
E-Mobilität: Nutzerverhalten und infrastrukturelle Erfolgsfaktoren

Christoph Haag, Sebastian Schmitt, Jasmin Metze,
Victoria Wohlfeil, Tobias Halbuer, Marcel Kramp, Anneli Lux

Veröffentlichungsjahr: 2023

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Impressum

TH Köln
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln

Stand: 07/2023



Inhalt

Inhalt	I
I Einleitung	1
II Methodik	1
III Typisierung der Teilnehmenden	1
IV Studienergebnisse	3
1 Auswahl und Anfahrt des Ladepunktes	3
2 Verhalten am Ladepunkt	5
3 Verbesserung des Ladevorgangs	8
V Fazit	12
VI Literaturverzeichnis	13

I Einleitung

Die Bundesregierung hat sich das Ziel gesetzt, mindestens 15 Millionen vollelektrische PKW bis zum Jahr 2030 auf Deutschlands Straßen zu bringen. Zum aktuellen Zeitpunkt sind knapp 1 Millionen Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen (vgl. Bundesregierung 2022). Um das gesetzte Ziel erreichen zu können, muss eine jährliche Wachstumsrate von ca. 140% erreicht werden. Von entscheidender Bedeutung für die Marktentwicklung der Elektroautos ist dabei die Akzeptanz der Nutzer (vgl. Shabani-pour et al. 2017, S. 716). Die Nutzerakzeptanz wird durch mehrere Faktoren bestimmt. Neben den Anschaffungskosten, Wirkungsgraden und Reichweiten fällt vor allem der Komfort des Ladevorgangs als entscheidende Einflussgröße ins Gewicht (vgl. Weber 2020, S. 65). Während wie bisher ein Fahrzeug mit konventionellem Kraftstoff im Durchschnitt nur ein- bis zweimal im Monat betankt werden musste, ist ein wöchentlicher bis täglicher Ladevorgang eines Elektrofahrzeuges bei regelmäßiger Nutzung unvermeidlich (vgl. Gomoll 2019). Eine gut ausgebaute Ladeinfrastruktur ist somit von zentraler Bedeutung. Zudem ist die vergleichsweise lange Dauer des Ladevorgangs ein weiterer Faktor, der den Ladekomfort negativ beeinflusst und potenzielle Käufer eines Elektroautos letztlich vom Erwerb abhalten kann (vgl. Haustein und Jensen 2018, S. 25 f.). Die aktuell vorherrschende Vielfalt der Tarifmodelle und Bezahlssysteme, die zu einer Preisintransparenz an öffentlichen Ladestationen führt, kommt erschwerend hinzu. Mit dem Masterplan Ladeinfrastruktur II, der Ladesäulenverordnung (LSV) und der Preisangabenverordnung (PAngV) auf Ladestrom für Elektromobile hat die Bundesregierung mehrere gesetzliche Schritte eingeleitet, um den Ausbau der Ladeinfrastruktur voranzutreiben, technische Standards festzulegen und die Preistransparenz an Ladesäulen zu erhöhen. Für eine erfolgreiche Marktdurchdringung der E-Mobilität sind neben dem Ausbau der Ladeinfrastruktur nun technische Lösungen gefragt, die die Attraktivität des Ladevorgangs durch die Reduzierung der reinen Ladezeit erhöhen und den gesamten Prozess des Ladevorgangs positiv gestalten.

Im Rahmen dieser Arbeit soll aus unmittelbarer Sicht der Nutzer:innen mithilfe einer ersten Studie (Basisstudie) der derzeitige Stand der Ladeinfrastruktur und das aktuelle Nutzerverhalten sowie potenzielle Erfolgsfaktoren herausgearbeitet werden. Weiterhin werden anhand einer zweiten Studie (Folgestudie) verschiedene Lösungsvorschläge erprobt, die auf Basis der PAngV und der Ergebnisse der Basisstudie die Preistransparenz an öffentlichen Ladesäulen erhöhen soll.

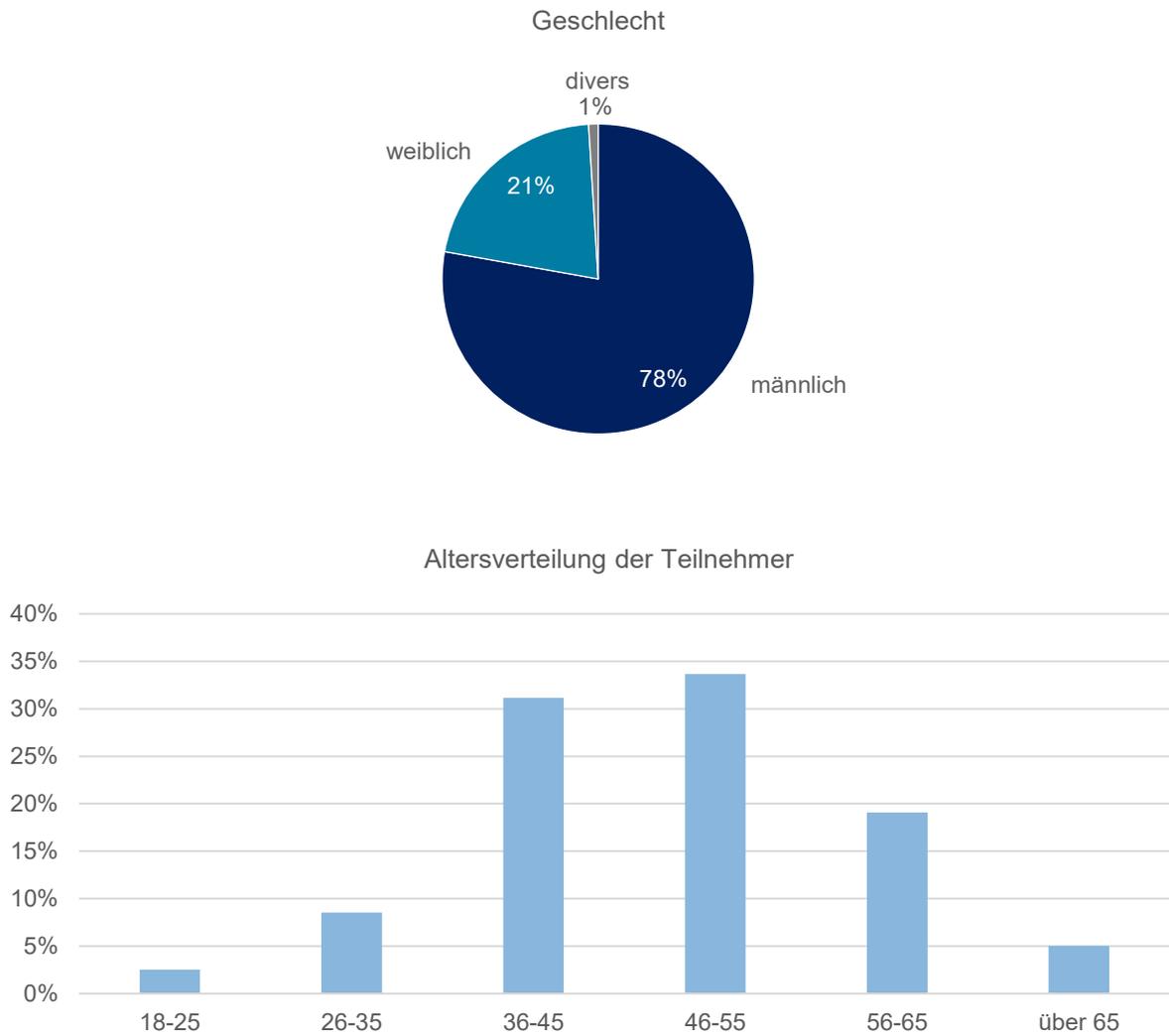
Die zweistufige Online-Studie wurde im Zuge des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten Transformationsnetzwerks „TrendAuto2030plus“ koordiniert und von Studierenden des Master-Kurses „Technologie und Innovationsmanagement“ an der TH Köln durchgeführt.

II Methodik

Die nachfolgenden Ergebnisse liegen der zweistufigen Online-Studie zugrunde, die zeitversetzt mithilfe von Online-Fragebogen durchgeführt wurde. In beiden Studien wurde über soziale Plattformen sowie insbesondere über die Website www.goingelectric.de Nutzer:innen von batteriebasierten Elektroautos befragt. In der Basisstudie gaben insgesamt 206 Nutzer:innen, zu ihren grundsätzlichen Erfahrungen und Verhaltensweisen in Bezug auf den Ladevorgang sowie zur Ladeinfrastruktur Auskunft. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden in einer Folgestudie insgesamt 35 Nutzer:innen zu ihren Verhaltensweisen an öffentlichen E-Ladesäulen sowie zu konkreten Lösungskonzepten, die den Ladevorgang an öffentlichen E-Ladesäulen verbessern sollen, befragt.

III Typisierung der Teilnehmenden

Abbildung 1 zeigt die Struktur der an der Basisstudie teilnehmenden Personen nach Geschlecht, Alter und Berufsstand. Auffällig ist, dass über 75% der Befragten männlich sind und sich etwa 65% in einem Alter zwischen 36 und 65 Jahren befinden. Der weit überwiegende Anteil der Personen ist in Vollzeit berufstätig oder selbstständig.



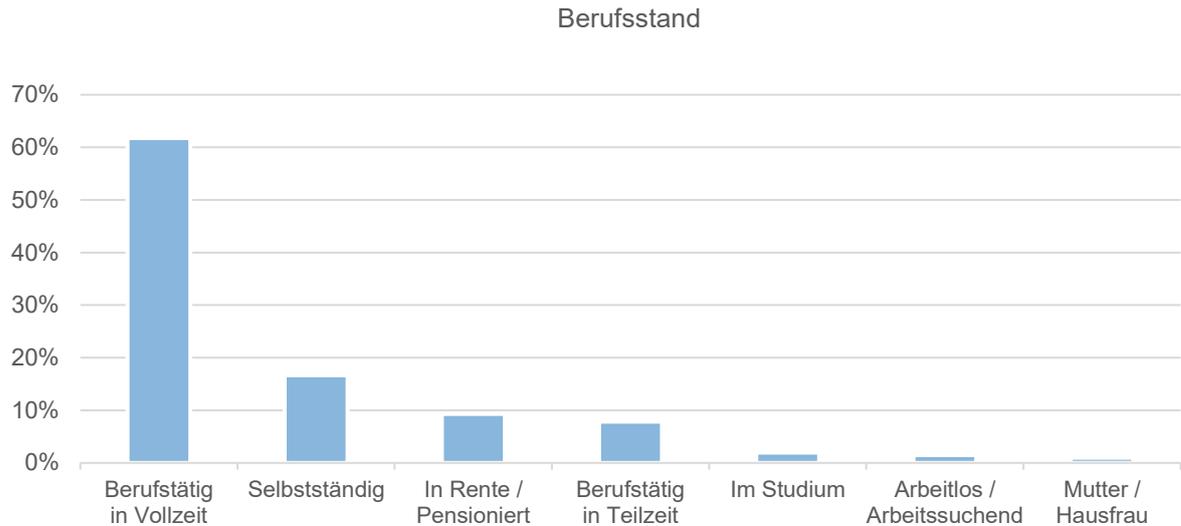


Abbildung 1: Verteilung der Teilnehmenden nach Geschlecht, Alter und Berufsstand (n=206)

IV Studienergebnisse

Nachfolgend werden die Studienergebnisse in Bezug auf das Ladeverhalten und die beim Ladevorgang gemachten Erfahrungen dargelegt sowie die Ergebnisse zur Verbesserung des Ladevorgangs an öffentlichen E-Ladesäulen vorgestellt. Dabei gliedern sich die Erkenntnisse in folgende Aspekte:

- Auswahl und Anfahrt des Ladepunktes
- Verhalten am Ladepunkt
- Bezahlvorgang am Ladepunkt
- Verbesserung des Ladevorgangs

1 Auswahl und Anfahrt des Ladepunktes

Bei der Wahl der Lademöglichkeit ist der private Stellplatz für die befragten Nutzer:innen die wichtigste Option, gefolgt von den Ladesäulen an Autobahnen und Raststätten (siehe Abbildung 2). Tankstellen (außerhalb von Autobahnen und Raststätten) sowie öffentliche Ladestationen spielen für die an der Studie teilnehmenden Nutzer:innen eine untergeordnete Rolle.



Abbildung 2: Standortwahl für den Ladevorgang (Anzahl der Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=206)

In Bezug auf die Entfernung zum nächstgelegenen Ladepunkte machen viele Nutzer:innen von E-Fahrzeugen bereits die Erfahrung einer dicht ausgebauten öffentlichen Infrastruktur (vgl. Abbildung 3). Bei ca. 80% der Befragten ist die nächste Ladestation weniger als 5 km vom eigenen Wohnort entfernt, bei ca. 40% sogar weniger als 1 km.

Wie weit ist die nächste Ladestation von Ihrem Wohnort entfernt?

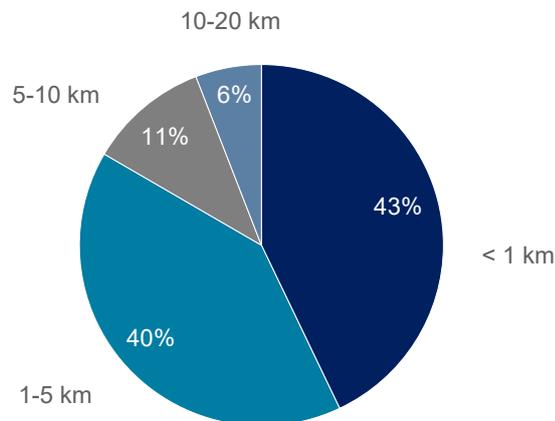


Abbildung 3: Entfernung zur nächstgelegenen Ladestation (n=206)

Bei der Auswahl einer geeigneten Ladestation entscheiden die Nutzer:innen vorrangig nach der Verfügbarkeit und dem Preis (vgl. Abbildung 4). Nur wenige Nutzer:innen wählen ihre Ladestation nach dem Standort aus. Dies lässt vermuten, dass sich die vorhandenen Ladestationen in den angebotenen Serviceleistungen wie Ladeleistung und Ausstattung kaum unterscheiden.

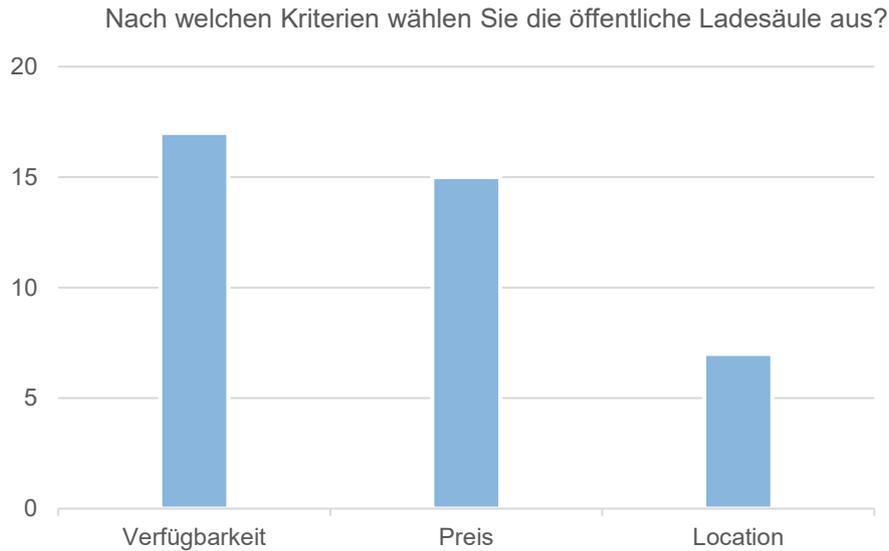


Abbildung 4: Kriterien zur Auswahl einer öffentlichen Ladesäule (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=35)

Die App ist erwartungsgemäß das vorrangige Hilfsmittel, wenn es um die Navigation zum nächsten verfügbaren Ladepunkt geht. Über 70% der an der Studie Teilnehmenden nutzen vorrangig dieses Medium (siehe Abbildung 5). Auch öffentliche Beschilderungen spielen in der Aufmerksamkeit der Nutzer:innen eine gewisse, wenn auch untergeordnete, Rolle. Klassische Navigationssysteme werden zum Planen der Route und zur Überprüfung der Verfügbarkeit kaum genutzt.



Abbildung 5: Navigationshilfen zur nächsten öffentlichen Ladesäule (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=206)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die häusliche Lademöglichkeit die vorrangige Option der Nutzer:innen von E-Autos darstellt. Sofern sie darauf nicht zurückgreifen können und ihr Fahrzeug unterwegs aufladen müssen, so treffen sie auf eine recht engmaschige Infrastruktur, in der sie mittels ihrer Handy-App Ladepunkte im Umkreis von selten mehr als 5 km anfahren. Bevorzugt wählen die Nutzer:innen dabei ihre Ladesäule nach der Verfügbarkeit und dem angebotenen Preis aus.

2 Verhalten am Ladepunkt

Die Befragten erfahren in ihrem Alltag nur selten nennenswerte Wartezeiten an Ladesäulen. Fast die Hälfte aller Teilnehmenden warten so gut wie nie auf eine freie Ladesäule (siehe Abbildung 6). Dies

lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass die meisten Teilnehmenden ihr Fahrzeug überwiegend auf dem privaten Stellplatz aufladen.

Wie lange müssen Sie üblicherweise auf eine freie Ladesäule warten?

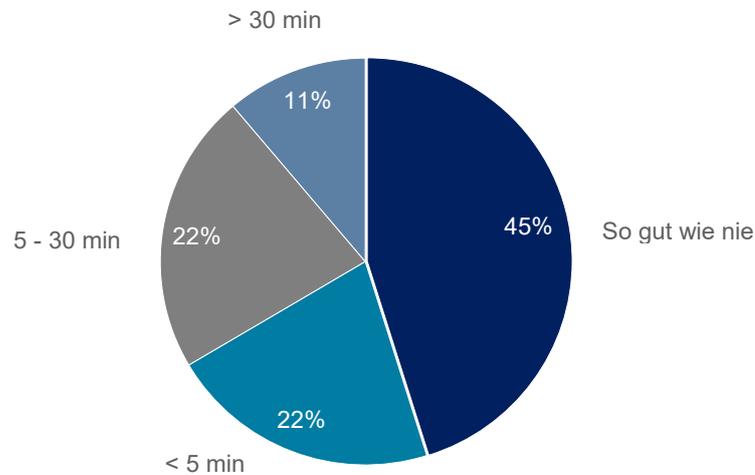


Abbildung 6: Verteilung der Wartezeit auf eine freie Ladesäule (n=206)

Die meisten Teilnehmenden geben an, dass ihr Ladevorgang üblicherweise zwischen 20 und 40 Minuten dauert (Abbildung 7). Ausschlaggebend für die Dauer des Ladevorgangs ist der Ladetyp. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass viele Nutzer:innen zumeist auf Schnell-Ladestationen (DC) zurückgreifen. Teilnehmende, die ihr E-Fahrzeug regelmäßig länger als 60 Minuten laden, nutzen dabei vermutlich Ladesäulen mit einer geringeren Ladeleistung (AC), möglicherweise in der häuslichen Garage oder an der Arbeitsstelle.

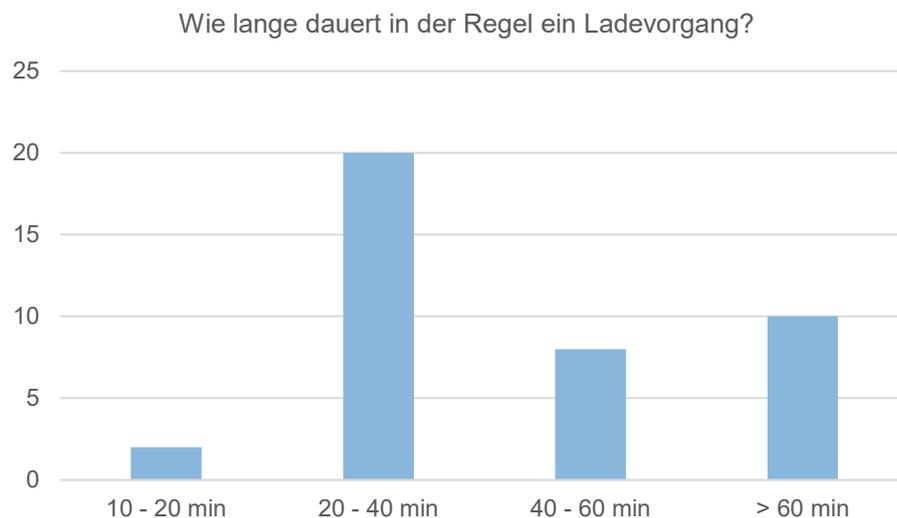


Abbildung 7: Durchschnittliche Dauer eines Ladevorgangs (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=35)

Wie Abbildung 8 aufzeigt, ist die vorrangige Aktivität zur Überbrückung der Wartezeit während des Ladevorgangs das Einkaufen. Auch beschäftigen sich viele Nutzer:innen mit ihrem Handy, was vermutlich in Verbindung steht mit der dritthäufigsten Tätigkeit. Viele Nutzer:innen bleiben im Auto sitzen.



Abbildung 8: Aktivitäten während des Ladevorgangs (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=206)

Gefragt nach ihren besonderen Erfahrungen, die sie während des Ladevorgangs gemacht haben, antworten die Studienteilnehmer:innen überwiegend mit negativen Aussagen (Abbildung 9). Über 20% der Teilnehmenden beklagen sich über technische oder anwendungsbezogene Probleme bei den Lade- oder Bezahlvorgängen. Weiterhin sind Ausstattung und Zustand der Ladepunkte ein häufig genannter Kritikpunkt. Hingegen kann als positiv festgehalten werden, dass sich während des Ladevorgangs mitunter nette Gespräche und Hilfsbereitschaft zwischen den Nutzer:innen von E-Fahrzeugen entwickeln.

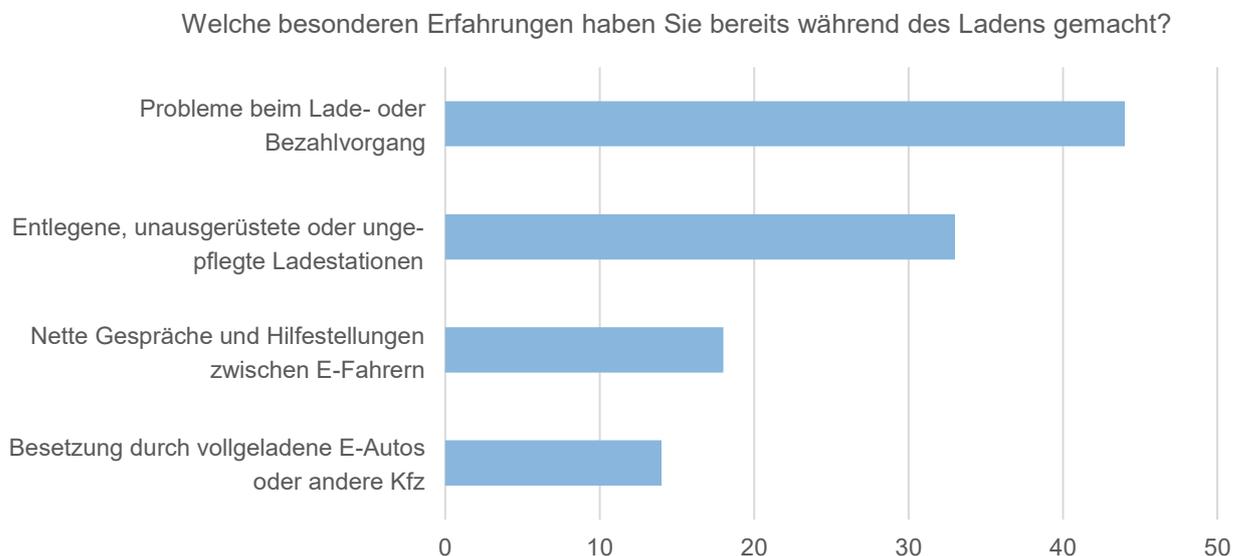


Abbildung 9: Erfahrungen während des Lade- und Bezahlvorgang (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=206)

3 Bezahlvorgang am Ladepunkt

Das mit Abstand häufigste Bezahlmedium für den Ladevorgang ist die Ladekarte (siehe Abbildung 10). Weitere ca. 30% der Befragten geben an, regelmäßig per Handy-App zu bezahlen, ohne eine physische Ladekarte mitführen zu müssen. Sonstige Bezahlmedien spielen eine gänzlich untergeordnete Rolle.

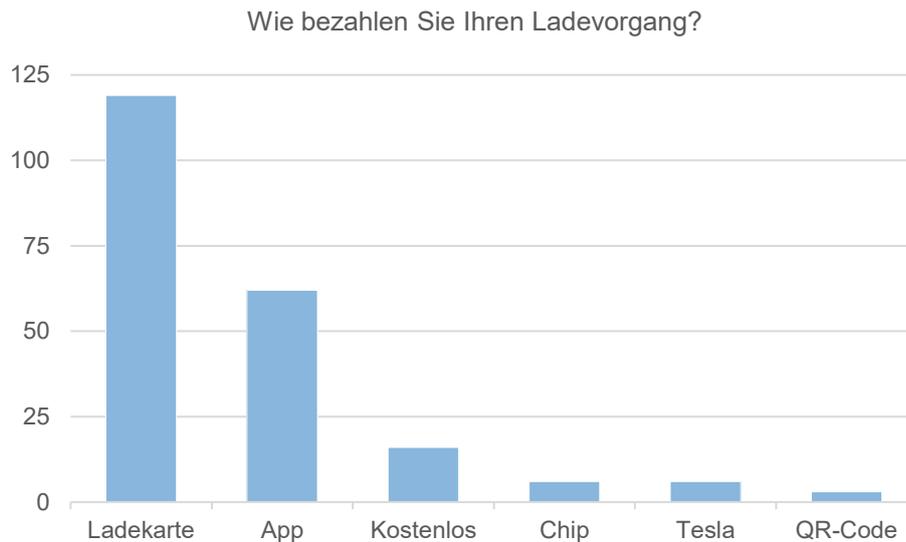


Abbildung 10: Medien zur Bezahlung des Ladevorgangs (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=206)

Abbildung 11 zeigt eine aktuell defizitäre Situation in der bestehenden Ladeinfrastruktur auf. Über 60% der Teilnehmenden stufen die Preistransparenz im Zusammenhang mit dem Bezahlvorgang als unzureichend oder mangelhaft ein. Häufig verfügen die Ladesäulen über keine direkten Preis-Anzeigen, sodass die Nutzer gezwungen sind, sich über Hilfsmittel wie etwa die App zusätzliche Preisinformationen einzuholen.

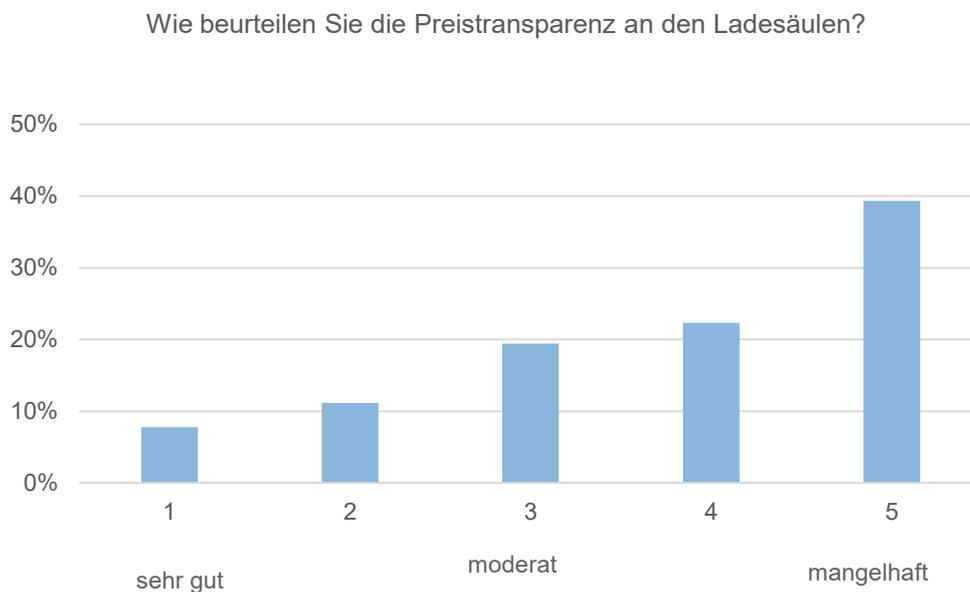


Abbildung 11: Beurteilung der Preistransparenz (n=206)

4 Verbesserung des Ladevorgangs

Es ist folgerichtig, dass die Mehrheit der Teilnehmenden insbesondere eine Verbesserung des Ladevorgangs durch die Einführung von Preis- oder Verfügbarkeitsanzeigen sieht (Abbildung 12). Stellenweise können sich die Nutzer:innen auch eine Verbesserung durch Reservierungsmöglichkeiten, Leistungsanzeigen und weiteren Serviceangeboten vorstellen.

Wodurch ließe sich der Ladevorgang an öffentlichen Ladesäulen verbessern?

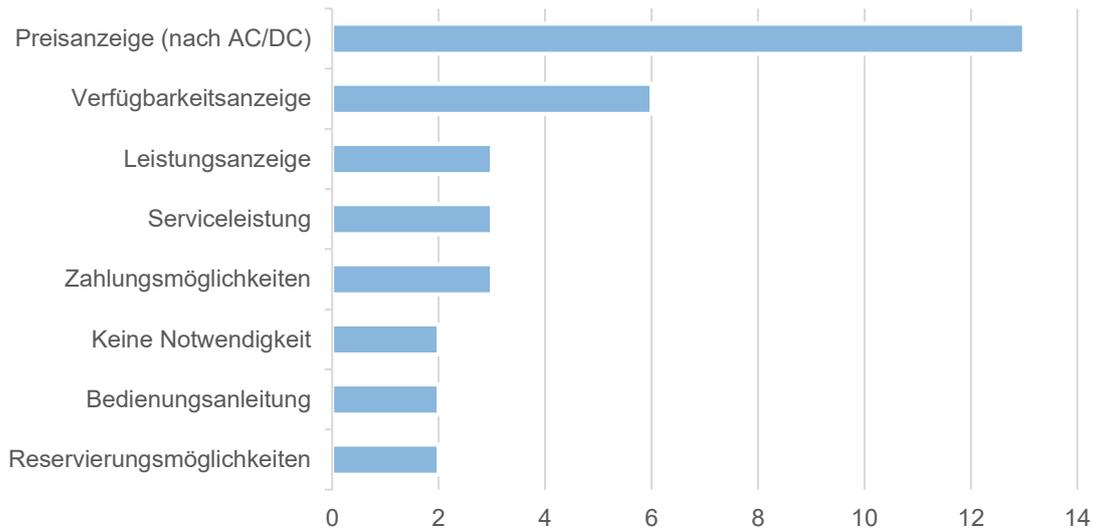


Abbildung 12: Möglichkeiten zur Verbesserung des Ladevorgang (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=35)

Für die Folgestudie wurden unterschiedliche Konzepte als Lösungsvorschläge entwickelt, wie eine Verbesserung des Ladevorgangs an öffentlichen E-Ladestationen erreicht werden könnte. Im Rahmen der Studie wurden die Konzepte vorgestellt und von den Teilnehmenden bewertet. Dabei fokussieren sich die Konzepte auf physische und teils interaktive Anzeigetafeln, die Informationen zum Preis, zur Verfügbarkeit oder zur Entfernung angeben. Zum besseren Verständnis wurden die einzelnen Konzepte visualisiert.

Die erste Lösungsvariante zeigt eine digitale Anzeigetafel, die neben der E-Ladesäule aufgestellt wird und Preise zum Beispiel nach AC / DC sowie Werbungen anzeigen kann (Abbildung 13).



Abbildung 13: Lösungsvariante 1 (Digitale Anzeigetafel mit Preisanzeige und Werbung neben der E-Ladesäule) sowie deren Bewertung durch die Teilnehmenden (n = 35)

Die Auswertung aller Antworten zu Lösungsvariante 1 ergibt ein zweigeteiltes Meinungsbild (siehe Abbildung 13). Während ca. 55% der Teilnehmenden die dargestellte Version als nicht erfolgsversprechend einstufen, da die Preise laut den Teilnehmenden je Anbieter variieren und eine einheitliche Preisanzeige keinen individuellen Mehrwert bieten würde, sehen unterdessen knapp 45% der Teilnehmenden mit dieser Variante bereits eine Verbesserung zur aktuellen Situation. Insbesondere wenn Nutzer:innen spontan laden, kann eine allgemeine Preisanzeige hilfreich sein, da auf eine Ladekarte oder vorherige Registrierung verzichtet werden kann.

Die zweite Lösungsvariante zeigt eine digitale Anzeigetafel inklusive Bedienfeld, die neben einer E-Ladesäule aufgestellt wird (Abbildung 14). Die Tafel kann Preise aufgeschlüsselt nach AC und DC,

den aktuellen Ladestand bzw. die Ladedauer und ein Lade-Tutorial (optional abspielbar) anzeigen. Zudem ist eine Abwicklung des Bezahlvorgangs über die Anzeigetafel möglich.



Abbildung 14: Lösungsvariante 2: Digitale Anzeigetafel inkl. Bedienfunktion neben der E-Ladesäule (n=35)

Bei Lösungsvariante 2 zeichnet sich ein eindeutiges Stimmungsbild ab (siehe Abbildung 14). Mehr als 75% der Teilnehmenden sehen keinen Bedarf für eine Anzeigetafel, die den Ladestand bzw. die Ladedauer oder ein Tutorial zum Ladevorgang darstellt. Die Auswertung lässt vermuten, dass die Teilnehmenden bereits mit dem heutigen Angebot zur Abfrage von Ladeinformation zufrieden sind und der Ladevorgang weitestgehend unkompliziert durchführbar ist.

Die in Abbildung 15 dargestellte dritte Lösungsvariante zeigt eine digitale Anzeigetafel, die am Straßenrand aufgestellt wird. Diese Tafel kann die Preise aufgeschlüsselt nach AC und DC, Werbung, sowie die derzeit verfügbaren bzw. besetzten E-Ladestationen in grün bzw. rot anzeigen. Zudem wird gekennzeichnet, in welchem Abstand sich die nächste Ladestation befindet.



Abbildung 15: Lösungsvariante 3: Digitale Anzeigetafel mit Informationen am Straßenrand (n=35)

Über die Hälfte der Teilnehmenden stufen die dritte Lösungsvariante als erfolgsversprechend ein. Insbesondere eine Anzeigetafel zur Darstellung der verfügbaren Ladesäulen trifft bei den Teilnehmenden auf Zustimmung. Obwohl die Verfügbarkeiten oftmals auch in der App oder im Navi abrufbar sind, darf vermutet werden, dass gerade bei unbekanntem Routen der Blick auf eine Anzeigetafel für Nutzer:innen angenehmer und intuitiver ist, als sich die Informationen über eine App oder das Navi zu beschaffen.

Die vierte Lösungsvariante zeigt einen Anzeigemast (wie an herkömmlichen Tankstellen), der unmittelbar in der Nähe von Lade-Hubs (am Straßenrand) aufgestellt wird (siehe Abbildung 16). Dieser Mast kann die Preise aufgeschlüsselt nach AC und DC, Werbung sowie die Verfügbarkeit von E-Ladestationen anzeigen.



Abbildung 16: Lösungsvariante 4: Anzeige mit Informationen unmittelbar in der Nähe von Lade-Hubs (n=35)

Ähnlich wie bei Lösungsvariante 3 erachtet über die Hälfte der Teilnehmenden auch eine solche Anzeigetafel zur Darstellung der Verfügbarkeit unmittelbar in der Nähe von E-Ladestationen als sinnvoll.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass ca. 55% der Teilnehmenden den höchsten Mehrwert in Anzeigetafeln sieht (siehe Abbildung 17), die Informationen zur Verfügbarkeit, zur Entfernung und/oder zum Preis anzeigen und unmittelbar in der Nähe zu einer E-Ladestationen aufgestellt sind (Variante 3) oder sich in einer bestimmten Entfernung zu dieser befinden (Variante 4). Die erste und zweite Variante, die direkt neben einer E-Ladesäule aufgestellt wird, bieten aus Sicht der befragten Nutzer:innen keinen signifikanten Mehrwert. Für ca. 30% der Teilnehmenden bietet keine der dargestellten Varianten einen gezielten Mehrwert. Das Aufstellen von Anzeigetafeln behebt daher nur bedingt die Problematik an öffentlichen E-Ladesäulen. Der Ladevorgang bei Elektrofahrzeugen weicht vom heutigen klassischen Tankvorgang deutlich ab. Insbesondere die Vielzahl an Tarif- und Bezahlmodellen erhöhen die Komplexität bei der Bereitstellung von nutzerfreundliche Angeboten und erfordern gänzlich neue Herangehensweisen.

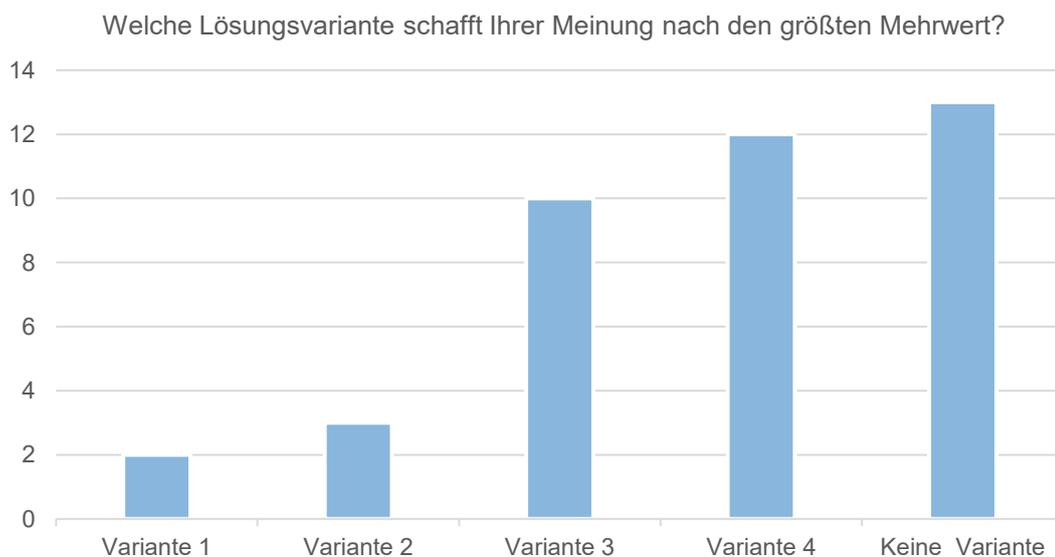


Abbildung 17: Präferierte Lösungsvarianten (Anzahl Nennungen, Mehrfachnennung möglich, n=35)

V Fazit

Die Ergebnisse dieser nicht-repräsentativen Umfragen unter 206 Nutzer:innen (Basisstudie) und 35 Nutzer:innen (Folgestudie) von E-Fahrzeugen skizzieren folgendes Bild. Die Ladeinfrastruktur in Deutschland ist, gemessen an der bisherigen Nachfrage, besser als ihr Ruf. Offenbar genügt die Dichte und Verteilung der Ladestationen im öffentlichen Raum (Stand Herbst 2022), um den aktuell rund eine Millionen E-Autos und ihren Nutzer:innen kurze Anfahrwege und eine zumutbare Wartezeit an Ladesäulen zu ermöglichen.

Klar ist aber auch, dass die Infrastruktur proportional zur wachsenden Marktdurchdringung der E-Mobilität ausgebaut werden muss, um im Jahr 2030 die angestrebten 15 Millionen Fahrzeuge mit hinreichenden Ladekapazitäten zu versorgen. Anzumerken ist zudem, dass mit zunehmender Dichte und Leistungsfähigkeit der Ladeinfrastruktur die Anforderungen an die Reichweite der Fahrzeuge sinken werden. Batterien können in der Konsequenz kleiner dimensioniert und damit Fahrzeuggewicht und -verbrauch reduziert werden. Und das müssen sie auch, wenn die Mobilitätswende ressourcenschonend gestaltet werden soll.

Ein deutliches Bild der Unzufriedenheit unter den Nutzer:innen zeigt sich derweil in Bezug auf die aktuell vorherrschende Preisintransparenz an öffentlichen Ladestationen. Die Vielfalt der Tarifmodelle und Bezahlssysteme ist sicherlich ein Grund dafür, weshalb in diesem Bereich großer Strukturierungs- und Informationsbedarf besteht. Es werden Systeme der Preisanzeige gefragt sein, die der Vielfalt und Dynamik der unterschiedlichen Bezahl- und Tarifmodelle Rechnung tragen und diese transparent und nutzerfreundlich ausweisen. Ergänzt um gewisse Mindestanforderungen in Bezug auf die Ausstattung öffentlicher Ladesäulen sowie technisch stabile und standardisierte Abläufe beim Laden und Bezahlen würde so die Zufriedenheit der Nutzer:innen merklich erhöht.

VI Literaturverzeichnis

Bundesregierung (2022): Nachhaltige Mobilität gestalten und fördern. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/eenergie-und-mobilitaet/nachhaltige-mobilitaet-2044132>, zuletzt geprüft am 13.07.2023.

Gomoll, Wolfgang (2019): Elektromobilität: So ticken die Fahrer von Elektroautos. In: *Wirtschaftswoche*. Online verfügbar unter <https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/studie-zur-elektromobilitaet-4-ueberraschende-erkenntnisse-ueber-die-fahrer-von-e-autos/24222228.html>, zuletzt geprüft am 13.07.2023.

Haustein, Sonja; Jensen, Anders Fjendbo (2018): Factors of electric vehicle adoption: A comparison of conventional and electric car users based on an extended theory of planned behavior. In: *International Journal of Sustainable Transportation* (7), S. 484–496. DOI: 10.1080/15568318.2017.1398790.

Shabanpour, Ramin; Auld, Joshua; Golshani, Nima; Mohammadian, Ablofazl; Seyedeh, Mousavi Dousti Niloufar (2017): Consumer Preferences of Electric and Automated Vehicles. In: *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, S. 716–720. DOI: 10.1109/MTITS.2017.8005606.

Weber, Julian (2020): *Bewegende Zeiten. Mobilität der Zukunft*. Wiesbaden, Heidelberg: Springer.

TH Köln
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln
www.th-koeln.de

Technology
Arts Sciences
TH Köln