	19
Soziodemografische Effekte auf den Kenntnisstand.....	21
Fazit	22

Impressum

HERAUSGEBER | Smart Grids-Plattform
Baden-Württemberg e. V. (SmartGridsBW)
Christophstr. 6, 70178 Stuttgart

Tel: +49 711 9757 499-0
Mail: info@smartgrids-bw.net
Web: www.smartgrids-bw.net

AUTOR |
Christian Schneider (SmartGridsBW)

REDAKTION | Christian Schneider, Jan
Schuck, Julia Müller (alle SmartGridsBW)

FÖRDERUNG | Bundesministerium für Wirt-
schaft und Klimaschutz (BMWK)

WEITERE INFORMATIONEN |
www.park4flex.de

ERSCHEINUNGSDATUM | März 2024

BILDNACHWEIS |
Titelfoto von [CHUTTERSNAPE](#) auf [Unsplash](#)

ÜBER SMARTGRIDS BW | Die 2013 gegrün-
dete Smart Grids-Plattform Baden-Württem-
berg e. V. ist ein Netzwerk zentraler Akteure
aus Energiewirtschaft, Forschung, Politik, IT,
Industrie und interessierten Privatpersonen.
Die Plattform unterstützt die Entwicklung in-
telligenter Energienetze und damit zusam-
menhängender innovativer Smart Grids-Pro-
dukte und Dienstleistungen mit dem lang-
fristigen Ziel einer CO₂-freien Energieerzeu-
gung. Zu ihren wesentlichen Aufgaben gehö-
ren die Vernetzung der Akteure im Themen-
feld sowie intensive Kommunikation zu den
aktuellen Entwicklungen.

LESBARKEITSHINWEIS | Wo möglich, wur-
den im Text geschlechtsneutrale Formulie-
rungen verwendet. Wo aufgrund einer besse-
ren Lesbarkeit nur eine Form Verwendung
findet, sind alle anderen Geschlechter gleich-
ermaßen gemeint. Dies gilt ebenso für an-
derssprachige Begriffe.

Abstract

Die vorliegende Ausarbeitung widmet sich der Analyse einer repräsentativen Befragung der deutschen Bevölkerung zum Thema netzdienliches Laden von E-Fahrzeugen. Die Erhebung wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Projekts Park4Flexⁱ durchgeführt.

Der Fokus der Analyse liegt auf der Kenntnis und den Einstellungen der Befragten gegenüber netzdienlichem Laden (leistungsgesteuertes unidirektionales sowie bidirektionales Laden) von batterieelektrischen Personenkraftwagen (BEV) in Bezug auf ein Vehicle-to-Grid-Szenario. Die Erhebung wurde als quantitativ-statistische Untersuchung, repräsentativ für die Wohnbevölkerung Deutschlands über 18 Jahre, durchgeführt. Das mehrfach randomisierte Sampling resultiert in der Stichprobe $n = 1004$ Personen, deren Passung auf Deutschland sowohl von der Soziodemografie als auch von der regionalen Verteilung große Kongruenz aufweist. Die Fehlertoleranz liegt bei $\pm 3\%$ -Punkten. Detailliertes Wissen über die komplexe Interaktion zwischen Stromnetzen und Fahrzeug kann bei den Befragten nicht vorausgesetzt werden, daher wurde ihre rein subjektive Nennung der Bekanntheit abgefragt.

Die Möglichkeit, die Ladegeschwindigkeit zu reduzieren, um die Stromnetze zu entlasten, benennen 49 % der Befragten als bekannt, bei bidirektionalem Laden sind es 40 %. Hier gibt es starke geschlechtsspezifische Unterschiede im Antwortverhalten: Männer geben deutlich häufiger an, diese Möglichkeiten zu kennen. Die Akzeptanz leistungsgesteuerten Ladens bei monetären Anreizen liegt bei 64 %. Sie ist nochmals höher (74 %), wenn garantiert wird, dass das Auto zu einem von der Nutzerin festgelegten Zeitpunkt vollständig geladen ist. Bidirektionales Laden mit monetären Anreizen wird nur von 39 % der Befragten positiv bewertet. Hier ist jedoch keine grundlegende Ablehnung erkennbar, vielmehr sind ambivalente und Nicht-Antworten ähnlich hoch (37 %) wie die Zustimmungswerte. Die Untersuchung zeigt auf, dass die Informationsgrundlage der Bevölkerung für eine fundierte Meinungsbildung noch erweitert werden sollte. Grundlegende Ablehnung oder besonderer Enthusiasmus sind nicht sichtbar.



Das Projekt *Parkraumbeteiligung an der marktbasieren Flexibilitätsbereitstellung zur Netzstabilisierung bei steigender Integration von Erneuerbaren Energien* (Park4Flex) zielt darauf ab, Last- und Einspeiseflexibilitäten von Elektrofahrzeugen in Parkräumen für die Unterstützung der Stromnetze zu nutzen. Es konzentriert sich auf die Entwicklung eines Konzepts, um diese Flexibilitäten marktbasieren bereitzustellen. Durch die Zusammenführung von Fahrzeug-Flexibilitäten in größeren, zentralen Parkräumen wie Parkhäusern und Parkplätzen soll eine effiziente Integration in Marktprozesse und Systemführung ermöglicht werden. Mehr Informationen unter: www.park4flex.de

Einführung und Hintergrund

Mobilität mittels PKW erfährt derzeit einen existenziellen Wandel: Vom Verbrennungsmotor hin zum elektrischen Antrieb. Viele Detailfragen der Elektromobilität gilt es indes zu klären und bis die E-Mobilität die klassischen Verbrenner im Massenmarkt abgelöst hat, ist noch viel zu tun. Die flächendeckende Umsetzung der Ladeinfrastruktur ist ein Beispiel – die Akzeptanz der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer eine andere. Die vorliegende Untersuchung analysiert Akzeptanzfaktoren beim „netzdienlichen“ Laden (Definition siehe Kapitel 2.2) von Elektroautos mittels einer repräsentativen Untersuchung.

Die Notwendigkeit zur Dekarbonisierung des Mobilitätssektors ist drängend: Die Verbrennung fossiler Brennstoffe in Pkw macht einen Anteil von derzeit rund 20 % der deutschen Treibhausgasemissionen aus. Während andere Sektoren ihre Emissionen deutlich reduzierten, verharren jene des Verkehrssektors seit den 1990er-Jahren auf nahezu konstantem Niveau.¹ Innerhalb der EU nahm der CO₂-Ausstoß des Verkehrs in den letzten drei Jahrzehnten sogar zu.² Deutschland kommt dabei in vielerlei Hinsicht eine tragende Rolle zu: Als wirtschaftsstärkstes Land der EU mit dem höchsten BIP und der größten Bevölkerungszahl verzeichnet Deutschland einen großen Anteil Beschäftigter in der Automobilwirtschaft. Das Ziel eines dekarbonisierten Individualverkehrs im Jahr 2045 erfordert große Anstrengungen, sowohl aufseiten der Automobilwirtschaft als auch der Energieversorgung. Mittlerweile zeigt der Anteil der E-Mobilität im Individualverkehr einen Hochlauf. So wurden bereits mehr als 1,3 Millionen batterieelektrische Fahrzeuge in Deutschland zugelassen, allein 2023 gab es mehr als eine halbe Millionen Neuzulassungen.³

Während die Dekarbonisierung des Individualverkehrs gerade Fahrt aufnimmt, ist die Dekarbonisierung der Erzeugung elektrischen Stroms schon deutlich weiter vorangeschritten. So zeigt der Trend der Energieerzeugung einen deutlich steigenden Anteil erneuerbarer Energien. Zuletzt deckten sie 52 % des Bruttostromverbrauchs in Deutschland.⁴ Damit steigen auch die Anforderungen an die Energienetze deutlich.

¹ Umweltbundesamt (UBA, 2023): Emissionen des Verkehrs. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#verkehr-belastet-luft-und-klima-minderungsziele-der-bundesregierung>

² Europäisches Parlament (2019/2023): CO₂-Emissionen von Pkw: Zahlen und Fakten (Infografik). Online: <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20190313STO31218/co2-emissionen-von-pkw-zahlen-und-fakten-infografik>

³ Statista 2024: Anzahl der Neuzulassungen von Elektroautos in Deutschland von 2003 bis Januar 2024. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244000/umfrage/neuzulassungen-von-elektroautos-in-deutschland/>

⁴ Bund für Wasser und Energiewirtschaft (BDEW, 2023): Erneuerbare Energien deckten 2023 erstmals mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs. Online: <https://www.bdew.de/presse/erneuerbare-energien-deckten-2023-erstmals-mehr-als-die-haelfte-des-stromverbrauchs/>

Einerseits speisen diese dezentralen Anlagen zumeist auf Verteilnetzebene ein, welche nicht für die Aufnahme dieser Energiemengen ausgelegt ist. Zum anderen müssen die Schwankungen der sehr volatil einspeisenden Erzeugungsanlagen (zumeist Windkraft und Photovoltaik) ausgeglichen werden. Die Frequenz der Stromnetze muss bei exakt 50 Hz gehalten werden, um das Funktionieren einer Vielzahl von Erzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen sicherzustellen. Neben dieser „systemischen“ Sicht der Stromnetze gibt es auch die Komponente der lokalen Verteilnetze: Selbst wenn Stromerzeugung und -verbrauch aus Sicht des Gesamtsystems ausgeglichen sind, können sich lokale Netzengpässe, bedingt durch die höheren Einspeisungen dezentraler Erzeugungsanlagen oder hohen Verbrauch, z. B. von Wärmepumpen und Wallboxen, ergeben.

Mit der Elektrifizierung der Automobilität verlagert sich deren Energieversorgung vom Benzin- oder Dieseltank in den aus den Stromnetzen gespeisten Akku. Die Gesamtenergiemenge, die durch eine elektrifizierte Individualmobilität zu bewältigen ist, liegt in der Größenordnung von rund 100 TWh⁵ pro Jahr und hat damit eine für das Energiesystem beherrschbare Größenordnung. Die lokalen Anforderungen an die Energienetze können diese jedoch vor große Herausforderungen bezüglich der Ladeleistung bei großer Gleichzeitigkeit stellen. Die Ladung der Fahrzeuge so zu steuern, dass weder Komfort- noch Reichweiteneinbußen für die Nutzerinnen und Nutzer entstehen, ist ein Aspekt. Gleichzeitig soll dabei die Netzbelastung so geregelt werden, dass Netzengpässe sowohl auf lokaler als auch auf systemischer Ebene vermieden werden und damit Ausbaubedarfe minimiert werden können.

Aus der Technik der E-Mobile erwächst hierfür eine Lösungsmöglichkeit: Die Traktionsbatterien der Fahrzeuge bieten große Speicherkapazitäten für Energie. Gleichzeitig haben sie dabei – im Verhältnis zu anderen Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung - hohe Ladeleistungen. Dies bietet die Möglichkeiten, die Geschwindigkeit der Ladevorgänge zu steuern oder sogar Rückspeisungen in die Netze (sogenanntes bidirektionales Laden) vorzunehmen. Diese sogenannten Flexibilisierungsoptionen können genutzt werden, um die Volatilität der erneuerbaren Energieerzeugung auszugleichen. Die Möglichkeiten leistungsgesteuerten und bidirektionalen Ladens haben jedoch einige Hindernisse zu überwinden: Technisch, rechtlich und aufseiten der Akzeptanz durch die Nutzenden. Während die technischen Hürden beherrschbar und im Entwicklungsprozess befindlich sind, müssen die Gesetzgebungsorgane die rechtlichen Rahmenbedingungen förderlich anpassen. Auf diese zwei genannten Aspekte soll im Folgenden jedoch nicht näher eingegangen werden. Stattdessen fokussiert sich diese Studie auf die Akzeptanz dieser Lademöglichkeiten durch die Nutzerinnen und Nutzer.

⁵ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU, 2018): Kurzinformation Elektromobilität bzgl. Strom- und Ressourcenbedarf. Online: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_strom_ressourcen_bf.pdf

Akzeptanz ist eine zentrale Voraussetzung dafür, dass die netzdienlichen Lademöglichkeiten später von den Kundinnen und Kunden auch gebilligt oder sogar aktiv gesucht und genutzt werden. Nicht zuletzt aufgrund medial thematisierter Negativszenarien und stark emotional aufgeladener Themen wie „Blackout“ oder „Reichweitenangst“ in Verbindung mit der Automobilität in Deutschland ist die Frage nach einer ausreichenden Akzeptanz der Nutzerinnen und Nutzer essenziell. Schließlich soll die Verkehrswende nicht aufgrund einer mangelhaften Informationsbasis oder ablehnenden Haltung ausgebremst werden.

Dazu wird im Folgenden dargestellt, welche Erkenntnisse bislang zur Akzeptanz von netzdienlichem Laden vorliegen und welche Aspekte für die vorliegende Untersuchung relevant sind (Kapitel 2). Darauf folgt die Operationalisierung mit einer Beschreibung der Erhebungsmethodik (Kapitel 3). In Kapitel 4 werden die Ergebnisse deskriptiv dargestellt. Kapitel 5 schließt die Untersuchung mit einer Diskussion und Einordnung der Ergebnisse.

Stand der Forschung und Definitionen

Kurzüberblick über den Forschungsstand

Das netzdienliche Laden von E-Fahrzeugen erfährt erst in jüngster Zeit vermehrt Aufmerksamkeit – ein Umstand, der sich aus den politischen Entwicklungen und der Notwendigkeit, die Dekarbonisierungsmaßnahmen noch schneller durchzuführen, ergibt. Entsprechend existieren wenige Studien, die sich explizit mit der Akzeptanz netzdienlichen Ladens befassen und dieses aus der Kundenperspektive beleuchten. Im Folgenden wird ausschließlich auf jene Untersuchungen eingegangen, welche individuelle Mobilität und netzdienliches Laden aus Nutzersicht mit entsprechenden Befragungen fokussieren. Die Bereiche Nutzfahrzeuge und öffentliche Verkehrsmittel werden nicht weiter betrachtet.

Der Großteil der Studien, die sich mit der Wahrnehmung von E-Mobilität befassen, fokussiert sich auf die allgemeine Akzeptanz der E-Fahrzeuge. Die Arbeiten des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI)⁶ brachten eine Reihe von Studien hervor, die sich mit der Akzeptanz von E-Mobilen beschäftigen und verschiedenste Aspekte berücksichtigen, z. B. die Auswirkung der Medienpräsenz auf die Akzeptanz von Antriebsarten⁷ oder die persönliche Bindung an Automobile.⁸ Eine aktuelle Kurzzusammenfassung zeigt die Relevanz ausreichender Akzeptanz der E-Mobilität und damit verbundene Aspekte wie Informationsgrundlage, Ladepräferenzen etc. auf.⁹ Hervorzuheben ist weiterhin die dena-Mobilitätsumfrage, welche in der aktuellen Auflage (2023) die Erkenntnisse einer umfangreichen Reihe durchgeführter Einzelbefragungen und Studien zur E-Mobilität und anderen Antriebsformen zusammenfasst und mittels einer repräsentativen Erhebung überprüft. Sie umfasst vornehmlich Themen wie allgemeine Akzeptanz, Wissensstand und damit verwobene Einschätzungen wie Reichweite, Umweltfreundlichkeit und Kaufabsichten.¹⁰

⁶ Themenseite des Fraunhofer ISI: <https://www.isi.fraunhofer.de/de/themen/elektromobilitaet/akteure-akzeptanz.html>

⁷ Scherrer, Aline (2023): How media coverage of technologies affects public opinion: Evidence from alternative fuel vehicles in Germany. In: Environmental Innovation and Societal Transitions Volume 47, June 2023, 100727. Online: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100727>

⁸ Gauer, Viviane H. / Axsen, Jonn / Dütschke, Elisabeth / Long, Zoe / Kelber, Aline (2023): Who is more attached to their car? Comparing automobility engagement and response to shared, automated and electric mobility in Canada and Germany. In: Energy Research & Social Science Volume 99, May 2023, 103048. Online: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103048>

⁹ Burghard, Uta (2023): Gesellschaftliche Akzeptanz von Elektrofahrzeugen - wo hakt es noch? Elektromobilitäts-Konferenz 2023 des BMDV, 21.3.2023. Online: https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2023/03/EM-KON23_Gesellschaftliche-Akzeptanz-von-Elektrofahrzeugen-%E2%80%93-wo-hakt-es-noch_Burghard-Fraunhofer-ISI.pdf

¹⁰ Deutsche Energie-Agentur (dena) (2023) (Hrsg.): „dena-Mobilitätsumfrage: Alternative Antriebe, Akzeptanz verkehrspolitischer Maßnahmen und Mobilitätsverhalten – eine repräsentative Befragung der Deutschen“. Online: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/Umfrage_Alternative_Antriebe__Akzeptanz_verkehrspolitischer_Massnahmen_und_Mobilitaetsverhalten.pdf

Da die Mobilitätsstudie bereits seit 11 Jahren durchgeführt wird, lassen sich viele Aspekte wie z. B. die Kaufpräferenz auch im Längsschnitt betrachten. So kann die Entwicklung der Akzeptanz der verschiedenen Antriebsarten sichtbar gemacht werden. In der aktuellen Studie findet sich z. B. das Ergebnis, dass „unzureichende Lademöglichkeiten“ (77 %) und die „Sorge um zu geringe Reichweite“ (76 %) die wichtigsten Ablehnungsgründe für Elektroautos sind, netzdienliches Laden wird nicht erfasst. Auf europäischer Ebene stellen die mehrfach jährlich durchgeführten „Eurobarometer“ die umfangreichsten für alle EU-Mitgliedsstaaten repräsentativen Studien zu gesellschaftlichen und politischen Themen dar. Im Rahmen der Eurobarometer-Umfragen verwies 2023 eine deutliche Mehrheit der befragten Bürgerinnen und Bürger darauf, dass die nationalen Regierungen (86 %) oder die EU (85 %) die Bürgerschaft ermuntern sollten, Maßnahmen gegen den Klimawandel zu ergreifen, so z. B. ein elektrisches Auto zu kaufen.¹¹ Umfragen zu netzdienlichem Laden wurden seitens des Eurobarometers nicht durchgeführt.

Industriegetriebene repräsentative Studien fokussieren Akzeptanzfragen rund um die Mobilität vornehmlich mit dem Fokus auf verkaufsrelevante Faktoren. Dies beinhaltet sowohl die generelle Präferenz von Antriebsarten, Nutzerfreundlichkeit, aber auch die Wirtschaftlichkeit, meist bezogen auf den Fahrzeugerwerb oder den Unterhalt. Beispielhaft hierfür ist die Mobilitätsstudie von Continental zu nennen, die 2022 zu dem Ergebnis kam, dass nur 30 % der Deutschen sich über die Unterhaltskosten von E-Mobilität ausreichend informiert fühlen.¹²

Augenscheinlich wurde eine Vielzahl von Studien zum Thema E-Mobilität durchgeführt, welche teilweise auch auf repräsentativer Erhebungsmethodik beruhten. Wie oben aufgezeigt, liegt der Fokus in der Regel auf der Akzeptanz der Antriebsarten, ihrem Verständnis sowie emotional besetzten Aspekten (wie z. B. der Reichweitenangst). Netzdienliches Laden ist nicht zuletzt aufgrund der Aktualität der Entwicklungen ein noch wenig beleuchtetes Thema, dem sich die folgenden Studien explizit widmen.

In einer niederländischen Studie wurde 2021 umfänglich untersucht, welche Forschungen bislang zur Kundenakzeptanz von Vehicle-to-Grid-Einsatz durchgeführt wurden. Darauf aufbauend wurde ein elaboriertes Modell der Akzeptanz auf Basis der Theorie geplanten Verhaltens (Theory of planned behaviour (TPB)) konstruiert, das in der Folge in 20 strukturierten Leitfadeninterviews untersucht wurde. Die Ergebnisse beinhalten insbesondere die Relevanz einer finanziellen Kompensation sowie die Angst vor der Abnutzung der Batterie durch die Nutzung der begrenzten Anzahl von Vollladezyklen.¹³

¹¹ Europäische Kommission (2023): Eurobarometer 295.4. Online: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2954>

¹² Continental (2022): Mobilitätsstudie 2022. Online: <https://www.continental.com/de/presse/initiativen-umfragen/continental-mobilitaetsstudien/mobilitaetsstudie-2022/>

¹³ van Heuvel, Koen / Ghotge, Rishabh / Annema, Jan Anne / van Bergen, Esther / van Wee, Bert / Pesch, Udo (2021): Factors influencing consumer acceptance of vehicle-to-grid by electric vehicle drivers in the Netherlands. In: Travel Behaviour and Society. Vol 24., July 2021, pp.34-45. Online: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.12.008>

Im Rahmen des Projekts „Netzdienliches und kundenorientiertes Laden im Bestand“ (NuKLiB) wurden in einem zweistufigen Befragungsdesign zuerst rund 140 Personen, die ein E-Auto fahren, befragt. Im zweiten Schritt wurden 135 E-Auto-Fahrer und -Fahrerinnen befragt, die dann um weitere 200 Personen, welche kein E-Fahrzeug nutzen (alle aus dem DACH-Raum) ergänzt wurden. Diese wurden im Hinblick auf ein Pain-/Gain-Verhältnis auf Basis verschiedener Use Cases (u. a. netzdienlichen Ladens) befragt. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass finanzielle Anreize bei der Nutzung netzdienlichen Ladens zukünftig eine größere Rolle spielen werden.¹⁴ Eine aktuelle und reichweitenstarke Studie zum bidirektionalen Laden wurde von der Münchener Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE e. V.) für den Allgemeinen Deutschen Automobil-Club e. V. (ADAC e. V.) durchgeführt. Sie adressiert speziell die Use Cases bidirektionalen Ladens aus Kundensicht. Dabei werden verschiedene Szenarien wie Vehicle-2-Home, Vehicle-2-Load und Vehicle-2-Grid aufgezeigt und auf Basis der Möglichkeiten für Kundinnen und Kunden diskutiert.^{15,16} Im Gegensatz zur vorliegenden Studie ist die umfangreiche Forschungsarbeit jedoch auf eine Diskussion der Konzepte und Möglichkeiten ausgelegt und nicht für eine repräsentative Untersuchung der Akzeptanz.

SmartGridsBW führte im Rahmen des Themenschwerpunkts E-Mobilität und des Projekts Park4Flex bereits mehrere qualitative Studien zum Thema E-Mobilität durch. Bei der letzten Untersuchung lag der Fokus auf einer ersten qualitativen Beleuchtung des Themenkomplexes Bekanntheit und Akzeptanz von netzdienlichem Laden, die Erkenntnisse daraus fungieren unmittelbar als Quelle für die Themenstellung dieser Untersuchung (siehe Kapitel 2.2 und 3.1).¹⁷

Der Tenor des Forschungsstandes zeigt auf, dass bislang keine Studie durchgeführt wurde, welche die Akzeptanz netzdienlichen Ladens mittels einer repräsentativen Befragung in Deutschland erhebt. Dies wird nun durch die vorliegende Untersuchung ergänzt.

¹⁴ Li, Ted / Sprenger, Axel / Brenner, Thomas (2022): Netzdienliches und kundenorientiertes Laden im Bestand (NuKLiB). Online: <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10417-NuKLiB.pdf>

¹⁵ Zahler, Jakob / Vollmuth, Patrick / Stedem, Philipp / Kern, Timo (2023): Zwischenbericht zur Studie „bidirektionales Laden – Anwendungsfälle aus Nutzersicht“ im Auftrag des ADAC online. Online: <https://www.ffe.de/news/zwischenbericht-zur-studie-bidirektionales-laden-anwendungsfaelle-aus-nutzersicht-im-auftrag-des-adac-online/>

¹⁶ Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e. V. (ADAC) (2023): Bidirektionales Laden – Anwendungsfälle aus Nutzersicht. ADAC Studie zur Mobilität – Zwischenbericht. Online: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/bidirektionales-laden/>

¹⁷ Schneider, Christian (2023): Neue Erkenntnisse aus Park4Flex: Bürgerstimmen zur E-Mobilität und Netzflexibilität. Online: <https://smartgrids-bw.net/publikationen/neue-erkenntnisse-aus-park4flex-projekt-buergerstimmen-zur-e-mobilitaet-und-netzflexibilitaet/>

Untersuchungsgegenstand und Begriffsdefinitionen

Die Annäherung an den abstrakten Untersuchungsgegenstand (Akzeptanz netzdienlichen Ladens von E-Fahrzeugen) ist bei einer repräsentativen Befragung mit einigen Hürden verbunden. Das vorliegende Kapitel widmet sich der inhaltlichen Klärung und Definition des Betrachtungsgegenstands, in Kapitel 3.1 wird die Erhebungsmethodik zur Sicherstellung der Repräsentativität im Detail erklärt.

Zunächst gilt es den primären Betrachtungsgegenstand, die Elektrofahrzeuge, trennscharf abzugrenzen. Bei der Betrachtung des Forschungsstandes (Kapitel 2.1) zeigte sich, dass die Begriffe nicht immer einheitlich genutzt werden, ebenso ist häufig keine trennscharfe Nutzung der Bezeichnungen sichtbar. So sind Fahrzeuge, die z. B. mittels Brennstoffzelle betrieben werden, aufgrund ihres Antriebsmotors als elektrisch zu bezeichnen, der primäre Energieträger ist jedoch Wasserstoff. Plug-In-Hybride werden in Erhebungen teilweise den Verbrennern und teilweise den E-Fahrzeugen zugeschlagen.

Um für die vorliegende Studie eine eindeutige Definition zu schaffen, wird die Untersuchung im gesamten Papier ausschließlich auf batterieelektrische Fahrzeuge (Battery Electric Vehicle (BEV)) bezogen. Dies ist in der Umfrage mit einer Unschärfe verbunden: So besitzen Plug-In-Hybride und Brennstoffzellenfahrzeuge teilweise auch die Möglichkeit, den (im Vergleich kleineren) Akku am Netz zu laden. Zumindest leistungsgesteuertes Laden ist somit möglich. Da dies jedoch den geringeren Teil der Fahrzeuge darstellt, fokussiert die vorliegende Untersuchung ausschließlich BEV.

Der Terminus „netzdienliches Laden“ beinhaltet mehrere komplexe, ineinandergreifende technische Vorgänge. Während das Laden einer Fahrzeugbatterie aufgrund des Alltagsverständnisses für die Befragung begrifflich unproblematisch ist, stellt das Verständnis des Begriffs „Netzdienlichkeit“ eine größere Hürde dar. In der vorliegenden Studie wird netzdienliches Laden als Oberbegriff für leistungsgesteuertes unidirektionales Laden sowie bidirektionales Laden genutzt, ungeachtet dessen, ob damit Netz- oder Systemdienstleistungen erbracht werden. So kann das Wissen über die Funktionsweise des Energiesystems bei den Befragten genauso wenig vorausgesetzt werden wie ein Kenntnis der technischen und physikalischen Vorgänge bei der Interaktion zwischen Stromnetzen und Fahrzeug. Für welche Form von Netz- oder Systemdienstleistung die Ladesteuerung erfolgt, ist für die Akzeptanz (besonders, da kein Verständnis bei Endnutzenden vorausgesetzt werden kann) nicht von unmittelbarer Relevanz und wird deswegen hier und in der Befragung nicht weiter differenziert.

Die Netzdienlichkeit wird hier ausschließlich im Kontext von Vehicle-to-Grid-Szenarien betrachtet. Vehicle-2-Home wird aufgrund der Aufgabenstellung und der damit grundsätzlich anderen Bewertungsargumente für die Nutzerinnen und Nutzer nicht betrachtet. Zwar können einige Vehicle-2-Home-Szenarien auch netzdienlich sein, um den Fokus der Studie bei den Energienetzen zu belassen, wird dies jedoch nicht explizit aufgegriffen.

Der Akzeptanz-Begriff wird in vorliegender Untersuchung in Anlehnung an die Studie von van Heuveln et al. im Sinne einer „Consumer Acceptance“ nach Huijts et al. konzeptualisiert:^{18,19} Akzeptanz wird hier als eine positive Bewertung der Eigenschaften von Produkten (E-Fahrzeugen) oder Dienstleistungen (Ladevorgängen) mit im weiteren Sinne Kauf- oder Nutzungsabsicht definiert. Dass die Akzeptanz auch gering oder nicht vorhanden sein kann, wird durch die wörtlich positive Definition nicht beeinträchtigt, Ablehnung steht damit diametral zur Akzeptanz.

In Kapitel 3.2 wird die Operationalisierung so vorgenommen, dass seitens der Befragten weder technisches Verständnis noch Wissen um tatsächliche Eigenschaften vorausgesetzt wird. Die Fragen werden folgendermaßen strukturiert: Zuerst wird jeweils eine subjektive Einschätzung der eigenen Kenntnis abgefragt (Abfrage, ob das jeweilige Konzept bekannt ist) (1). Anschließend werden die Bewertungen anhand der Konsequenzen für die Befragten abgefragt (langsamere Akkuladung, Entnahme geringer Energiemenge aus der Batterie) (2). Damit werden die subjektive Wissensbasis und die Bewertung als Indikatoren für die Akzeptanz berücksichtigt.

¹⁸ van Heuvel, Koen / Ghotge, Rishabh / Annema, Jan Anne / van Bergen, Esther / van Wee, Bert / Pesch, Udo (2021): Factors influencing consumer acceptance of vehicle-to-grid by electric vehicle drivers in the Netherlands. In: Travel Behaviour and Society. Vol 24., July 2021, pp.34-45. Online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214367X20302519>

¹⁹ Huijts, Nicole M. A. / Molin, Eric J. E. / Steg, Linda (2012): Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. In: January 2012Renewable and Sustainable Energy Reviews 16(1). Online: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018>

Methodik, Inhalte, Sampling

Untersuchungsdesign und Inhalte

Die vorliegende Untersuchung wurde als quantitative, statistisch-repräsentative Untersuchung konzeptioniert und durchgeführt. Die inhaltliche Basis für die Untersuchung bildeten die Ergebnisse aus der in Kapitel 2.2 benannten qualitativen Studie, welche SmartGridsBW zuvor im Rahmen des Projekts Park4Flex durchführte. Dazu wurde ein zweistufiges Mixed-Method-Forschungsdesign angelegt: Mittels der explorativen, qualitativen Untersuchung mit 12 Befragten Personen wurden die relevanten Fragen und Einstellungskonstellationen zur Themenstellung in der Tiefe erfasst.²⁰ Diese Ergebnisse dienen nun (in Verbindung mit der obligatorischen Sichtung des Forschungsstandes) als inhaltliche Basis für die hier vorgestellte quantitative Untersuchung. Diese bildet die konfirmatorische Komponente der verknüpften Methoden.

Die Inhalte der Befragung leiten sich unmittelbar aus der oben genannten qualitativen Untersuchung, in Verbindung mit dem Forschungsstand ab.

Inhalte der Untersuchung

Bekanntheit leistungsgesteuerten Ladens

Bekanntheit bidirektionalen Ladens

Bekanntheit leistungsgesteuerten netzdienlichen Ladens

Bewertung leistungsgesteuerten Ladens

Bewertung bidirektionalen Ladens

Bewertung möglicher Batterieabnutzung

Tabelle 1: Inhalte der Untersuchung. Quelle: SmartGridsBW, 2024.

Wie in Tabelle 1 sichtbar wird jeweils eine Abfrage der Kenntnis der Lademöglichkeit vorgenommen, denn wie Hellmuth und Jakobs formulieren: „Informiertheit gilt als wesentliche Voraussetzung für fundierte Meinungsbildung“.²¹ Weiterhin werden jeweils Bewertungen für leistungsgesteuertes Laden wie auch bidirektionales Laden abgefragt.

²⁰ Smart Grids-Plattform Baden-Württemberg (SmartGridsBW, 2023): E-Mobilität zur Hebung dezentraler Netzflexibilitäten: Ergebnisse einer qualitativen Befragung. Online: https://smartgrids-bw.net/public/uploads/2024/01/E-Mobilitaet_QualitativeBefragung_P4F_SGBW.pdf

²¹ Hellmuth, Nils & Jakobs, Eva-Maria (2020): Informiertheit und Datenschutz beim Smart Metering, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft, Jg. 44, Nr. 1, S. 15–29.

Zusätzlich wird beim bidirektionalen Laden die Bewertung einer möglichen Batterieabnutzung abgefragt; diese war in der genannten qualitativen Befragung das mit Abstand gewichtigste Negativargument. Die Einschränkungen der inhaltlichen Interpretierbarkeit der Antworten durch das Befragungsdesign werden im Ergebnis- und Diskussionskapitel dargestellt. Die Items wurden jeweils mit geeigneten Skalierungen (bei den Bewertungen: 5er-Likert-Skala) und stets mit einer Nichtbeantwortungs-Kategorie („Nonresponse“) ausgestattet, um die Abgabe von wahllosen Antworten trotz Meinungslosigkeit („Nonattitudes“) zu reduzieren.

Sampling und Repräsentativität

Stichprobenziehung und die anschließende Erhebung wurden von der forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH durchgeführt. Die Befragten entstammen dem forsa.Omninet-Panel. Dieses bietet im Vergleich zu anderen Befragendatenbanken keine Möglichkeit für einen aktiven Einstieg, sondern nur eine Aufnahme nach bereits erfolgter Ansprache im Rahmen einer vorgelagerten repräsentativen Erhebung mittels CATI-Untersuchung (Computer Assisted Telephone Interview). Die aufgenommenen Personen wurden dazu mittels mehrfacher Randomisierung rekrutiert: Zunächst wurde die Vorwahlschlüssel der Haushalte ermittelt, um innerhalb derer dann mittels Random-Digit-Dialing zufällig ausgewählte Telefonnummern anzurufen. Dieses Verfahren stellt sicher, dass nicht nur in Telefonbüchern gelistete Telefonnummern in die Auswahl gelangen, sondern alle potenziell existenten Festnetznummern (was auch VoIP einschließt). In den Haushalten wurde dann mittels der Last-Birthday-Methode eine zufällige Person aus dem Haushalt die 18 Jahre alt oder älter war, ermittelt. Die so rekrutierten Probandinnen und Probanden werden im forsa.Omninet-Panel zusammengefasst, aus diesem Panel wurde für die aktuelle Studie wiederum eine Stichprobe gezogen, deren Gewichtung in Bezug auf Alter, Geschlecht und Region (wo nötig) gewichtet wurde.

Dieser Sampling-Prozess generierte eine Stichprobe, deren statistische Rahmendaten mit jenen der Gesamtbevölkerung Deutschlands über 18 Jahren eine Passung zur Grundgesamtheit aufzeigen. Diese Sampling Methode mit der passiven Rekrutierung stellt sicher, dass eben nicht nur „professionelle Befragte“ wie bei Standard-Onlinepanels in die Stichprobe gelangen, sondern eben auch jene Personen, die sich nicht aktiv für das Thema oder die Teilnahme an Umfragen interessieren. Der Ausschluss von Personen, die über keinen Internetzugang verfügen ist als methodische Schwäche zu konstatieren, jedoch beträgt der Grad der Internetverfügbarkeit mittlerweile 95 % aller Haushalte. Die Feldphase der Befragung fand im Dezember 2023 statt. Insgesamt nahmen $n = 1004$ Personen teil. Die Sample-Größe führt in Bezug auf Repräsentationsschlüsse gegenüber der Grundgesamtheit zu einer Fehlertoleranz von ± 3 % Punkten bei den Häufigkeitsverteilungen. Mit einer größeren Stichprobe wäre keine für die Fragestellung relevante Steigerung der Genauigkeit möglich gewesen. Im Folgenden werden die Rahmendaten des Samples in Kürze vorgestellt.

Das Sample

Gesamtsample und regionale Verteilung

Das Sample besteht insgesamt aus $n=1004$ Personen, die sich folgendermaßen über das gesamte Bundesgebiet verteilen:

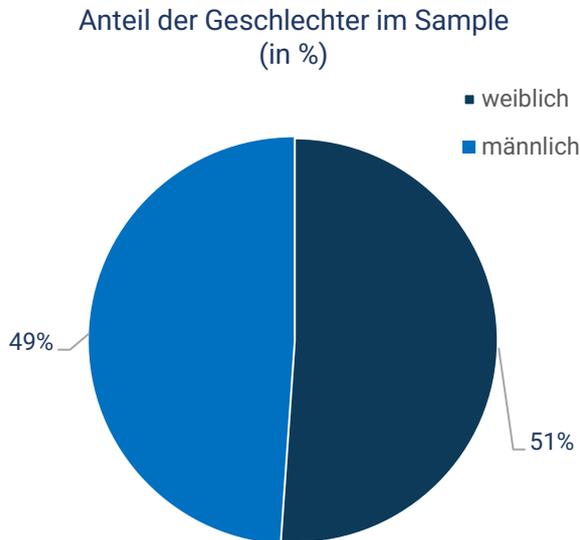
Bundesland	Anteil an der Bevölkerung Deutschlands	Anteil im Sample
Nordrhein-Westfalen	22 %	21 %
Bayern	16 %	16 %
Baden-Württemberg	13 %	13 %
Niedersachsen	10 %	10 %
Hessen	8 %	8 %
Rheinland-Pfalz	5 %	5 %
Sachsen	5 %	5 %
Berlin	4 %	4 %
Schleswig-Holstein	3 %	4 %
Brandenburg	3 %	3 %
Saarland	3 %	3 %
Thüringen	3 %	3 %
Hamburg	2 %	2 %
Mecklenburg-Vorpommern	2 %	2 %
Saarland	1 %	1 %
Bremen	1 %	1 %

Tabelle 2: Anteile der Personen im Sample nach Regionen. Quellen: SmartGridsBW 2024, BfB 2024.²²

Wie sichtbar ist, verteilt sich das Gesamtsample mit einer 1%igen Abweichung auf die Wohnbevölkerung Deutschlands, die Differenzen liegen damit weit im Rahmen der statistischen Fehlertoleranz, sodass von einer passenden regionalen Verteilung der Befragungspersonen ausgegangen werden kann. Dies ist relevant, um die verschiedenen Affinitäten der Regionen abzufragen und so eine räumliche Verzerrung aufgrund von „Klumpenbildung“ der Befragten (z. B. aus Gebieten mit der Ballung von Automobilwirtschaft oder struktureller Gegebenheiten wie z. B. spezifische ÖPNV-Anbindung) zu vermeiden.

²² Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BfB, 2024): Bevölkerung nach Bundesländern. Online: <https://www.demografie-portal.de/DE/Fakten/bevoelkerung-laender.html>

Geschlechterverteilung im Sample



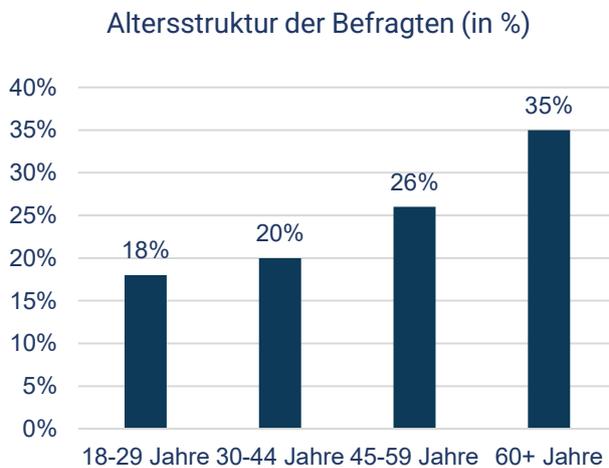
Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Abbildung 1: Geschlechterverteilung im Sample.

Die Befragung nach dem Geschlecht wurde von 51 % der Teilnehmenden mit „weiblich“ von 49 % mit „männlich“ beantwortet, was genau dem tatsächlichen Anteil der benannten Geschlechter in Deutschland (49 % männlich, 51 % weiblich) entspricht.²³

Die ebenfalls angebotene Wahlmöglichkeit „divers“ wurde von keiner hier befragten Person gewählt. Damit bildet das Sample die Verteilung der Geschlechter in Bezug auf die Abbildbarkeit der 84,7 Millionen Personen auf insgesamt 1004 befragte Personen sehr gut ab.

Altersstruktur im Sample



Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Abbildung 2: Altersstruktur im Sample.

Das mediane Alter der Befragten lag bei 51 Jahren. Das im Vergleich zur Gesamtbevölkerung Deutschlands höhere Durchschnittsalter (Median = 45 Jahre)²⁴ des Samples erklärt sich durch die Befragung von Personen die 18 Jahre oder älter sind. Wird berücksichtigt, dass damit aus dem Sample ca. 17 % der Bevölkerung fallen, die das Durchschnittsalter der Gesamtbevölkerung gegenüber dem Sample verringern, dann ist die Passung des Samples als sehr gut zu bezeichnen.²⁵

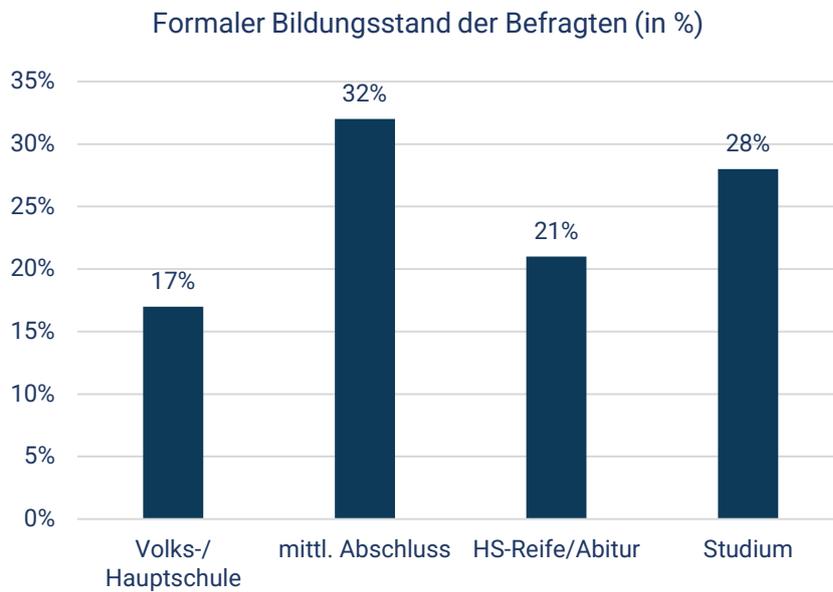
²³ Statistisches Bundesamt (DESTATIS, 2024): Bevölkerung nach Nationalität und Geschlecht. Online: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/deutsche-nichtdeutsche-bevoelkerung-nach-geschlecht-deutschland.html>

²⁴ European Union (EU, 2023): Half of EU's population older than 44.4 years in 2022. Online: <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-eurostat-news/-/ddn-20230222-1>

²⁵ Bund-Länder Demografieportal (2024): Altersstruktur der Bevölkerung. Online: <https://www.demografie-portal.de/DE/Fakten/bevoelkerung-altersstruktur.html>

Bildungsstand im Sample

Die Bildungsstruktur des Samples zeigt eine leichte Verschiebung hin zu höheren Bildungsabschlüssen.



Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Abbildung 3: Formaler Bildungsstand im Sample.

Dies ist allerdings kein Samplingfehler, sondern ein Messartefakt. Die Bildungserfassung kumuliert beispielsweise Fälle, die nach einem mittleren Bildungsabschluss und Berufserfahrung noch studierten und ordnet diese äquivalent der Kategorie Hochschule/Abitur zu, ebenso werden jene Fälle mit Hauptschulabschluss und äquivalenter Weiterbildung den mittleren Bildungsabschlüssen zugeordnet.

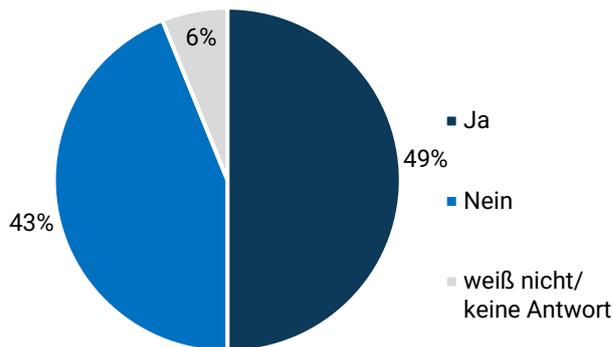
Ergebnisse

Leistungsgesteuertes Laden

Bekanntheitsgrad leistungsgesteuerten Ladens

Leistungsgesteuertes Laden kann aus Netzsicht sowohl netz- als auch systemdienlich eingesetzt werden. Von Seiten der Nutzenden ist eine wirtschaftliche Optimierung möglich. Durch die gezielte Setzung von Anreizung (z. B. variabler Energietarife) kann so eine Lastregulierung erreicht werden, um die Lastflüsse der E-Fahrzeugflotte während der Ladevorgänge zu optimieren. In der Befragung wird abgefragt ob bekannt ist, dass die Ladegeschwindigkeit von E-Fahrzeugen variiert werden kann. Dies wird von rund zwei Drittel bejaht (68 %), nur 26 % verneinten dies, und 6 % machten keine Angabe.

Ist Ihnen bekannt, dass die Ladegeschwindigkeit von E-Autos variiert werden kann, um die Belastung der Stromnetze zu senken? (in %)



Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Wird abgefragt, ob bekannt ist, dass die Ladegeschwindigkeit von E-Fahrzeugen reduziert werden kann, um die Stromnetze zu entlasten, dann geben noch 49 % der Befragten zu Protokoll, dies zu wissen (43 % Nein, 6 % ohne Angabe). Bei dieser Fragestellung zeigt sich ein ausgeprägter soziodemografischer Effekt, ein Unterschied im Antwortverhalten nach Geschlecht. Dieser wird später im Kapitel 4.3 genauer diskutiert.

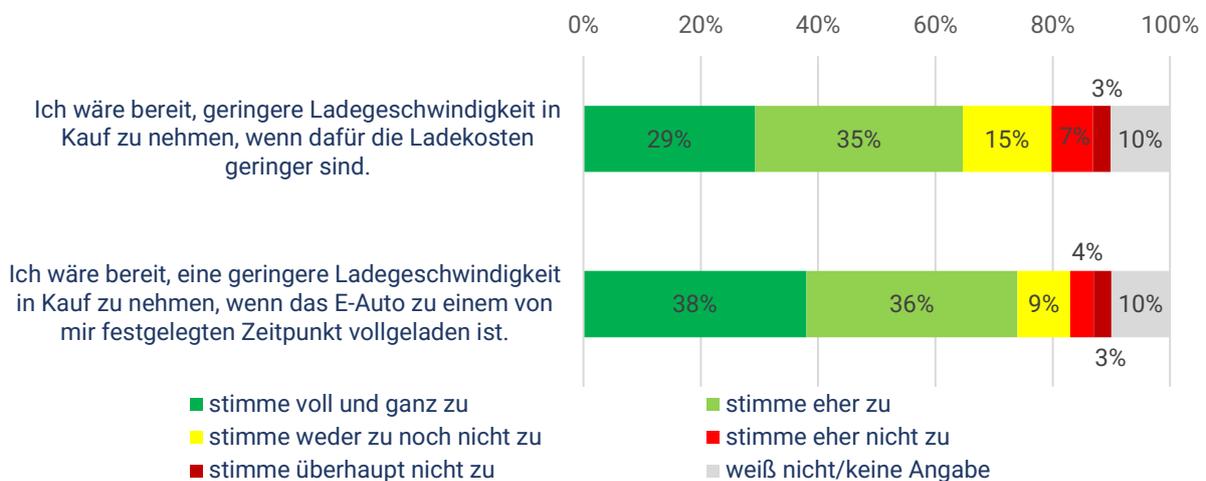
Abbildung 4: Bekanntheitsgrad variierbarer Ladegeschwindigkeit.

Bewertungen leistungsgesteuerten Ladens

Die folgenden Fragen zur Akzeptanz leistungsgesteuerten Ladens zeigen dass in Summe wenig Widerstand seitens der Nutzenden zu erwarten ist, sofern diese einen wirtschaftlichen Vorteil sehen und (deutlich wichtiger) die Kontrolloption vollständig bei den Nutzenden verbleibt. Die Bereitschaft, eine geringere Ladegeschwindigkeit für geringere Ladekosten zu akzeptieren, ist mit 64 % der positiven Bewertungen hoch (29 % stimmen voll zu, 35 % stimmen eher zu), die Ablehnung ist mit insgesamt 10 % als sehr gering zu bezeichnen. Dies legt nahe, dass Kosten ein signifikanter Faktor bei der Entscheidungsfindung sein können.

Eine noch höhere Bereitschaft (74 %), auch geringere Ladegeschwindigkeiten zu akzeptieren, ist sichtbar, wenn das Fahrzeug sicher zu einem von der Benutzerin oder dem Benutzer festgelegten Zeitpunkt vollgeladen ist. Nur 7 % lehnen dies ab. Dies zeigt die große Akzeptanz leistungsgesteuerten Ladens auf, wenn dafür die Kontrolle bei den Nutzenden verbleibt und aus ihrer Sicht die Zuverlässigkeit des Ladevorgangs gesichert ist. Dass die Kontrollwahrnehmung hier größer wiegt als rein wirtschaftliche Anreize, ist wenig überraschend. Werden Automobile doch als höchstpersönlicher Lebensbereich betrachtet,²⁶ die Abgabe der Kontrolle über die Ladung tangiert diesen entsprechend.

Aussagen zur Ladegeschwindigkeit (in %)



Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Abbildung 5: Bewertung verringerter Ladegeschwindigkeit.

Die Aussagen sind auch bei der Betrachtung individueller sozioökonomischer Variablen (wie Geschlecht, Alter, Bildung, Einkommen) stabil, die gemessenen Unterschiede sind nicht signifikant und liegen größtenteils sogar im Bereich der Messtoleranz der Erhebung (siehe Kapitel 3.1). Die Interpretation, die zur Aussage führt, dass die Kontrolle über den Beendigungszeitpunkt des Ladevorgangs die Bereitschaft zu einer Ladeleistungsreduzierung erhöht (74 %), gilt über alle soziodemografischen Unterschiede hinweg. Dies trifft in etwas geringerem Maße (64 %) auch für die Gewährung des wirtschaftlichen Vorteils geringerer Ladekosten zu. Die Aussage unterliegt natürlich der Einschränkung des Transfers dieser hypothetischen Aussage auf die Realität, da der dann wahrgenommene wirtschaftliche Vorteil durch Kostenreduktion sehr von der individuellen wirtschaftlichen Situation abhängig sein wird und somit unterschiedlich hohe Anreizwirkung besitzt.

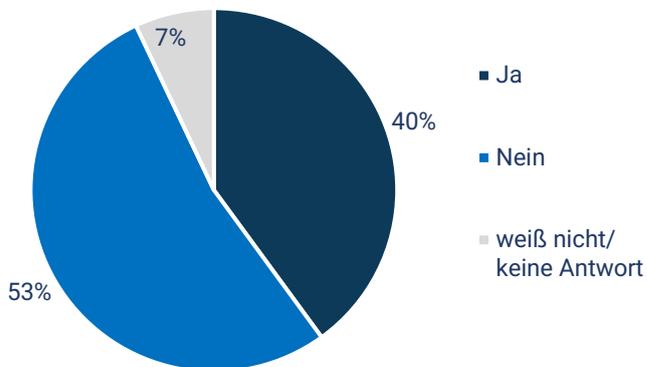
²⁶ Reek, Felix / Wagner, Thomas (2020): Neandertaler mit Tunnelblick. Online: <https://www.sueddeutsche.de/auto/verkehrspsychologie-neandertaler-mit-tunnelblick-1.4774943>

Bidirektionales Laden

Bekanntheitsgrad bidirektionalen Ladens

Bidirektionales Laden kann ebenso netz- und systemdienlich eingesetzt werden (siehe Kapitel 2.2). Vonseiten der Nutzenden ist beispielsweise eine wirtschaftliche Optimierung möglich, wenn die Fahrzeugbatterie zur Netzpufferung zur Verfügung gestellt wird. Durch bidirektionales Laden kann somit nicht nur eine Lastregulierung erreicht, sondern zusätzlich Einspeiseflexibilität in der Niederspannung verfügbar gemacht werden. Der Bekanntheitsgrad bidirektionalen Ladens ist unter den Befragten mit 40 % geringer als jener bezüglich leistungsgeregelten Ladens. Die Mehrheit kennt den Begriff nicht (53 %) oder gibt keine Antwort (7 %).

Ist Ihnen bekannt, dass manche E-Fahrzeuge Strom ins Netz zurückspeisen können (sog. 'bidirektionales Laden')? (in %)



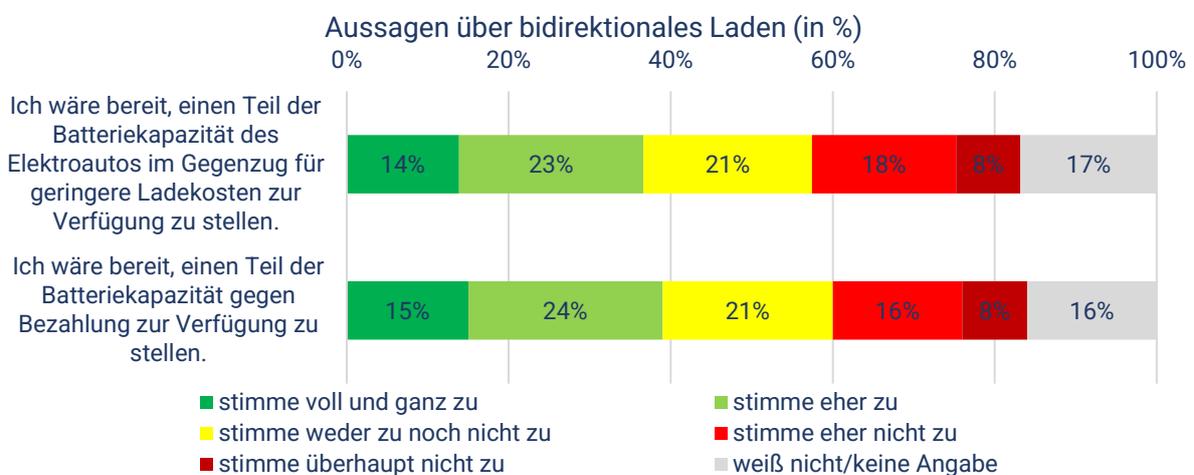
Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Abbildung 6: Bekanntheit bidirektionalen Ladens.

Das Antwortverhalten in Bezug auf soziodemografische Merkmale betrachtet, so zeigt sich eine deutliche Differenz beim Kenntnisstand zwischen den Geschlechtern, die in Kapitel 4.3 genauer betrachtet wird.

Bereitschaft zu bidirektionalem Laden gegen wirtschaftliche Anreize

Die Akzeptanz bidirektionalen Ladens ist deutlich geringer als die Akzeptanz leistungsgesteuerten Ladens (siehe Kapitel 4.1).



Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Abbildung 7: Bewertung variierbarer Ladegeschwindigkeiten.

So stimmen bei den beiden ähnlichen Fragen zur Akzeptanz der Bereitstellung von Akkukapazität gegen monetäre Anreize nur 37 % - 39 % zu, die Ablehnung ist mit 26 % bzw. 24 % deutlich höher. Die 16 % und 17 % der „keine Ahnung“-Angaben zeigen auf, dass bidirektionales Laden für die Befragten noch deutlich schwieriger einzuordnen und zu bewerten ist als leistungsge- steuertes Laden. Zugespißt lässt sich sagen, dass nur etwas mehr als ein Drittel der Befragten momentan die Bereitschaft zu bidirektionalem Laden besitzt. In Anbetracht dessen, dass die Bekanntheit selbst nur bei 40 % liegt, ist dies eine positive Nachricht. Schließlich erfolgt trotz geringer Kenntnis wenig Ablehnung mit großen Anteilen ambivalenter und verweigerter Ant- worten.

Bedenken zur Lebensdauer der Batterie

Einer der häufig thematisierten Verunsicherungsgründe für die Ablehnung von bidirektionalem Laden kann die „Abnutzung“ der Fahrzeugbatterie sein.

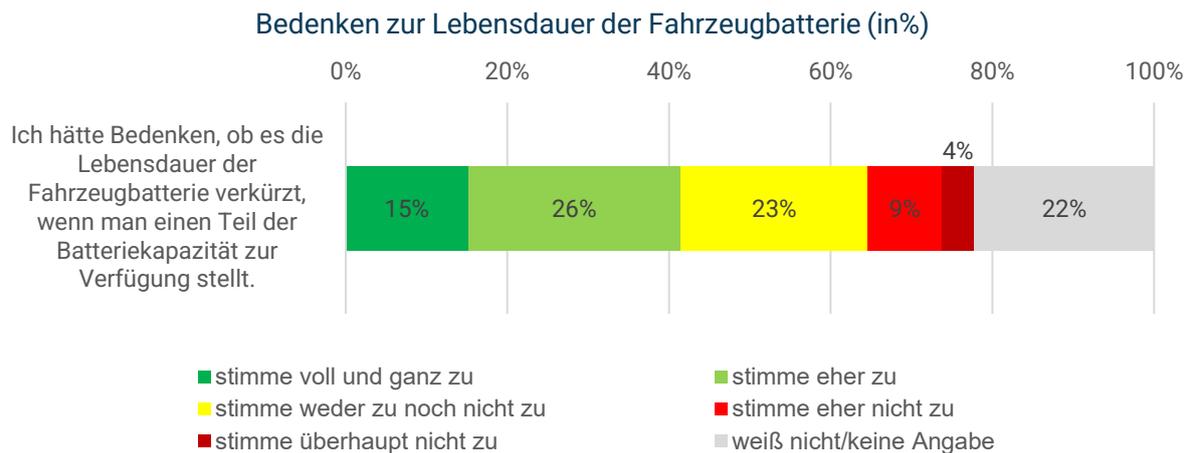


Abbildung 8: Bedenken in Bezug auf die Batteriebensdauer.

Die Zustimmung zu diesem Bedenken ist mit 41 % mehrheitlich vorhanden, jedoch nicht in dominantem Maße. Auch hier ist fast die Hälfte aller Antworten auf Nicht-Antworten (22 %) und ambivalente Antworten (23 %) zurückzuführen – ein eindeutiges Zeichen, dass die Befragten nicht genug Informationen für eine Meinungsbildung besitzen.

Soziodemografische Effekte auf den Kenntnisstand

Bei der Abfrage der Bekanntheit lastgesteuerten und bidirektionalen Ladens bei den Teilnehmenden zeigten sich soziodemografische Unterschiede bei den Antworten. Die Antworten der Geschlechter unterscheiden sich bei der Wissensabfrage deutlich, sowohl beim lastgesteuerten wie auch beim bidirektionalen Laden.



Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

Bei den Männern geben deutlich mehr Teilnehmende der Befragung an (67 % im Vergleich zu den Frauen mit 31 %), dass ihnen die Möglichkeit einer gesteuerten Ladegeschwindigkeit für netzdienlichen Einsatz bekannt ist. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist mit 99,9 % höchstsignifikant ($p < 0,001$; $\chi^2 = 109,8$).

Abbildung 9: Bekanntheit variabler Ladegeschwindigkeit, nach Geschlechtern differenziert.

Die Tendenz der Antworten bei der Frage der Bekanntheit bidirektionalen Ladens ist eindeutig, Männer (57 %) geben im Vergleich zu Frauen (25 %) deutlich häufiger an, das Prinzip bidirektionalen Ladens zu kennen, der Unterschied zwischen den Gruppen ist mit 99,9 % höchstsignifikant ($p < 0,001$; $\chi^2 = 115,6$). Mögliche Erklärungen für den Unterschied in der Beantwortung



Quelle: SmartGridsBW 2024. N = 1004

dieser Frage können zwei Effekte liefern: Der Gender Confidence Gap, wonach Männer sich mehr Kompetenz zutrauen als Frauen, und die soziokulturell verankerte Stereotypisierung, welche Männern häufiger die Beschäftigung mit technischen Themen nahelegt und sich z. B. in der Folge im Anteil der Geschlechter in technischen Berufen widerspiegelt. Die Feststellungen der Unterschiede stellen für sich genommen keine normativen Forderungen dar. Die sich daraus ergebenden Implikationen werden in der Diskussion im Folgekapitel nochmals aufgegriffen.

Abbildung 10: Bekanntheit bidirektionalen Ladens, nach Geschlechtern differenziert

Fazit

Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegende Studie führte eine Untersuchung zum Kenntnisstand und der Bewertung netzdienlichen Ladens von Elektroautos mittels einer repräsentativen Erhebung in der Bevölkerung durch.

Unter dem Oberbegriff netzdienlichen Ladens wurden (unidirektional) leistungsgesteuertes und bidirektionales Laden im Vehicle-to-Grid-Einsatz (V2G) zusammengefasst. Bisherige Untersuchungen der Bevölkerungssicht im Bereich E-Mobilität zeigen eine Fokussierung auf die Bewertung der E-Mobilität im Allgemeinen, Kaufanreize, Usability oder emotional aufgeladener Themen wie der Reichweitenangst. Eine repräsentative Befragung zur Akzeptanz netzdienlichen Ladens ist bislang nicht verfügbar.

Leitfragen der Untersuchung waren zum einen wie der Kenntnisstand bezüglich netzdienlichen Ladens ist und zum anderen welche Bewertungen dies im Hinblick auf die Akzeptanz entsprechender Anwendungsszenarien erfährt. Methodisch wurde die Untersuchung als quantitative Erhebung mit repräsentativer Stichprobenziehung konzipiert und durchgeführt (siehe Kapitel 3). Die Ergebnisse sind damit auf die erwachsene Wohnbevölkerung Deutschlands mit geringer Fehlertoleranz verallgemeinerbar ($\pm 3\%$), dies wird in Kapitel 5.2 zur Reichweite der Ergebnisse nochmals eingeordnet.

Die Ergebnisse zur Bekanntheit netzdienlichen Ladens (siehe Kapitel 4) zeigen sich wie folgt: Leistungsgesteuertes Laden wird von 49 % der Befragten als bekannt benannt, die Möglichkeit bidirektionalen Ladens immer noch von 40 %. Somit gibt zwar der kleinere Teil der Befragten an, diese zu kennen, jedoch sind dies vergleichsweise hohe Werte, wenn bedacht wird, wie neu und wie komplex netzdienliches Laden ist. Diese Angaben müssen also durch den Befragungsbias (insbesondere die durch die Befragten antizipierte soziale Erwünschtheit einer positiven Antwort), wie auch starke soziodemografische Unterschiede relativiert werden.

Während die sozioökonomischen Ressourcen (Bildung und Einkommen) keinen signifikanten Effekt haben, wirkt sich das Geschlecht sehr stark auf die Angaben aus. Männer geben zu 67 % an, leistungsgesteuertes Laden zu kennen, Frauen zu 31 %. Bei bidirektionalem Laden sind es 57 % (Männer) zu 25 % (Frauen). Wenn Befragungseffekte wie der Gender Confidence Gap berücksichtigt werden, dann verbleibt immer noch eine Differenz der Kenntnisstände zwischen den Geschlechtern, deren unterschiedliche Angaben durch gewachsene Rollensozialisierungen mit unterschiedlicher Technikaffinität erklärt werden können. Dies ist (ungeachtet normativer Gleichheitsgrundsätze) auch insofern problematisch, als dass Nutzen und Nutzungsmöglichkeiten der Verkehrswende eben für die gesamte Bevölkerung relevant sind.

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen weiterhin deutlich auf, dass netzdienliches Laden im Sinne leistungsgesteuerten und bidirektionalen Ladens, trotz der mäßigen Bekanntheit keine grundlegende Ablehnung erfährt (siehe Kapitel 4.1). Leistungsgesteuertes Laden wird von rund drei Viertel der Befragten positiv bewertet (74 %), sofern die Bedingung gegeben ist, dass die volle Kontrolle über den definierten Ladezeitpunkt bei den Benutzerinnen und Benutzern verbleibt. Diese Randbedingung sorgt auch für eine höhere Anzahl positiver Bewertungen als rein monetäre Anreize (64 %).

Bidirektionales Laden (siehe Kapitel 4.2) erfährt weniger positive Bewertungen (39 %), bei großen Anteilen ambivalenter und Nicht-Antworten (37 %). Dies lässt entsprechend zum Teil auch auf den geringen Bekanntheitsgrad und hohe Komplexitätsgerade zurückführen.

Die Untersuchung eines der häufigsten in der Literatur und aus der Logik heraus genannten Ablehnungsgründe, die mögliche Verkürzung der Lebensdauer der Fahrzeugbatterie wird von einem Teil der Befragten (41 %) als relevant bewertet und ist damit ein präsent, wenngleich kein absolutes Hindernis, vielmehr Antworten 45 % ambivalent oder nicht auf die Frage, was wiederum auf eine mangelhafte Informationslage hindeutet.

Reichweite der Studie und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Untersuchung wurde mit statistisch-repräsentativer Methodik angelegt und durchgeführt. Die Stichprobe zeigt bei Betrachtung soziodemografischer und struktureller Randbedingungen eine hohe Kongruenz zur Bevölkerung Deutschlands (siehe Kapitel 3.3). Das Sampling und die Durchführung der Erhebung erfolgten durch das renommierte Sozialforschungsinstitut forsa. Es kann von einer Repräsentativität der Ergebnisse für die Wohnbevölkerung Deutschlands (über 18 Jahre) mit einer sehr geringen Fehlertoleranz von $\pm 3\%$ ausgegangen werden (siehe auch Methodendiskussion in Kapitel 3.1).

Bei der inhaltlichen Interpretation der Befragung müssen mehrere Aspekte berücksichtigt werden: Alle Aussagen müssen stets im Kontext einer Befragung über recht komplexe Themen, welche für den größten Teil der Bevölkerung Zukunftsszenarien gesehen werden. So fahren die wenigsten Personen derzeit ein E-Fahrzeug; die Befragten greifen also nicht auf Erfahrungswerte für die Bewertung zurück, sondern nutzen ihre aktuelle Informationslage und gewachsene, intuitive Bewertungsmechanismen. Dies ist zwar eine Einschränkung für die semantische Interpretation der Aussagen, für die Verkehrswende dennoch eine valide Feststellung. Denn die zukünftigen Entscheidungen im Bereich der Mobilität werden, wenn die Informationsgrundlage nicht verbessert wird, primär auf Basis der internalisierten, intuitiven Bewertungsheuristiken getroffen.

Bezüglich der Abfrage des Kenntnisstands wurde der starke Unterschied beim Antwortverhalten von Männern und Frauen diskutiert. Der bekannte Gender Confidence Bias, der Männer in der Regel von größeren Kenntnissen berichten lässt als tatsächlich vorhanden, trägt sicherlich zu einer Verzerrung bei, jedoch ist es sehr unwahrscheinlich, dass dies den Informationsunterschied vollständig erklären könnte. Dass der Bias keine komplette Verzerrung bewirkt, zeigt sich bei der Betrachtung innerhalb des Antwortverhaltens in der Gruppe der Männer, hier zeigt sich ein differenziertes Bild mit der Nutzung aller Antwortmöglichkeiten. Somit ist zwar von einer Verzerrung auszugehen, diese äußert sich jedoch in einem beschränkten Maß; auf einen grundlegenden Informationsunterschied ist weiterhin zu schließen.

Beim Gegenstand der inhaltlichen Interpretation gilt weiterhin zu berücksichtigen, dass in dieser Untersuchung explizit nach Vehicle-to-Grid-Nutzung (V2G) gefragt wurde, nicht nach allen Szenarien lastgesteuerten oder bidirektionalen Ladens (siehe Kapitel 2). Sofern zum Beispiel Vehicle-to-Home-Szenarien (V2H) mit Eigenstromoptimierung skizziert würden, könnten sich die Zustimmungswerte auch anders gestalten. Bei dieser Option müsste jedoch berücksichtigt werden, dass der Anteil der Personen an der Bevölkerung Deutschlands, die über eine entsprechende Nutzungsmöglichkeit zu Hause verfügen können, begrenzt ist. So ist die energetische Gestaltung und Vehicle-to-Home-Nutzung für Mieterinnen deutlich schwieriger zu realisieren als beim Eigenheim, die Mietquote beträgt in Deutschland rund 58%.²⁷ Von den verbleibenden 42 % dürften jene in Mehrparteienobjekten (mit Eigentumswohnungen) ebenso deutlich schwieriger V2H-Szenarien realisieren können als Bewohnerinnen von Einzel- oder Doppelwohnhäusern. Eine Fokussierung auf Vehicle-to-Home wäre somit auch nur für einen Anteil der Bevölkerung relevant. Im Sinne der Energie- und Verkehrswende an sich und im Rahmen des Projekts Park4Flex ist das Vehicle-to-Grid-Szenario somit von größerer Relevanz.

Handlungsempfehlungen

Für Folgeuntersuchungen zeigen sich die hier zuvor besprochenen Themen die weiterer, inhaltlicher Beleuchtung bedürfen. Aus methodischer Sicht empfiehlt sich die erweiterte Analyse der Einflüsse von Soziodemografie, sozioökonomischer und weiterer verhaltensbeeinflussender Einflussfaktoren (z. B. Umwelteinstellungen, Einstellungen zum Autofahren) auf die hier dargestellten Variablen mittels multivariater Verfahren. Diese sind in der Lage die wechselseitigen Einflüsse der Randbedingungen zu berücksichtigen und können die in einer deskriptiven Untersuchung nur oberflächlich bestimmbareren Einflüsse deutlich genauer analysieren. Geeignete Verfahren wären je nach Zielstellung multivariate Regression oder Strukturgleichungsmodellierung, auch Mehrebenenmodelle z. B. mit Bundesländern als Aggregatebene sind denkbar.

²⁷ Statistisches Bundesamt (DESTATIS, 2024): Gesellschaft und Umwelt. Wohnen. Online: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/_inhalt.html

Dies würde dazu dienen Verständnis für die relevanten Einflussfaktoren der Akzeptanz netzdienlichen Ladens noch zu vergrößern.

Den Grad der Informiertheit der gesamten Bevölkerung zu steigern, um so eine fundierte Meinungsbildung zu ermöglichen und unberechtigte Ressentiments zu vermeiden, ist die Basis für fundierte Meinungs- und damit Akzeptanzbildung. Dies ist eine Herausforderung, welcher sich die Automobilwirtschaft, die Energiewende-Akteure sowie Politik und Verwaltung stellen müssen. Dass, wie diskutiert, in der Befragung weniger als die Hälfte und in der Realität noch ein geringerer Anteil der Bevölkerung die benannten Möglichkeiten netzdienlichen Ladens kennt, begründet die Notwendigkeit einer Verbesserung der Informationslage.

Der Unterschied bei der Nennung der Kenntnis durch die Geschlechter ist höchstsignifikant (99,9 %, $p < 0,001$) entsprechend muss auch dieser hinterfragt und strukturell ausgeräumt werden. Wenngleich eine Erklärung des Antwortverhaltens durch den Gender Confidence Gap und anhand soziokulturell gewachsener Rollenbilder (traditionell häufigere Beschäftigung mit Technik durch Männer) gegeben ist, muss das Phänomen für die Transformation der Mobilität dennoch kompensiert werden: Das Erfordernis der Energiewende, eine möglichst breite Beteiligung der Bevölkerung zu gewährleisten, sieht sich hier mit diesem strukturellen Unterschied konfrontiert. Dies beinhaltet sowohl die Konzepte netzdienlichen Ladens wie auch die unmittelbar für Nutzerinnen und Nutzer relevante Aspekte, z. B. Batterieabnutzung, wirtschaftliche Vorteile und auch den dadurch geleisteten individuellen Beitrag zur Unterstützung der Energiewende. Insbesondere Aspekte, die geeignet sind, emotional geladene Ressentiments (z. B. die Reichweitenangst) zu schüren oder eben auszuräumen sollten dabei adressiert werden.

Die Herausforderung dabei ist, nicht nur allgemein zu informieren, sondern die heterogenen Informationsbedarfe der Bevölkerung zu berücksichtigen. Dies beinhaltet beispielsweise die Berücksichtigung verschiedener Informationstiefen und die Nutzung verschiedener Informationsmedien. Dies dient auch dazu, strukturelle Phänomene zu kompensieren, die bislang den Informiertheitsgrad beeinflussen. Schließlich erlaubt nur eine differenzierte Informationsgrundlage eine fundierte Meinungsbildung der gesamten Gesellschaft und bildet dabei die Basis für die Akzeptanz der Mobilitätswende – und damit einer zentralen Komponente der Dekarbonisierung.