

DER LADEBORDSTEIN

LADEN EINFACH NEU GEDACHT?!

Case Study zu einem Jahr erfolgreicher öffentlicher Felderprobung in Köln



Stadt Köln



EXECUTIVE SUMMARY

HINTERGRUND UND MOTIVATION

Die erfolgreiche Elektrifizierung des Verkehrs hängt maßgeblich von einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur ab. Besonders in innerstädtischen Bereichen mit dichter Besiedelung, hohem Parkdruck, teilweise denkmalgeschützten Strukturen und begrenztem Platzangebot stoßen konventionelle Ladelösungen an ihre Grenzen. Der von Rheinmetall entwickelte Ladebordstein setzt genau hier an: Er integriert die notwendige Ladeelektronik in die Abmaße eines Standard-Bordsteins und ermöglicht das Laden direkt am Fahrbahnrand – ohne schützende Poller, ohne Einschränkungen für den Fuß-, Rad- oder Straßenverkehr.

TECHNISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND ROBUSTHEIT

Gemeinsam mit der Stadt Köln und der TankE GmbH testete Rheinmetall ein Jahr lang vier Ladebordsteine unter realen Bedingungen im öffentlichen Raum. Sie überzeugten durch hohe Robustheit und Zuverlässigkeit (>99 % Verfügbarkeit), platzsparende Bauweise sowie einfache und kostengünstige Wartung. Durch den modularen Aufbau des Ladebordsteins konnte die Elektronikeinheit im Servicefall innerhalb weniger Minuten durch Austauschmodule ersetzt werden, wodurch die Ladepunkte fast durchgehend einsatzbereit blieben. Durch gezielte Optimierungen im Laufe des Piloten – etwa bei der Dreckableitung sowie Beleuchtung des Raums um die Ladebuchse – wurden die Systeme noch widerstandsfähiger gegen Umwelteinflüsse gemacht. Diese Weiterentwicklungen sorgen für eine konstant ansprechende Optik, was die Nutzerfreundlichkeit und Ästhetik im urbanen Umfeld weiter verbessert.

NUTZUNGSVERHALTEN UND FEEDBACK

Im Testzeitraum erfolgten über 2.800 valide Ladevorgänge. Die Auslastung lag mit 65% auf sehr hohem Niveau. Eine begleitende Umfrage mit 100 Teilnehmenden lieferte ein sehr positives Stimmungsbild. Die Nutzer bewerteten den Ladebordstein im Durchschnitt mit 4,38 von 5 Punkten. Besonders hervorgehoben wurden die einfache Bedienung, die intuitive Einhandnutzung und das harmonische Stadtbild. Auch Nutzer mit Mobilitätseinschränkungen bestätigten die gute Zugänglichkeit durch die Nähe zur Fahrbahn.

Im direkten Vergleich mit konventionellen Ladesäulen wurde der Ladebordstein in den meisten Aspekten deutlich besser bewertet. Insbesondere in den Punkten Platzersparnis, Integration in das Straßenbild, Vandalismusschutz und Bewahrung von Sichtachsen wurden dem Ladebordstein deutliche Vorteile zugesprochen, kleinere Vorteile im Bereich der Bedienbarkeit. Lediglich im Bereich der Sichtbarkeit der Ladelösung wurde der Ladebordstein etwas schlechter bewertet, was jedoch durch Markierung der Stellplätze und Integration in E-Mobilitäts-Apps einfach verbessert werden kann.

FAZIT UND AUSBLICK

Der Ladebordstein hat sich im Pilotprojekt als sehr gute Alternative zur konventionellen Ladeinfrastruktur erwiesen und eröffnet die Möglichkeit zur Erschließung neuer, attraktiver aber mit konventioneller Ladeinfrastruktur nicht realisierbarer Ladestandorte. Für Kommunen bietet der Ladebordstein eine innovative Lösung, die bestehende Infrastruktur intelligent nutzt und sich flexibel in unterschiedlichste urbane Kontexte einfügt, ohne den öffentlichen Raum zu belasten. Für Betreiber entstehen Vorteile durch geringere Installations- und Wartungskosten, vereinfachte Genehmigungsprozesse sowie die Möglichkeit zur kosteneffizienten und flächendeckenden Vorrüstung von Hohlbordsteinen, die mit steigendem Ladebedarf flexibel nachgerüstet werden können. Nutzer profitieren durch Lademöglichkeiten direkt vor der eigenen Haustür, eine nachweislich einfache und barrierearme Bedienbarkeit sowie hohe Verfügbarkeit.

Mit Abschluss des Pilotprojekts ist der Ladebordstein nun für die flächendeckende Einführung bereit und kann als Serienprodukt erworben werden.

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	4	IMPLEMENTIERUNG/ PILOTPROJEKT	12
ELEKTROMOBILITÄT UND LADEINFRASTRUKTUR	4	PROJEKTPARTNER	12
PROBLEMSTELLUNG	4	STANDORTAUSWAHL UND TESTBEDINGUNGEN	13
LÖSUNGSANSATZ	5	EINBAU UND INSTALLATION	14
ZIEL DES PILOTPROJEKTS UND CASE STUDY	5	BETRIEB UND SERVICE	14
HINTERGRUND UND STÄDTISCHE ANFORDERUNGEN	6	EVALUATION	15
LADEINFRASTRUKTURBEDARF AM BEISPIEL DER STADT KÖLN	6	VALIDIERUNG DER TECHNIK	15
STÄDTISCHE ANFORDERUNGEN/ HERAUSFORDERUNGEN	7	NUTZUNGSSTATISTIK	17
		ERGEBNISSE DER NUTZERBEFRAGUNG	20
		WIRTSCHAFTLICHKEIT	32
LÖSUNGSBESCHREIBUNG	9	ZUSAMMENFASSUNG UND NÄCHSTE SCHRITTE	33
KONZEPT UND TECHNOLOGIE	9		
TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN	11		
EINSATZSZENARIEN UND USE-CASES	11		

EINLEITUNG

ELEKTROMOBILITÄT UND LADEINFRASTRUKTUR

Bei der Verkehrswende hin zur Elektromobilität spielt die Ladeinfrastruktur eine Schlüsselrolle. Waren im Jahr 2017 erst rund 34.000 rein batterieelektrische Fahrzeuge in Deutschland zugelassen,¹ stieg diese Zahl bis zum 1. Januar 2025 auf über 1,65 Millionen² und soll laut Bundesregierung bis 2030 noch weiter auf 15 Millionen anwachsen.³ In der Anfangszeit der Elektromobilität stiegen insbesondere Menschen mit privaten Stellplätzen und einer eigenen Lademöglichkeit auf die neue Technik um, da die öffentliche Ladeinfrastruktur noch unzureichend ausgebaut war.

Um das ambitionierte Ziel der Bundesregierung zu erreichen, ist es allerdings notwendig, dass auch Personen ohne diese Möglichkeit E-Fahrzeuge nutzen. Der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur muss dementsprechend proportional zur Zunahme der zugelassenen E-Fahrzeuge erfolgen, um eine flächendeckende Verfügbarkeit zu gewährleisten. Zum 1. Februar 2025 standen in Deutschland laut Bundesnetzagentur 125.408 Normalladepunkte und 36.278 Schnellladepunkte mit einer Ladeleistung von insgesamt 6,11 Gigawatt zur Verfügung.⁴ Die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur beschreibt in einer 2024 veröffentlichten Studie einen erwarteten Bedarf von bis zu 680.000 öffentlichen Ladepunkten im Jahr 2030.⁵

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur im urbanen Raum ist ein wesentlicher Baustein für die Verkehrswende und die damit verbundene Reduzierung der CO₂-Emissionen. Für viele Menschen sind öffentliche Ladepunkte in Wohnortnähe entscheidend für die Akzeptanz von Elektromobilität und den Umstieg auf ein Elektrofahrzeug. Gleichzeitig stehen europäische Städte vor der Herausforderung, ihren öffentlichen Raum neu zu organisieren, um dem Umweltverbund – also dem Fuß- und Radverkehr sowie dem öffentlichen Nahverkehr – mehr Raum zu geben. Hinzu kommen denkmalpflegerische und städtebauliche Anforderungen, die eine ungehinderte Installation von Ladeinfrastruktur erschweren.

PROBLEMSTELLUNG

Mit der zunehmenden Elektrifizierung des Individualverkehrs steigt der Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladestationen. Insbesondere in dicht besiedelten Innenstädten mit begrenztem privaten Stellplatzangebot ist ein flächendeckendes Ladeangebot essenziell, um Elektromobilität für alle Bevölkerungsgruppen attraktiv zu machen. Studien zeigen, dass die Verfügbarkeit von Ladestationen ein Schlüsselfaktor für die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen ist.⁶

Parallel zum Ausbau der Ladeinfrastruktur verfolgen viele europäische Städte das Ziel, den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren und mehr Raum für den Umweltverbund zu schaffen.⁷ Dies geschieht durch:

- die Umwandlung von Parkplätzen in Radwege oder Aufenthaltsflächen
- die Reduktion von Straßenquerschnitten zugunsten breiterer Gehwege
- die Förderung autofreier oder autoreduzierter Quartiere

Diese Maßnahmen stehen jedoch potenziell im Konflikt mit dem Bedarf an Stellflächen für Ladestationen, insbesondere, wenn diese auf bisherigen Parkflächen installiert werden.

Ein weiterer Aspekt, der die Installation von Ladeinfrastruktur erschwert, sind städtebauliche und denkmalschützende Vorgaben. Besonders in historischen Innenstädten sind hohe Anforderungen an das Stadtbild und den Erhalt von Bauwerken zu beachten. Vor allem die optische Integration in denkmalgeschützte Stadtbilder und die technische Machbarkeit von Ladestationen in engen, historischen Straßen stellen eine große Herausforderung dar.

Oberstes Ziel für die Umsetzung der Mobilitätswende sollte daher die Schaffung einer flächendeckenden öffentlichen Ladeinfrastruktur ohne Beeinträchtigung der Stadtstruktur sein.

¹ Kraftfahrt-Bundesamt (2017): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2017 – korrigierte Fassung

² Kraftfahrt-Bundesamt (2025): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2025

³ Deutscher Bundestag (2024): 15 Millionen E-Autos in Deutschland bis 2030 als Ziel

⁴ Bundesnetzagentur (2025): Elektromobilität – Öffentliche Ladeinfrastruktur

⁵ Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur (2024): Ladebedarf bis 2030 neu ermittelt

⁶ AlixPartners (2021): EV-Konsumentenbefragung: Der Umbruch zur Elektromobilität spiegelt sich immer stärker im Kaufinteresse der Autofahrer wider

⁷ Deutscher Städtetag (2024): Mobilität neu denken!

LÖSUNGSANSATZ

Der von Rheinmetall entwickelte Ladebordstein verbindet die intelligente Nutzung vorhandener städtischer Infrastruktur mit einer Ladeleistung, die der herkömmlicher Ladesäulen entspricht. Der Ladebordstein lässt sich nahtlos in bestehende urbane Strukturen integrieren und bietet somit eine platzsparende Alternative zu einer Ladesäule im ohnehin beengten Straßenraum.

Durch die Integration der Ladeelektronik in den Bordstein wird dieser zur Ladestation, ohne jedoch die mit einer herkömmlichen Ladesäule verbundenen Einschränkungen für andere Verkehrsteilnehmer zu verursachen. Zudem können Elektrofahrzeuge direkt am Bordstein aufgeladen werden, ohne dass lange Kabel über Gehwege verlegt werden müssen. Damit wird das Problem der mangelnden Flächenverfügbarkeit im urbanen Raum für die schnelle, flexibel skalierbare und kostengünstige Installation von öffentlichen und flächendeckenden Ladepunkten gelöst.

ZIEL DES PILOTPROJEKTS UND CASE STUDY

In einem Pilotprojekt testeten die Rheinmetall AG und die TankE GmbH gemeinsam mit der Stadt Köln seit April 2024 die innovativen Ladebordsteine an mehreren Standorten im Kölner Stadtgebiet. Ziel des Projektes war es, die Akzeptanz sowie die erhofften städtebaulichen und gestalterischen Vorteile zu validieren.

Aufgrund des hohen öffentlichen und medialen Interesses während der Laufzeit des Pilotprojektes haben sich die Projektpartner entschlossen, die zentralen Ergebnisse und Erkenntnisse in gebündelter Form zu veröffentlichen. Die komprimierte Publikation soll Entscheidungsträgern, Stadtplanern und der Öffentlichkeit einen übersichtlichen und praxisnahen Einblick geben und aufzeigen, in welchen Einsatzszenarien der Ladebordstein eine Alternative zu herkömmlichen Ladestationen sein kann und in welchen Situationen er sogar die Errichtung von Ladestationen an bisher für Ladeinfrastruktur nicht nutzbaren Standorten ermöglicht. Dazu werden in den folgenden Kapiteln sowohl die Problemstellung und Lösung als auch die Ergebnisse aus technischer, städtebaulicher und Nutzersicht detailliert dargestellt.



HINTERGRUND UND STÄDTISCHE ANFORDERUNGEN

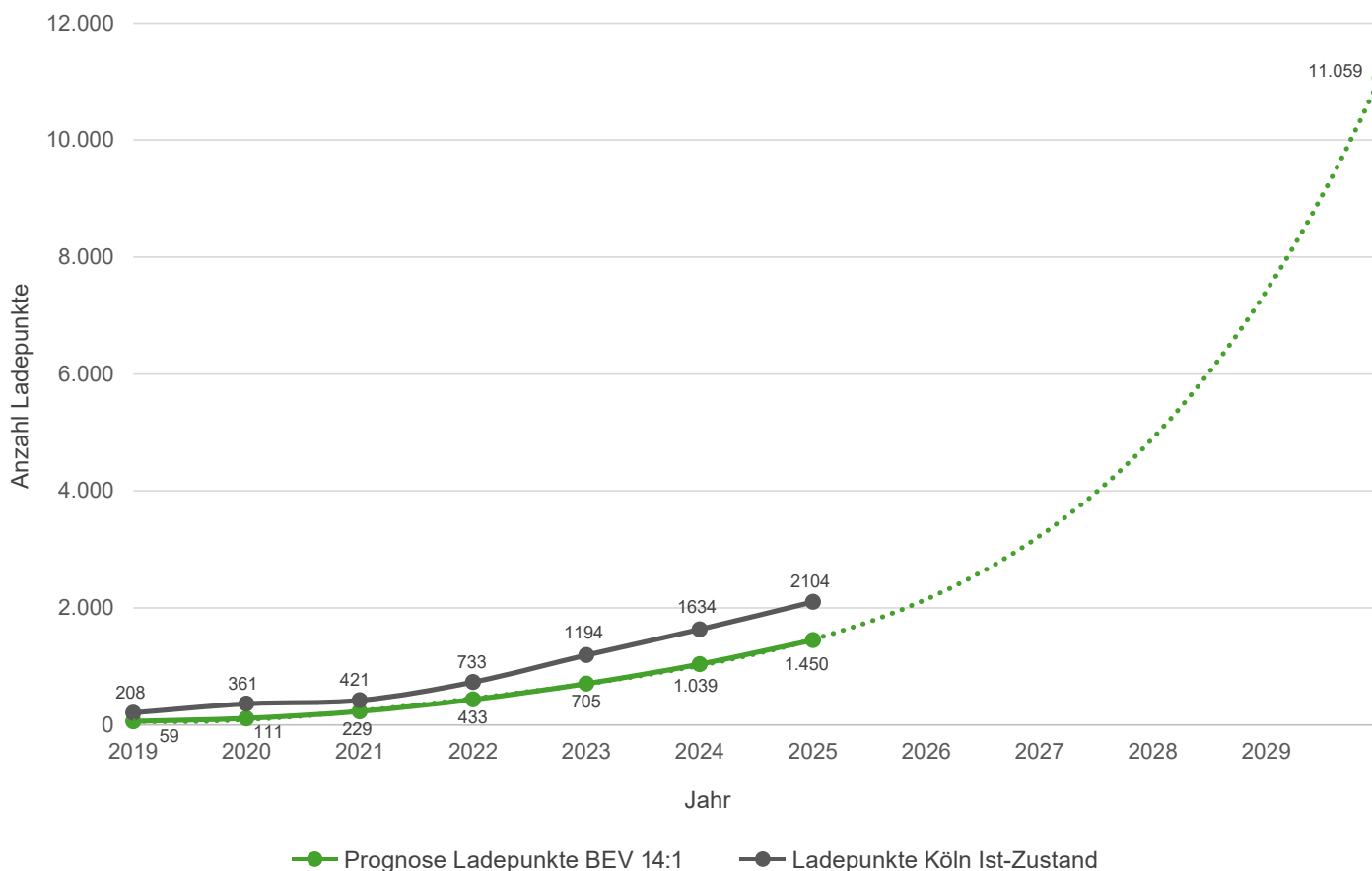
LADEINFRASTRUKTURBEDARF AM BEISPIEL DER STADT KÖLN

Klimawandel und Klimaschutz, Mobilität, Bevölkerungswachstum, wirtschaftlicher Wandel und Digitalisierung stellen die Stadt Köln als wachsende Metropole und viertgrößte Stadt Deutschlands in den kommenden Jahren vor vielfältige Herausforderungen. Die Stadtverwaltung Köln möchte diesen Prozess aktiv gestalten und frühzeitig zukunftsweisende Konzepte zur Bewältigung der Herausforderungen entwickeln. Die Ladeinfrastruktur nimmt dabei eine Schlüsselrolle ein.

Die Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur hat in einer Studie 2024 den deutschlandweiten Bedarf an öffentlich zugänglichen Ladepunkten bis zum Jahr 2030 für verschiedene Szenarien ermittelt: Sie kommt auf einen Bedarf zwischen 380.000 und 680.000 Ladepunkten in Deutschland. Dieser ist abhängig vom Ausbau der Ladepunkte im nichtöffentlichen Bereich, der Entwicklung der Neuzulassungen, der

installierten Ladeleistung pro Ladepunkt sowie der Optimierung der Auslastung der bestehenden Ladepunkte. Bezogen auf den E-Fahrzeuganteil entsteht auf Basis der Prognose für Köln bis 2030 ein Bedarf von 3.800 bis 6.800 öffentlichen Ladepunkten. Interne Berechnungen der TankE GmbH gehen sogar von einem Bedarf von über 10.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten im Jahr 2030 aus. Ausgehend von ca. 2.000 vorhandenen Ladepunkten, die 2025 sicher überschritten werden, kann der Zuwachs sowohl durch Verdichtung (Erweiterung bestehender Standorte) als auch durch Erschließung bisher nicht genehmigungsfähiger Standorte erreicht werden. Während der aktuelle Ausbau der Ladeinfrastruktur in Köln den prognostizierten Bedarf noch übertrifft, sind die einfach zugänglichen Standorte zunehmend erschöpft. Die Errichtung neuer Ladepunkte wird daher deutlich anspruchsvoller, was innovative und intelligent integrierte Lösungen erfordert. Der notwendige Ausbau um den Faktor 2 bis 5 stellt stellvertretend die Stadt Köln vor komplexe Herausforderungen, die im Folgenden erläutert werden.

Bedarf Ladepunkte in Köln bis 2030 bei BEV:LP 14:1



STÄDTISCHE ANFORDERUNGEN/ HERAUSFORDERUNGEN

Platzmangel und städtebauliche Einschränkungen für Ladeinfrastruktur

Die Umstellung auf klimafreundliche Mobilität erfordert eine flächendeckende, leicht zugängliche öffentliche Ladeinfrastruktur – für viele Menschen idealerweise vor der eigenen Haustür. Allerdings sind die urbanen Strukturen in der Regel historisch gewachsen und nicht optimal für einen umfassenden Ausbau zugunsten der Mobilitätswende geeignet. Eine zentrale Herausforderung stellt in diesem Zusammenhang der begrenzte Platz dar. Beim Einbau von Ladeinfrastruktur müssen z. B. Restgehwegbreiten erhalten bleiben, wodurch viele Standorte nicht genehmigungsfähig sind. Zudem muss die Planung hohem Parkdruck und den Bedürfnissen von Fahrradfahrern Rechnung tragen, um andere Verkehrsteilnehmer nicht zu benachteiligen. Abschließend sind Lösungen gefragt, die Überbauverbote von Versorgungsleitungen, Sichtachsen, Denkmalschutz und städtische Ästhetik berücksichtigen.⁸

Bedarf an robusten, wartungsarmen Lösungen

Trotz der anspruchsvollen Bedingungen, denen Ladeinfrastrukturen permanent ausgesetzt sind, stellen Betreiber und Nutzer hohe Anforderungen an deren Verfügbarkeit. Bei der Auswahl von Lademöglichkeiten ist es daher insbesondere im öffentlichen Raum unerlässlich, dass die Ladestation auch unter starken Witterungseinflüssen wie Sonneneinstrahlung und Hitze oder bei starkem Regen und Schnee genutzt werden kann. Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn die Ladeinfrastruktur in das Stadtbild integriert ist, um die Wahrscheinlichkeit von Vandalismus zu minimieren.

Einfache Skalierbar- und Erweiterbarkeit

Städte unterliegen einem permanenten Wandel: gesellschaftlich, technologisch und architektonisch. Derzeit liegt der Anteil an elektrischen Fahrzeugen in Deutschland bei etwa 5 %⁹, bis ins Jahr 2030 wird eine signifikante Steigerung auf bis zu 30 % prognostiziert.¹⁰ Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur kosteneffizient und gesellschaftsverträglich zu gestalten, werden einfache und skalierbare Lösungen benötigt. Diese sollten flexibel mit dem Wachstum der Elekt-

roflotte mitwachsen können, ohne dass regelmäßig umfangreiche Baumaßnahmen erforderlich sind. Darüber hinaus ist eine Infrastruktur vorteilhaft, die eine einfache Wartung und Aufrüstung ermöglicht, um Ausfälle zu reduzieren und eine zügige Anpassung an den technologischen Fortschritt zu gewährleisten.

Kostengünstig bei Installation und Betrieb

Für den flächendeckenden Ausbau von Ladeinfrastruktur ist es von entscheidender Bedeutung, Installation und Betrieb einer Ladestation für den Betreiber möglichst attraktiv zu gestalten. Dabei ist die Kosten-Nutzen-Bewertung der wichtigste Faktor für die Entscheidung zum Bau von Ladeinfrastruktur. Zu diesem Zweck sind neben dem eigentlichen Kaufpreis auch der Installationsaufwand sowie die Wartungsintensität zu berücksichtigen. Wünschenswert ist deshalb günstige Ladeinfrastruktur, die schnell und ohne großen Aufwand in die städtische Infrastruktur eingebunden werden kann, sehr robust ist und im Schadensfall einfach, schnell und günstig instandgesetzt werden kann.

Einfache Nutzbarkeit

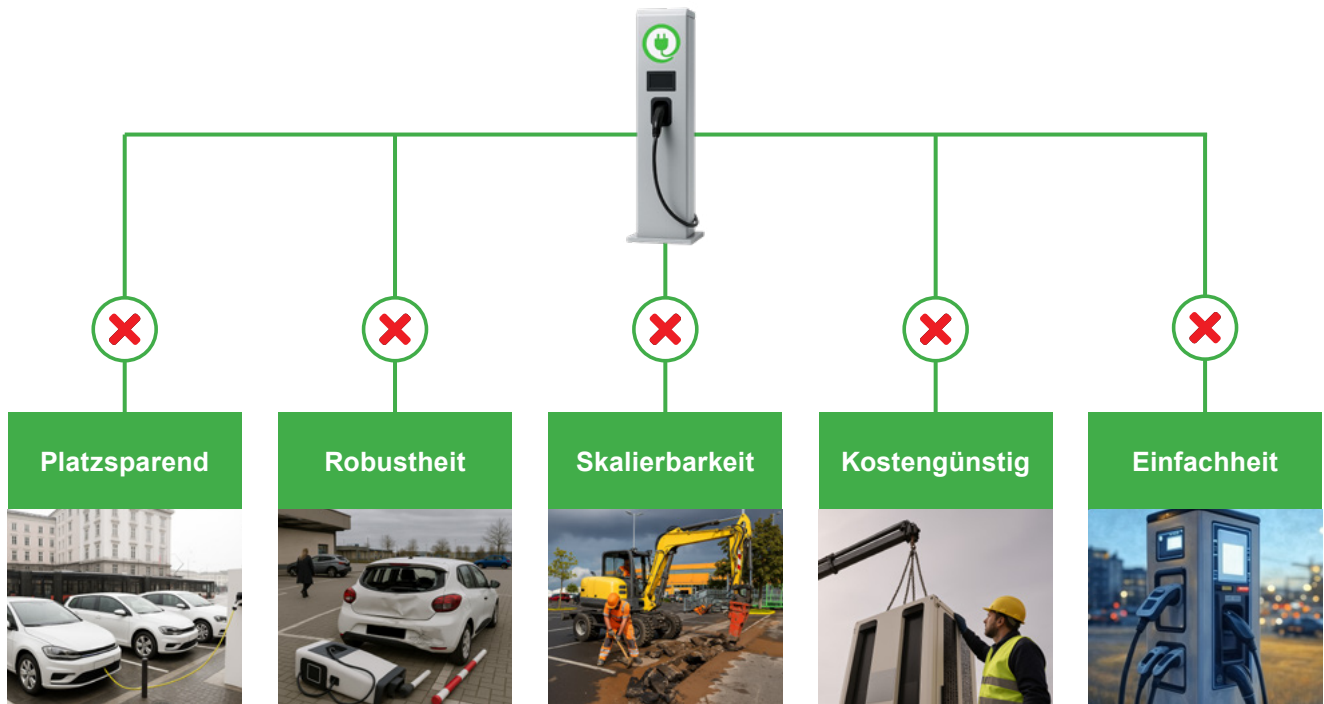
Die einfache Nutzbarkeit von Ladeinfrastruktur gewinnt zunehmend an Bedeutung, da die Elektromobilität für das Gelingen der Verkehrswende einer breiteren Bevölkerungsschicht zugänglich gemacht werden muss. Ein intuitives, nutzerfreundliches System, das Hemmschwellen abbaut, erleichtert den Umstieg auf Elektrofahrzeuge. Wichtig ist, dass Ladestationen leicht auffindbar, einfach nutzbar und mit einheitlichen Standards ausgestattet sind, wie etwa verbreitete Anmelde- und Bezahlmethoden. Zudem sollten klare Anweisungen und eine übersichtliche Gestaltung sicherstellen, dass auch technisch weniger versierte Nutzer problemlos zurechtkommen. Idealerweise ist die Ladeinfrastruktur zudem barrierearm, sodass Stufen im Verkehrsraum, unzureichende Rangierflächen oder als Umfahrschutz eingesetzte Poller körperlich eingeschränkten Personen nicht den Zugang erschweren.

⁸ Stadt Kassel: Kriterien, Bedingungen und Auflagen der Genehmigung von E-Ladesäulen im öffentlichen Straßenraum

⁹ Kraftfahr-Bundesamt (2025): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2025

¹⁰ Ecomento (2022): CAM-Prognose: 11 Millionen Elektroautos auf deutschen Straßen im Jahr 2030

ANFORDERUNGEN



Die aktuelle Ladeinfrastruktur ist häufig nicht platzsparend, was dazu führt, dass viele Standorte nicht erschlossen werden können oder die Zugänglichkeit durch die Verringerung von Gehwegbreiten eingeschränkt wird. Die Größe und Einbaulage herkömmlicher Ladeinfrastruktur macht sie anfällig für Beschädigungen durch Fahrzeuge oder Vandalismus. Die Anpassung der bestehenden Ladeinfrastruktur an schnelle Bedarfssteigerungen ist aufgrund der unzureichen-

den Skalierbarkeit durch aufwendige Baumaßnahmen und mangelhafte Vorbereitungsmöglichkeiten erschwert. Vor allem die genannten aufwendigen Baumaßnahmen verursachen hohe Kosten bei Neuinstallationen. Im Falle einer Wartung entstehen Kosten durch vermeidbare Ausfallzeiten. Zudem können eine zu hohe Komplexität der Bedienelemente oder uneinheitliche Bezahlmethoden eine Barriere für nicht technikaffine Personen darstellen.



LÖSUNGSBESCHREIBUNG

Die zuvor beschriebenen Herausforderungen im Zusammenhang mit der notwendigen flächendeckenden öffentlichen Ladeinfrastruktur bildeten die Grundlage für die Entwicklung des Ladebordsteins von Rheinmetall.

KONZEPT UND TECHNOLOGIE

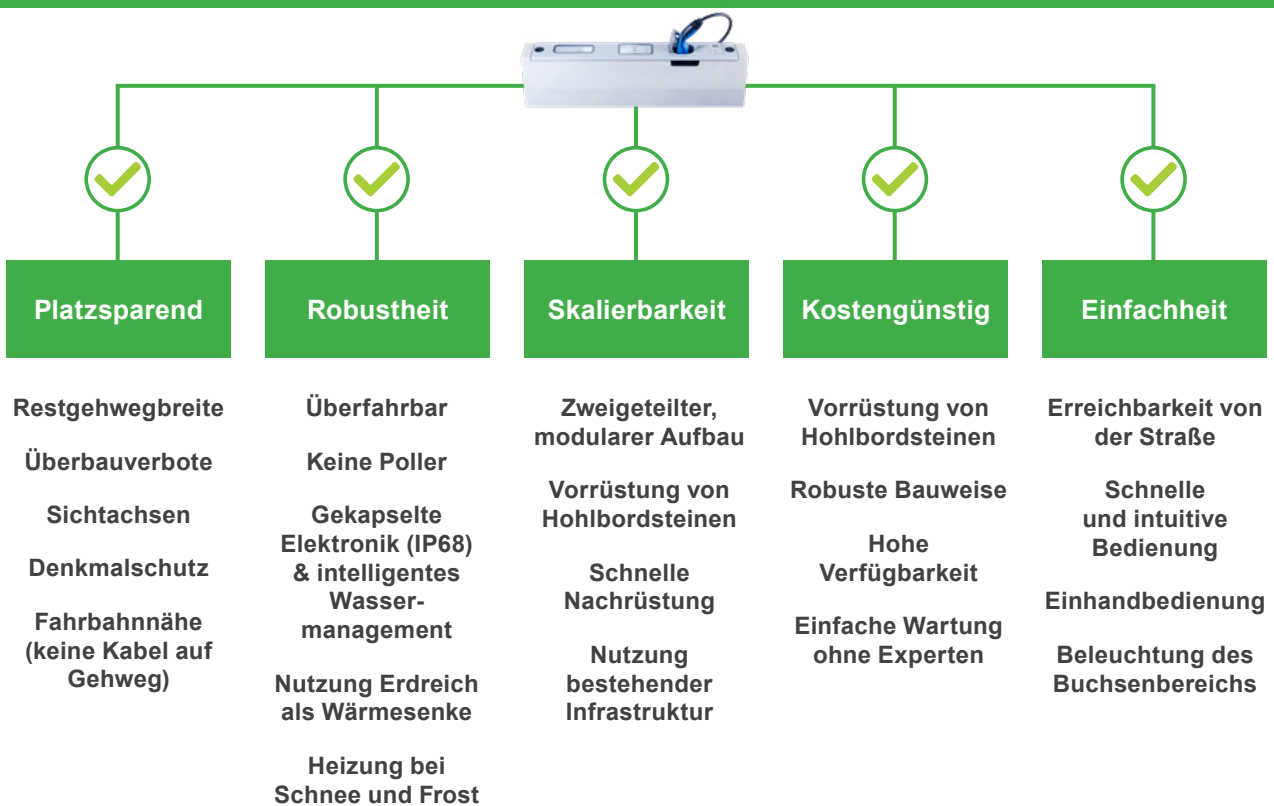
Damit Bedarf und Lösung nicht im Widerspruch stehen, denkt der Ladebordstein Ladeinfrastruktur von Grund auf neu – platzsparend, robust und modular skalierbar. Hohe Verfügbarkeit bei einfacher Bedienung direkt vor der Haustür des Kunden.

Im folgenden Abschnitt wird darauf eingegangen, wie der Ladebordstein die Anforderungen im städtischen Raum erfüllt.

Platzsparende Integration der Ladeinfrastruktur in den Bordstein

Aufgrund seines kompakten Designs und der intelligenten Nutzung vorhandener städtischer Infrastruktur kann der Ladebordstein nahezu überall installiert werden, ohne dass es zu Problemen mit Restgehwegbreiten, Überbauverboten von Versorgungsleitungen, der Störung von Sichtachsen oder dem Denkmalschutz kommt. Die Ladeelektronik wird dabei in die genormten Maße eines Bordsteins integriert, sodass eine nahtlose Integration in das Stadtbild möglich ist. Gleichzeitig werden durch das Einstecken des Ladekabels in den Bordstein – und damit in das dem Fahrzeug nächstgelegene Infrastrukturteil – auf dem Gehweg liegende Ladekabel und damit auch Stolperfallen reduziert und die Begehrbarkeit der Bürgersteige optimiert.

ANFORDERUNGEN



Robustes Design

Der Ladebordstein wurde für die anspruchsvollen Bedingungen im öffentlichen Straßenraum konzipiert. Seine Einbaulage gewährleistet, dass er von PKWs und LKWs problemlos angefahren und überfahren werden kann. Im Gegensatz zu herkömmlichen Ladesäulen wird der Nutzer beim Einfahren in die Parkbucht nicht durch die Ladeinfrastruktur behindert und er kann wie gewohnt einparken. Zudem ist es dank des robusten Verbaus des Ladebordsteins nicht notwendig, die Ladestation durch Poller vor Beschädigungen zu schützen.

Das System wurde so entwickelt, dass es das ganze Jahr über eine konstante Leistung erbringt. Im Sommer wird die kühlende Wirkung des Erdreichs genutzt, um eine dauerhaft hohe Ladeleistung zu gewährleisten. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt wird der Ladebordstein beheizt, um die Ansammlung von Schnee und Eis präventiv zu verhindern und diesen sichtbar und funktionsfähig zu halten. Ein mehrstufiges Wassermanagement über Kapselung (IP68), Wasserabläufe und Dichtungen gewährleistet einen zuverlässigen Betrieb bei allen Wetterbedingungen. Sollte sich Wasser im Straßenzug stauen und einen sicheren Ladevorgang verhindern, wird dieser über einen Wasserstands-Sensor unterbrochen, bevor der Fehlerstrom-Schutzschalter auslöst und ein Service-Einsatz notwendig werden würde.

Skalierbares, modulares Design

Die Skalierbarkeit wird dadurch erzielt, dass der Ladebordstein aufgrund seiner kompakten Maße und der nahtlosen Integration nahezu überall im städtischen Raum verbaut werden kann. Dadurch können auch schwer erschließbare, aber gleichzeitig hochfrequentierte und attraktive Standorte mit eingeschränktem Platzangebot erschlossen werden. Durch die gekapselte Elektronik und die Möglichkeit des einfachen, temporären Ausbaus können z.B. auch überflutungsgefährdete Gebiete mit Ladeinfrastruktur erschlossen werden.

Zu diesem Zweck ist der Ladebordstein zweiteilig aufgebaut: Die Maße des Bordsteins selbst entsprechen einem genormten Standardbordstein wodurch er äquivalent verbaut werden kann. So können im Zuge einer Baumaßnahme CAPEX-effizient ganze Straßenzüge mit Hohlbordsteinen vorgerüstet werden, ohne bereits für alle Systeme eine Lade-funktion vorzusehen. Das Lademodul ist separat ausgeführt und kann zur Nachrüstung und Montage problemlos ein- und ausgebaut werden. Eine Schnellkupplung verbindet das Modul innerhalb kürzester Zeit wieder mit dem Niederspannungsnetz. Mit wachsender Elektroflotte können die vorge-rüsteten Hohlbordsteine dann einfach mit der erforderlichen Technik ausgestattet und in Betrieb genommen werden.

Kosteneffiziente Installation und Betrieb

Dank der im vorherigen Kapitel beschriebenen Möglichkeit zur Vorrüstung können z.B. im Zuge einer Baumaßnahme wie Glasfaserverlegung oder einer Versorgungssanierung viele Hohlbordsteine gesetzt werden, was Synergien im Tiefbau erschließt und damit die Tiefbaukosten je Ladepunkt signifikant reduziert. Im Schadensfall kann das Modul schnell getauscht und ohne tiefgreifende Systemkenntnisse vor Ort wieder in Betrieb genommen werden. Dadurch können Ausfallzeiten reduziert und die Betriebszeit erhöht werden. Ebenfalls bleibt der Ladestandort somit langfristig auf dem aktuellen Stand – alte Hardware kann ohne Baumaßnahme gegen neue Hardware getauscht werden.

Zusätzlich wird aktuell an Möglichkeiten gearbeitet, die Tiefbaukosten durch eine modulare Verlegung der elektrischen Zuleitung unmittelbar unterhalb der Gehwegplatten weiter zu reduzieren. Neben den Verbaukosten wird dadurch auch der Baustellenumfang signifikant optimiert, was den Anwohnern zugutekommt. Die modularen Kabelschutzelemente sollen zeitnah in einem Pilotprojekt getestet werden.

Einfache Bedienbarkeit und barrierearmer Zugang

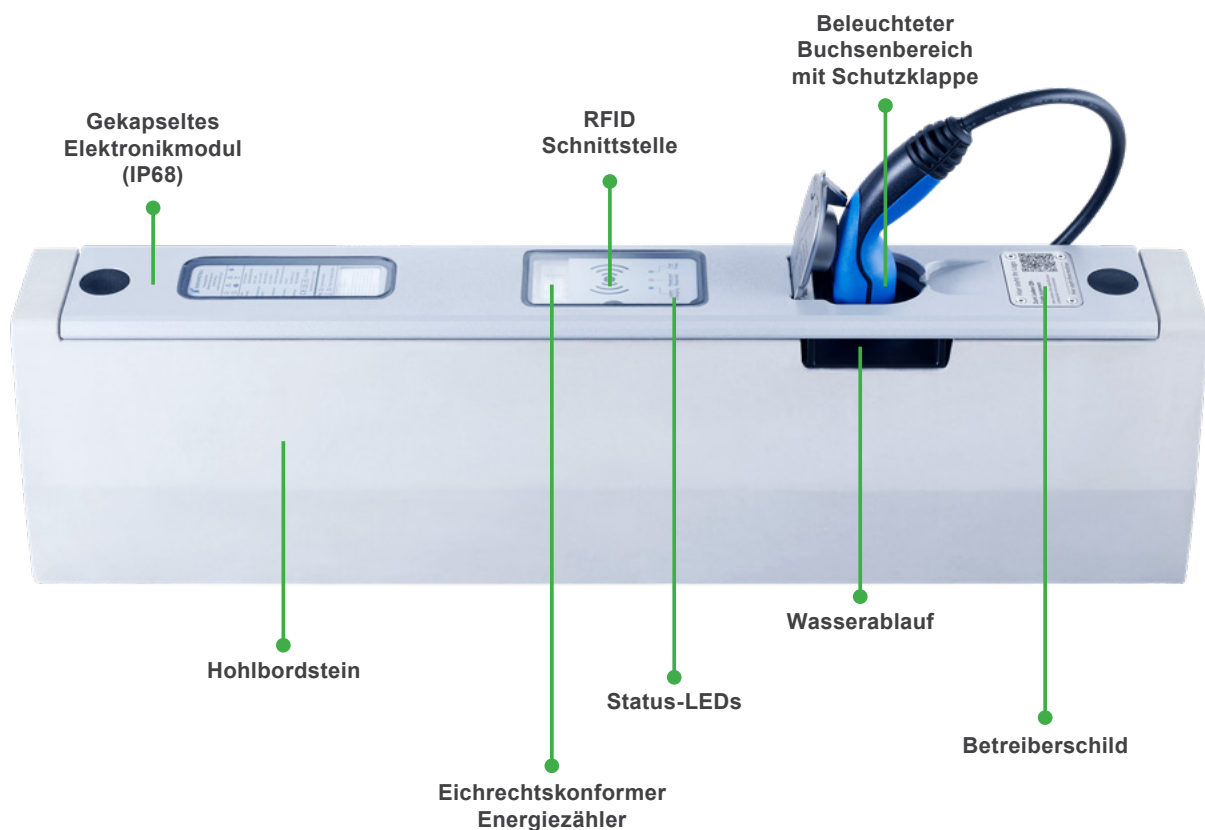
Bei der Entwicklung wurde der Fokus auf eine optimale Benutzerfreundlichkeit und Ergonomie gelegt. Der Ladebordstein kann ebenerdig von der Straße aus bedient werden, benötigt aufgrund seiner Überfahrbarkeit keine Poller und gewährleistet eine hohe Zugänglichkeit. Um nach Autorisierung mittels Ladekarte, Smartphone-App oder QR-Code einen hohen Komfort beim Einstecken des Ladekabels zu gewährleisten, kann die Steckdosenklappe mit dem Ladestecker einhändig geöffnet werden. Dadurch wird das Berühren des möglicherweise schmutzigen Bordsteins vermieden und der Einsteckkomfort erhöht. Die vertikale Ausrichtung der Ladebuchse ermöglicht dem Kunden ein komfortables und beinahe kraftloses Einstecken.

Farbige Status-LEDs informieren den Nutzer über den aktuellen Betriebszustand, um schnell und einfach eine Statuskontrolle des Ladevorgangs und das Erkennen eines Fehlers zu ermöglichen. Während des Betriebs sind die Systeme beleuchtet, sodass Stecker und Kabel immer gut sichtbar sind und keine Stolpergefahr darstellen.

Das System wurde auch von Nutzergruppen mit Mobilitätseinschränkungen getestet. Die oben genannten Punkte werden als Vorteil gegenüber konventionellen Ladesäulen gesehen. Für Personen im Rollstuhl, für die eine Nutzung aufgrund der geringeren Einsteckhöhe nicht oder nur schwer möglich ist, wurde eine Einsteckhilfe entwickelt, die an handelsübliche Ladestecker montiert werden kann und die Erreichbarkeit verbessert. Die Tests mit diesen Systemen verliefen äußerst vielversprechend, sodass die Einsteckhilfe in Kürze auf dem Markt verfügbar sein wird.

TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN

- bis 22 kW Ladeleistung (3x230V/400V+N+PE, 32 A, 50 Hz)
- Autorisierung via QR-Code, Smartphone-App oder RFID-Karte
- gekapseltes Elektronikmodul (IP68)
- 4G-Modem, Ethernet
- OCPP1.6
- intelligentes Lastmanagement
- intuitive Einhandbedienung ohne Bordsteinkontakt
- modularer Aufbau für einfache Wartung und schnelle Nachrüstbarkeit
- Status-LEDs
- beleuchteter Ladebuchsenbereich
- Kühl- und Heizkonzept
- integrierte Fehlerstromerkennung, Überspannungsschutz Typ2/3, Schützklebe- und PE-Überwachung
- eichrechtskonform



EINSATZSZENARIEN UND USE-CASES

Der Ladebordstein ist optimal auf die Anforderungen einer öffentlichen Lademöglichkeit im urbanen Raum abgestimmt – gleichzeitig stellt dieser Use-Case die höchsten Anforderungen. Neben dem Laden am Straßenrand können weitere Nutzungsmöglichkeiten adressiert werden. Vom Laden beim

Arbeitgeber über Außenstellplätze an Ein- oder Mehrfamilienhäusern bis hin zu Geschäftsparkplätzen bringt das System die notwendigen Funktionalitäten mit, um dem Nutzer ein einfaches, schnelles und komfortables Laden zu ermöglichen.

IMPLEMENTIERUNG/PILOTPROJEKT

Die TankE und die Stadt Köln zeigten bereits in einer frühen Entwicklungsphase großes Interesse am Ladebordstein. Um die Perspektiven der zahlreichen Stakeholder im öffentlichen Straßenraum möglichst umfassend im Design zu berücksichtigen, fand ein regelmäßiger und konstruktiver Austausch statt. So konnten von Anfang an sowohl die städtische Sichtweise als auch die Anforderungen der Betreiber in die Entwicklung einfließen.

Interne Nutzerstudien bei Rheinmetall stellten sicher, dass die Bedürfnisse der Anwender in hohem Maße berücksichtigt wurden. Dabei wurden neben gesunden Probanden auch Personen mit eingeschränkter Mobilität einbezogen, um ein breites Spektrum an Anforderungen abzudecken.

Um die Praxistauglichkeit im öffentlichen Raum sicherzustellen, testeten die Partner seit April 2024 gemeinsam die Ladebordsteine an mehreren Standorten im Kölner Stadtgebiet. Ziel des Projekts war die Validierung der Nutzerakzeptanz, der städtebaulichen und gestalterischen Vorteile sowie der Funktionalität und Resilienz der Systeme gegenüber Umwelteinflüssen, Vandalismus und Alterung. Die Rückmeldungen und die Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt fließen in die Weiterentwicklung der Systeme ein.

PROJEKTPARTNER

Rheinmetall AG

Rheinmetall ist ein international führender Technologiekonzern mit Sitz in Düsseldorf, der innovative Lösungen für Mobilität und Sicherheit entwickelt. Neben seiner Rolle als namhafter Partner der Automobilindustrie und Anbieter modernster Verteidigungstechnologie setzt Rheinmetall auf zukunftsweisende Projekte im Bereich der Elektromobilität. Mit über 30.000 Mitarbeitern an Standorten in mehr als 30 Ländern verbindet Rheinmetall globale Präsenz mit

deutscher Ingenieurskunst. Der Konzern legt großen Wert auf Forschung und Entwicklung, um zukunftsweisende Lösungen zu schaffen, die sowohl ökologische als auch gesellschaftliche Herausforderungen adressieren. Dabei steht Rheinmetall für Qualität, Zuverlässigkeit und technologische Führerschaft – Werte, die das Unternehmen seit über einem Jahrhundert prägen.

TankE GmbH

Die TankE GmbH plant, baut und betreibt Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Als Tochterunternehmen der RheinEnergie ist TankE Wegbereiter für eine moderne und klimafreundliche Mobilität in Köln und der Region. Industrie- und Gewerbekunden, Flottenbetreiber und die Immobilienwirtschaft sowie Kommunen und Stadtwerke vertrauen auf die langjährige Erfahrung in der Umsetzung von Ladeinfrastrukturprojekten. Das Unternehmen kennt insbesondere die Herausforderungen der Kommunen, öffentliche Ladeinfrastruktur möglichst städtebaulich verträglich zu errichten.

Stadt Köln

Über 1,09 Millionen Einwohner leben in Köln, damit ist Köln die viertgrößte Stadt Deutschlands und größte Stadt in NRW. Köln ist eine Stadt im Wandel und möchte eine moderne und umweltfreundliche Mobilität aktiv gestalten. Der Ladebordstein verspricht dabei den großen Vorteil, dass er bis auf den Anschlusskasten in der bereits vorhandenen Infrastruktur des öffentlichen Straßenraumes eingesetzt werden kann. Dies kommt wichtigen Themen wie zum Beispiel den notwendigen freien Gehwegbreiten, Sichtachsen, vermeidbarem Überbau von Medienversorgung im Gehweg, dem Denkmalschutz in der Planung und der Umsetzung zugute. Die Stadt Köln hat daher frühzeitig mit einer Absichtserklärung ihr Interesse an einem Pilotprojekt bekundet und die Umsetzung ermöglicht.



STANDORTAUSWAHL UND TESTBEDINGUNGEN

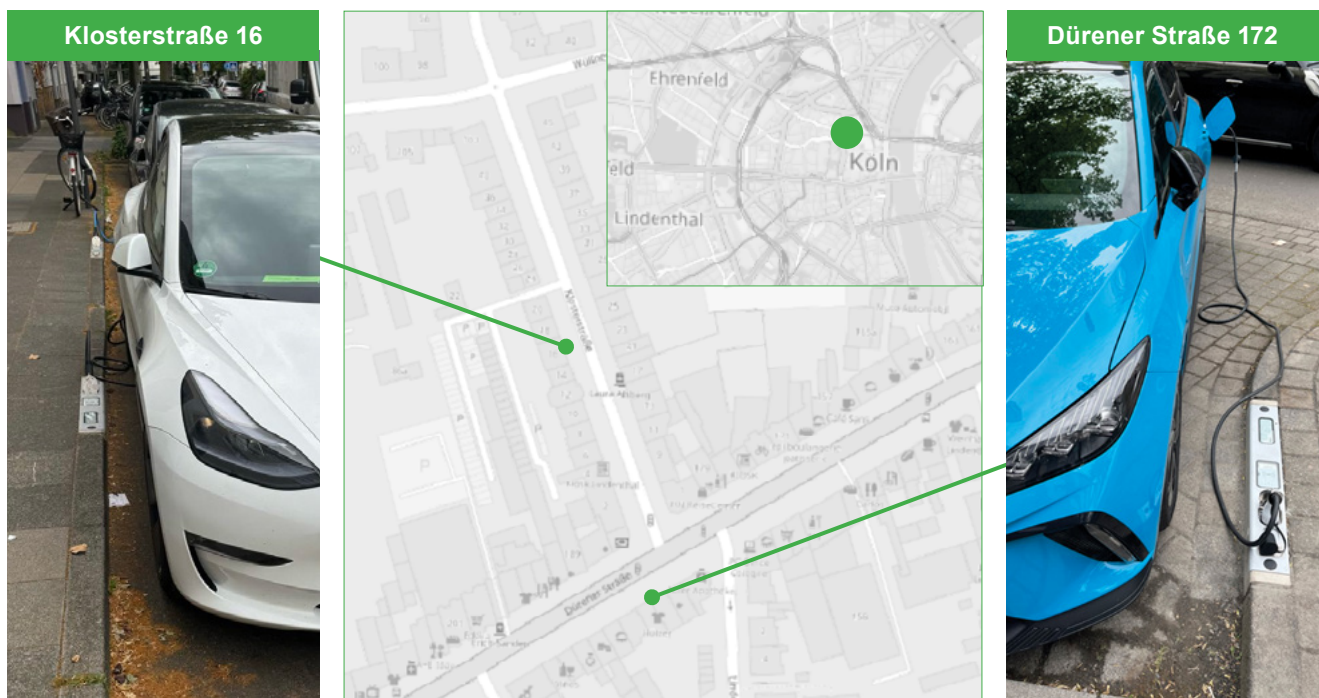
Im Rahmen des Pilotprojekts wurden die Ladebordsteine an zwei Standorten in Köln Lindenthal getestet. Lindenthal ist ein Stadtteil im Westen Kölns, der sich durch eine Mischung aus Wohngebieten und großen Grünflächen auszeichnet. Im Jahr 2023 lebten hier knapp 31.000 Menschen mit einem Durchschnittsalter von 42 Jahren. Die beiden Standorte an der Dürener Straße 172 und der Klosterstraße 16 wurden gezielt aufgrund ihrer unterschiedlichen Rahmenbedingungen ausgewählt: In der Dürener Straße liegt Mischbebauung (Wohnen und Gewerbe) vor, während die Klosterstraße eine Wohnstraße mit vorwiegend privater Nutzung ist. Diese Vielfalt ist entscheidend, um zu verstehen, wie sich verschiedene städtebauliche Kontexte, Nutzergruppen und Verkehrsaufkommen auf die Nutzung der Ladebordsteine auswirken. Beispielsweise könnten in der Wohnstraße längere Standzeiten und eine regelmäßige Nutzung durch Anwohner dominieren, während in der Mischbebauung häufigere, aber kürzere Ladevorgänge durch Pendler oder Besucher zu erwarten sind.

Um alle vier Jahreszeiten abzudecken, erstreckte sich die Validierung über ein Jahr. Dieser Zeitraum ist wichtig, da Witterungsbedingungen wie Regen, Schnee oder Hitze die

Technik und das Nutzerverhalten unterschiedlich beeinflussen können. So wurde sichergestellt, dass die Ladebordsteine unter allen klimatischen Bedingungen zuverlässig funktionieren und mögliche Schwachstellen frühzeitig erkannt werden.

Das Projekt wurde durch eine umfassende Dokumentation begleitet. Erfasst wurden die Nutzungshäufigkeit, die technische Leistungsfähigkeit und das Nutzerfeedback. Die Nutzungshäufigkeit zeigt, wie gut die Ladebordsteine angenommen werden und ob sie den Bedürfnissen der Nutzer gerecht werden. Die technische Analyse dient dazu, die Zuverlässigkeit und die Wartungsanforderungen der Systeme zu bewerten – ein entscheidender Faktor für eine mögliche großflächige Einführung. Das Nutzerfeedback liefert wertvolle Erkenntnisse über Akzeptanz und Benutzerfreundlichkeit, um die Technologie bedarfsgerecht weiterzuentwickeln.

Durch dieses Vorgehen soll eine fundierte Grundlage geschaffen werden, um die Einsatzmöglichkeiten von Ladebordsteinen in urbanen Räumen zu bewerten und ihren Beitrag zur Förderung der Elektromobilität zu optimieren.





EINBAU UND INSTALLATION

Bei der Entwicklung wurde großer Wert auf eine einfache Nachrüstbarkeit und Wartung gelegt. Der modulare Aufbau des Ladebordsteins ermöglicht bei ohnehin notwendigen Baumaßnahmen bereits Hohlbordsteine vorbereitend einzubauen und diese bei steigendem Bedarf schnell und unkompliziert mit Ladeelektronik auszustatten. Die Nachrüstung ist dabei in wenigen Minuten ausführbar – ebenso die Wartung, wofür die Elektroneinheit einfach entnommen werden kann.

Um der Skalierbarkeit Rechnung zu tragen, wurde der Ladebordstein so entwickelt, dass er wie ein herkömmlicher Bordstein verbaut und dementsprechend durch jedes qualifizierte Tiefbauunternehmen eingesetzt werden kann. Wichtig für den sicheren Betrieb des Ladebordsteins ist neben den geltenden Normen ein höhengerechter Verbau sowie das Vorsehen zweier Leerrohre unter dem Bordstein zur Wasserabführung und dem Schutz von Anschlussleitungen. Die entsprechenden Prozessschritte sind ausführlich dokumentiert und beschrieben.

Die Installation von Ladebordsteinen folgt einer effizienten und standardisierten Vorgehensweise. Im öffentlichen Raum erfolgt die Stromversorgung i. d. R. über einen neuen Netzzanschluss, der beim zuständigen Netzbetreiber beantragt wird. Abhängig von der benötigten Ladeleistung wird das neue Netzkabel an ein bestehendes Netz angebunden.

Um den Energieverbrauch korrekt zu erfassen, wird eine Zähleranschluss säule (ZAS) installiert, von der aus die sternförmige Verkabelung der einzelnen Ladebordsteine erfolgt. Sofern möglich, können im öffentlichen Raum bereits vorhandene ZAS mitgenutzt werden. Ist eine neue ZAS

erforderlich, kann diese flexibel platziert werden. Auch versenkbare Varianten stehen zur Auswahl. Bei Bedarf können die Versorgungskabel im Rohr verlegt werden. Der Einbau des Ladebordsteins erfolgt analog zu herkömmlichen Bordsteinen, ohne dass ein schweres Fundament erforderlich ist. Dies reduziert den Installationsaufwand erheblich.

Das Lademodul wird über eine Schnellkupplung mit dem Versorgungskabel verbunden, was eine einfache und effiziente Installation ermöglicht. Anschließend wird das Lademodul in den Ladebordstein eingesetzt und sicher verschraubt.

BETRIEB UND SERVICE

Der Betrieb der Ladebordsteine ist mit herkömmlichen Ladestationen vergleichbar. Da es sich um eine elektrische Anlage handelt, ist auch hier eine regelmäßige Wartung erforderlich. Sie unterliegen den gleichen Sicherheits- und Wartungsanforderungen wie andere Ladestationen. Ein wesentlicher Vorteil liegt jedoch in der modularen Bauweise. Im Falle eines technischen Defekts entfällt die aufwendige Fehlersuche und Reparatur vor Ort. Stattdessen kann das Lademodul von einer einzelnen Person entnommen, in der Werkstatt geprüft und instandgesetzt werden, während gleichzeitig ein neues Modul eingesetzt wird.

Diese Methode reduziert die Auswirkungen wetterbedingter Herausforderungen, die bei herkömmlichen Ladestationen häufig auftreten, und minimiert sowohl den Zeit- als auch den Personalaufwand. Dadurch wird eine schnelle Wiederinbetriebnahme der Ladebordsteine gewährleistet und die Verfügbarkeit der Infrastruktur jederzeit sichergestellt.

EVALUATION

VALIDIERUNG DER TECHNIK

Um ein Gesamtbild von Haltbarkeit, Funktionalität und Praxistauglichkeit zu erhalten, wurde der Zustand der Ladebordsteine an beiden Standorten über das ganze Jahr hinweg alle zwei Wochen umfangreich dokumentiert. Die Dokumentation umfasste drei Hauptbereiche: optische Prüfung, technische Prüfung sowie das Auslesen von Daten.

Optische Prüfungen: Diese konzentrierten sich auf den äußeren Zustand und die physische Integrität der Ladebordsteine. Es wurde untersucht, ob Verschleiß, Verschmutzung, Beschädigungen oder Umwelteinflüsse die Struktur, die Lesbarkeit der Informationen oder das optische Erscheinungsbild beeinträchtigten. Der Fokus lag auf der Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen wie Witterung, Nutzung oder Vandalismus.

Technische Prüfungen: Hier stand die Funktionalität im Vordergrund. Geprüft wurden die Zuverlässigkeit des Ladevorgangs, die Mechanik (z. B. Beweglichkeit von Klappen oder Verriegelungen), die elektronischen Komponenten (wie Kommunikationsmodule oder Anzeigen) sowie die Dichtigkeit und Sicherheit des Systems. Ziel war es, die technische Stabilität und Benutzbarkeit unter realen Bedingungen zu bewerten.

Datenauslesung: Durch das Auslesen interner und externer Datenlogger konnten die Systemzustände über längere Zeiträume analysiert werden. Dies ermöglichte Einblicke in die Performance und Betriebsparameter der Ladebordsteine. Darüber hinaus wurden alle Ladepunkte in ein E-Mobility Backend eingebunden. Damit konnten alle Ladevorgänge in Echtzeit erfasst und statistisch ausgewertet werden.

Technische und organisatorische Herausforderungen

Die Ladebordsteine haben sich über einen Testzeitraum von 12 Monaten als äußerst robust erwiesen. Trotz ihres erstmaligen Einsatzes im öffentlichen Raum und ihres Status als Prototypen überstanden sie die vielfältigen Belastungen durch Witterung, Nutzung und städtische Umweltbedingungen bemerkenswert gut. Während des gesamten Jahres traten nur sehr wenige kleinere technische Probleme auf.

Unter anderem fiel im Mai die GSM-Verbindung eines Systems aus, was durch einen Hard-Reset behoben werden konnte. Im Frühjahr sammelten sich vereinzelt Verschmutzungen wie Pollen oder kleine Blätter im Bereich um die Ladebuchse herum an, ohne in diese zu gelangen. Obwohl es sich hierbei lediglich um eine optische Beeinträchtigung handelte, wurde im Herbst eine optimierte Geometrie des Bereiches nachgerüstet, um die Wahrscheinlichkeit des Dreckeintrags in die Ladebuchse zu reduzieren. Im September wurde bei einem System eine reduzierte Ladeleistung festgestellt, die auf eine fehlerhafte Einstellung des OCPP Smart Charging Parameters im Backend zurückzuführen war. Durch Anpassung des Parameters konnte das Problem behoben werden.

Auch kam es zu einem ausgelösten Fehlerstromschutzschalter (FI/LS), der entweder durch ein Fahrzeug oder ein kundenseitiges Ladekabel verursacht wurde. Im November führten Wackelkontakte an zwei SIM-Verlängerungen, die die Montage kundenspezifischer SIM-Karten im gekapselten System ermöglichen, dazu, dass zwei Systeme partiell nicht korrekt erreichbar waren. Durch den kurzfristigen Einsatz von Verlängerungen eines anderen Anbieters konnte dieses Problem behoben werden. Der letzte Fehler trat im März 2025 auf, als eine fehlerhaft montierte Dichtung am Typ2-Verriegelungsaktuator zu Korrosion führte, sodass dieser versagte.



Problem	Betroffene Systeme	Service-Einsatz	Ursache	Tag des Auftretens
Ausfall GSM Verbindung	1		Unbekannt, Hardreset behebt Problem	22.05.2024
Dreckansammlung im Bereich um die Ladebuchse	4		Pollenflug/kleine Blätter insb. bei Trockenheit	Frühjahr 2024
Laden mit verringerter Leistung	1		Fehlerhafte OCPP Smart Charging Parameter im Backend	24.09.2024
Ausgelöster FI/LS	1		Fahrzeug oder kundenseitiges Ladekabel	07.11.2024
Sporadischer Ausfall GSM Verbindung	2		Vereinzelte unzuverlässige Kontakte der SIM-Verlängerung	20.11.2024
Ausfall Typ2 Aktuator	1		Fehlerhafte Montage einer Dichtung, Korrosion im Aktuator	04.03.2025

Funktionskritische Fehler konnten in der Regel innerhalb eines Tages behoben werden, sodass die Verfügbarkeit mit >99% insgesamt sehr hoch war. Die Ergebnisse unterstreichen die Praxistauglichkeit und Zuverlässigkeit der Systeme und zeigen, dass die Ladebordsteine auch unter realen Bedingungen eine stabile Grundlage für den Einsatz in der urbanen Elektromobilität bieten.

Erfahrungen aus dem städtischen Umfeld

Die Ladebordsteine wurden von den Anwohnern nahezu durchweg positiv aufgenommen. Sie schaffen eine dringend benötigte Lademöglichkeit vor Ort und decken damit einen konkreten Bedarf. Zudem sorgen sie regelmäßig für Gesprächsstoff, da die innovative Technik vielen unbekannt ist und Neugierde weckt. Dies unterstreicht die hohe Akzeptanz und das Interesse an dieser Lösung für die urbane Elektromobilität.

Eine Ausnahme bildete die Beschwerde einer Anwohnerin, die in ihrem Schreiben die Geräusche ladender Fahrzeuge und der zufallenden Metallklappe kritisierte. Nachdem die Metallklappe gedämpft wurde, äußerte sich die Anwohnerin sehr positiv über die Verbesserung.

Dieses Feedback zeigt, dass die Ladebordsteine nicht nur funktional überzeugen, sondern auch durch gezielte Anpassungen an die Bedürfnisse der Nutzer weiter optimiert werden können. Die überwiegend positive Resonanz untermauert ihren Mehrwert für die Anwohner.

Optimierungen während des Pilotprojekts

Trotz der positiven technischen Erfahrungen bildet das Pilotprojekt den Ausgangspunkt zahlreicher Optimierungen, die in produkt- und produktionsseitige Verbesserungen eingeflossen sind. Unter anderem wurde im Rahmen des Pilotprojektes der Buchsenbereich – also der Bereich, in dem die Ladebuchse eingelassen ist – überarbeitet. Hierbei wurde neben der Verbreiterung des Wasserablaufs ebenfalls die Steigung erhöht, potenziell blockierende Elemente entfernt und der Bereich mit einer Anti-Haft-Beschichtung ausgekleidet. Im Zuge der Anpassung wurde ebenfalls die Beleuchtung des Bereiches verbessert, da dies im Rahmen der Nutzerbefragung als eines der größten Potenziale identifiziert wurde. Durch die stärkere und besser positionierte Beleuchtung konnte sichergestellt werden, dass in sehr dunklen städtischen Bereichen das Umfeld der Ladebuchse sowie der eingesteckte Stecker ausreichend sichtbar sind.

Darüber hinaus wurde die Wartungsfreundlichkeit weiter verbessert, entsprechende Anleitungen erstellt, ein Ethernet-Port für lokales Lastmanagement hinzugefügt und das Derating so angepasst, dass die volle Ladeleistung von bis zu 22 kW auch bei heißen Temperaturen im Sommer länger zur Verfügung steht.

Auf Grundlage der vielfältigen Erkenntnisse und Rückmeldungen wurden die Systeme kontinuierlich und zügig optimiert. Durch das schnelle Handeln zeigten die Projektpartner, dass sie die Bedürfnisse und Erfahrungen der Anwender ernst nehmen und bereit sind, die Lösung iterativ zu verfeinern.

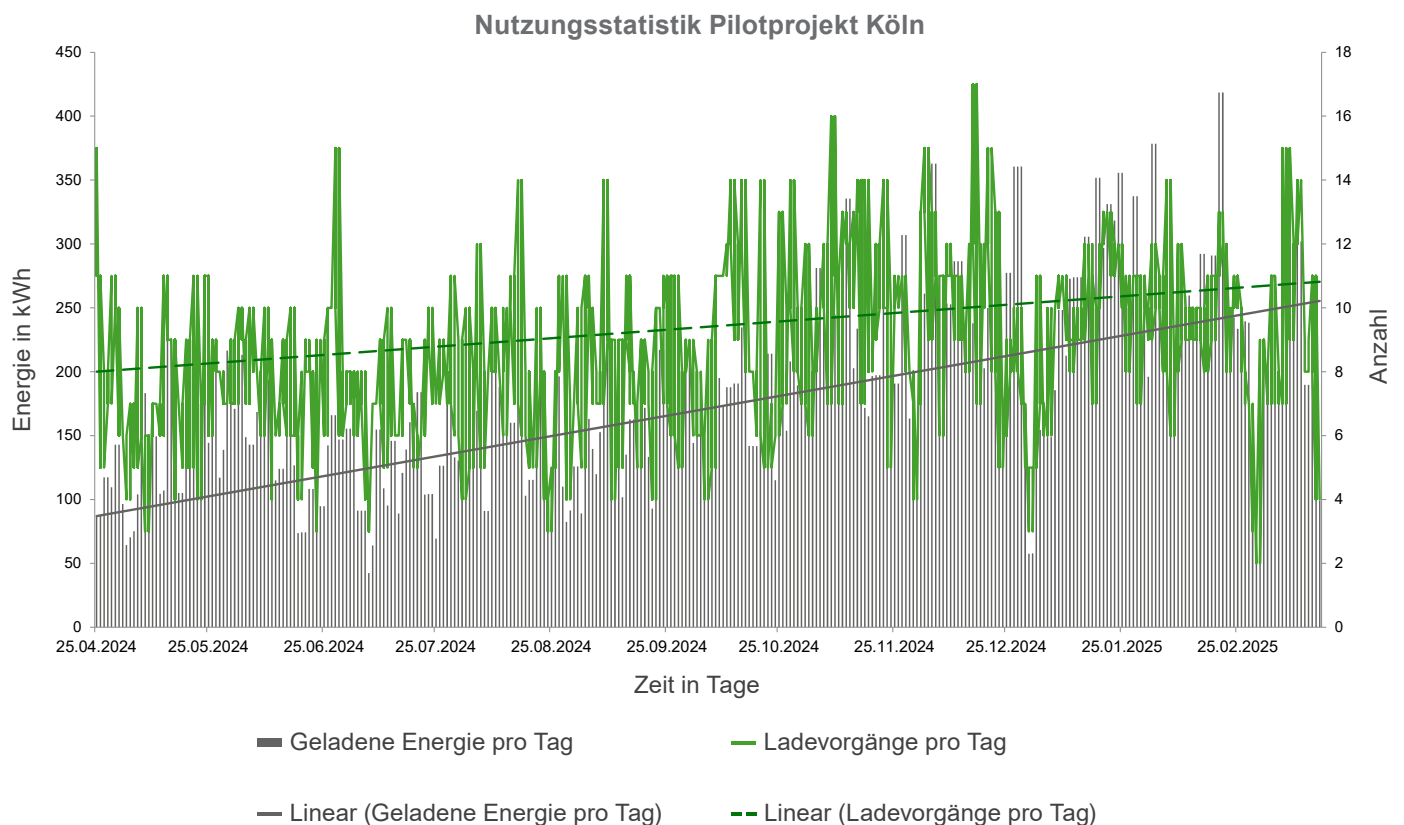
NUTZUNGSSTATISTIK

An den beiden Pilotstandorten wurden jeweils zwei Ladebordsteine installiert. Jeder Ladebordstein verfügt über einen Ladepunkt. Bei der Nutzungsstatistik ist zu berücksichtigen, dass das Laden im Zeitraum des Pilotprojektes kostenfrei möglich war. Gleichzeitig waren die Systeme in gängigen Lade-Apps aufgrund fehlender Eichrechts-Konformität zum Projektzeitpunkt nicht sichtbar. Die Nutzer mussten die Systeme daher entweder kennen oder bei der Suche nach Lademöglichkeiten im Straßenraum darauf aufmerksam werden.

Im Jahresverlauf ergaben sich leichte wochentagabhängige und saisonale Schwankungen, die mit den Ferien- und Urlaubszeiten korrelierten. Durch die große mediale Präsenz zu Beginn des Projekts wurden insbesondere in den ersten Tagen sehr viele kleinere Ladevorgänge interessierter Nutzer und Medienvertreter durchgeführt. Auch in den Wintermonaten mit kalten, regnerischen und partiell verschneiten

Tagen konnte keine Abnahme der Nutzung festgestellt werden. Die Anzahl der Ladevorgänge pro Tag stieg über den Testzeitraum leicht an und war eher durch die Verfügbarkeit begrenzt. Auch die abgegebene Energiemenge stieg an. Die starke Nutzung war also nicht nur auf das Interesse an der neuen Technik zurückzuführen, sondern konnte auch langfristig aufrechterhalten werden.

Wie bereits beschrieben, waren die Systeme insgesamt sehr zuverlässig und erreichten eine Verfügbarkeit von >99%. Die Auslastung, definiert als das Verhältnis von angeschlossener Zeit zu Gesamtzeit, lag im Projektzeitraum mit knapp 65 % auf einem sehr hohen Niveau. Eine Begrenzung der maximalen Ladedauer auf 4 Stunden, wie bei vielen Anbietern üblich, hätte die Anzahl der Ladevorgänge und die abgegebene Energie noch weiter steigern können. Zudem wurden die Systeme partiell durch Verbrenner oder nicht angeschlossene Elektrofahrzeuge fehlbelegt, was auch bei konventioneller Ladeinfrastruktur immer wieder zu beobachten ist.



Anzahl der Ladevorgänge

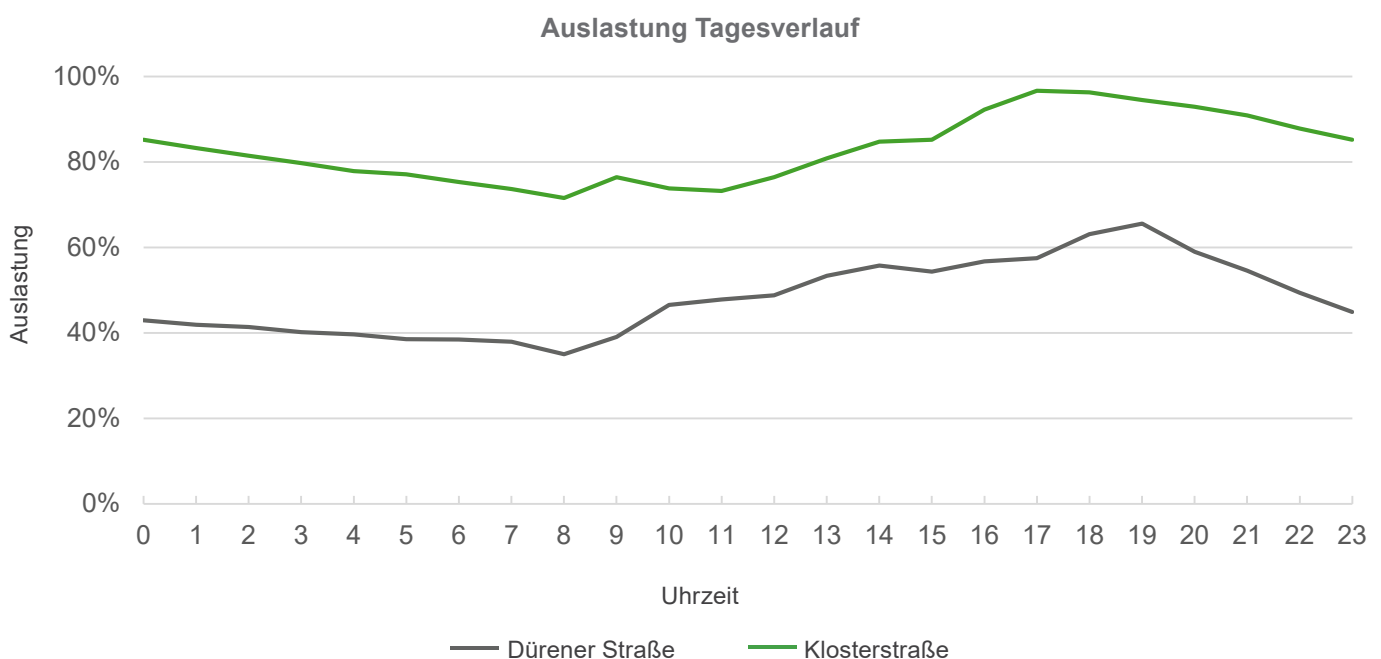
Seit dem Start des Pilotprojektes im April 2024 wurden innerhalb eines Jahres insgesamt über 3.000 Ladevorgänge getätigt. Zum Stichtag 19.03.2025 wurden die Ladevorgänge detailliert ausgewertet, der Auswertungszeitraum umfasst somit 329 Tage. Für die Auswertung wurden die Ladevorgänge zunächst validiert. Unplausible Ladevorgänge ohne Stromverbrauch, beispielsweise bei der Demonstration für die Medien in den ersten Tagen, sowie Test-Ladevorgänge, die im Jahresverlauf von TankE-Servicetechnikern und Rheinmetall durchgeführt wurden, wurden herausgefiltert. Somit sind in der vorliegenden Auswertung nur echte Ladevorgänge berücksichtigt.

Im Pilotzeitraum wurden insgesamt 2.829 validierte Ladevorgänge durchgeführt, die sich auf die beiden Standorte mit jeweils zwei Ladebordsteinen verteilten. Dies entspricht durchschnittlich 2,15 Ladevorgängen täglich pro Ladebordstein und somit pro Ladepunkt. Zwischen den beiden Standorten gab es dabei nur minimale Unterschiede: Am Standort Klosterstraße wurden im Pilotzeitraum 1.426 Ladevorgänge gezählt, in der Dürener Straße hingegen 1.403.

Beide Standorte liegen räumlich sehr nahe beieinander: Die Klosterstraße (Wohnbebauung) geht direkt von der Dürener Straße (Wohn- und Einkaufsstraße) ab. In der Dauer pro

Ladevorgang wird die unterschiedliche Lage deutlich: In der Dürener Straße betrug die Dauer pro Ladevorgang im Pilotzeitraum durchschnittlich 5,5 Stunden; daraus ergibt sich eine zeitliche Auslastung von 48 % pro Tag. In der Klosterstraße hingegen lag die Dauer pro Ladevorgang im Vergleich dazu mit 9,2 Stunden deutlich darüber; daraus ergibt sich eine zeitliche Auslastung von 83 % pro Tag. Die Dauer gibt dabei die Zeit vom Beginn des Ladevorgangs bis Beendigung durch den Nutzer an, also die gesamte Zeit, in der ein Ladebordstein belegt war. Dabei ist es unerheblich, ob das Auto tatsächlich die gesamte Zeit über geladen hat oder ob es beim Verlassen des Ladepunktes vollgeladen war. Bei der Auswertung zeigte sich, dass die Ladebordsteine aufgrund ihrer Lage direkt am Wohn- bzw. Einkaufsort, häufig deutlich über den Ladevorgang hinaus zum Parken bzw. als nächtlicher Stellplatz genutzt wurden. Auch dieses Problem könnte durch eine Begrenzung der maximalen Standdauer reduziert werden.

Das folgende Diagramm zeigt die durchschnittliche Auslastung der beiden Standorte im zeitlichen Verlauf. Es ist eine deutliche Spitze zwischen 17 und 19 Uhr zu erkennen, was darauf schließen lässt, dass vor allem viele Anwohner die Lademöglichkeit nutzen, wenn sie von der Arbeit nach Hause kommen



Verbrauchte Energie

An den beiden Standorten wurden im Pilotzeitraum insgesamt über 50 MWh geladen. Dies entspricht rund 19 kWh pro Ladevorgang, also in etwa der Energie, die ein durchschnittliches Elektroauto für eine Reichweite von ca. 120 km benötigt. Die geladene Strommenge war dabei an beiden Standorten in etwa gleich, sie unterschieden sich also vor allem in der Dauer, die in der Klosterstraße oft weit über den eigentlichen Ladevorgang hinausging.

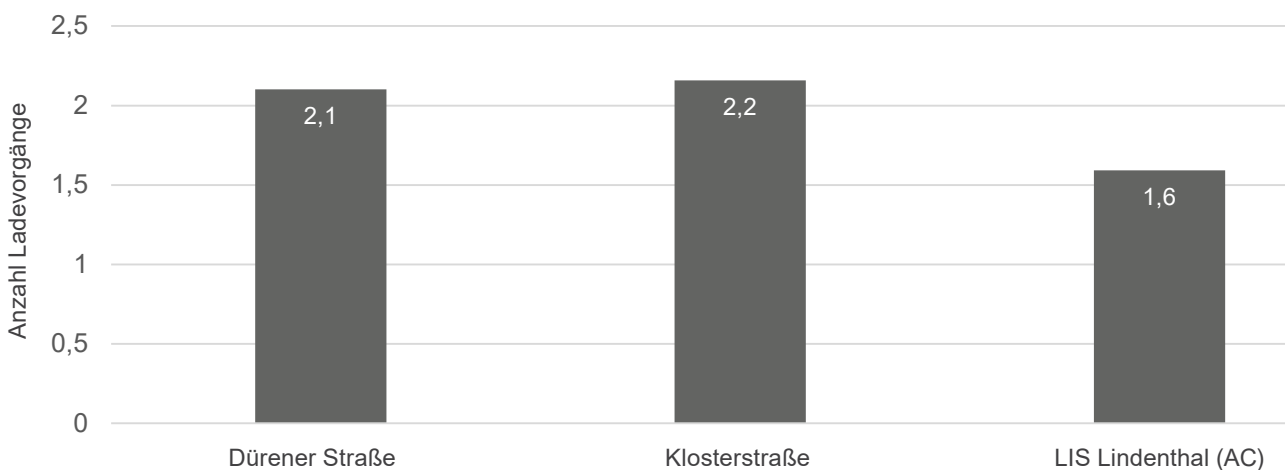
Vergleich mit herkömmlichen Ladesäulen

Für einen Vergleich mit herkömmlichen Ladesäulen wurden die Ladevorgänge an öffentlichen AC-Ladestationen im

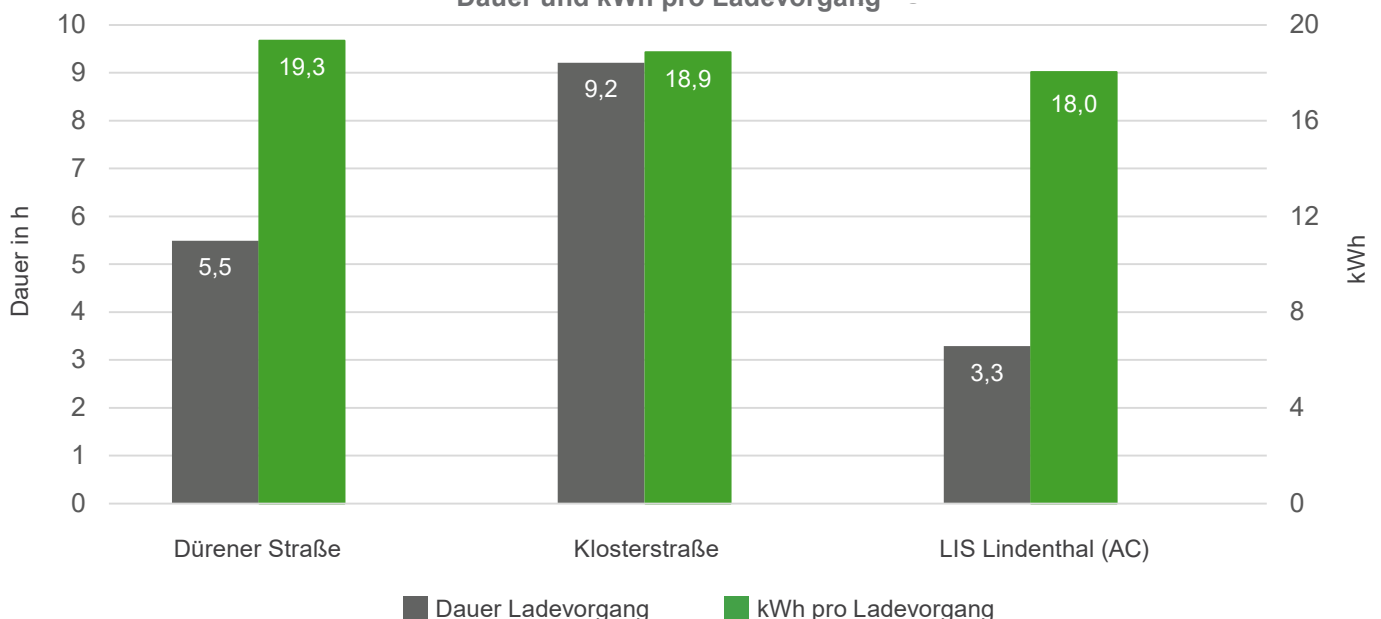
Stadtteil Köln Lindenthal betrachtet, die ebenfalls von TankE betrieben werden. Die Grafik zeigt die Anzahl der Ladevorgänge pro Tag und Ladepunkt für die beiden Standorte im Vergleich zum Durchschnitt der öffentlichen AC-Ladestationen in diesem Stadtteil. An den beiden Pilotstandorten war die Nutzung demnach überdurchschnittlich hoch.

Hinsichtlich der Dauer pro Ladevorgang zeigt sich, dass der Standort Klosterstraße eine deutlich höhere zeitliche Belegung aufwies als der Standort Dürener Straße sowie die anderen Ladepunkte in Köln Lindenthal. Die geladenen kWh pro Ladevorgang sind dabei an beiden Standorten vergleichbar mit herkömmlichen Ladesäulen im gleichen Stadtteil.

Ladevorgänge pro Tag pro Ladepunkt



Dauer und kWh pro Ladevorgang



Die anonyme Nutzerbefragung im öffentlichen Raum war für die Bewertung und Validierung des Ladebordsteins als innovative Technologie von zentraler Bedeutung, da sie authentische Einblicke in die Praxistauglichkeit und Akzeptanz des Produkts lieferte. Im Gegensatz zu vorab durchgeführten internen Nutzerstudien, die in kontrollierten Umgebungen mit ausgewählten Probanden stattfanden und oft spezifische Aspekte fokussierten, spiegelte die Befragung im öffentlichen Raum die tatsächlichen Bedingungen und das Verhalten einer breiteren, unvoreingenommenen Nutzergruppe wider. Nur durch das direkte Feedback der tatsächlichen Nutzer können Stärken und Schwächen identifiziert und Optimierungspotenziale aufgezeigt werden. Die Anonymität fördert dabei ehrliche und unverfälschte Rückmeldungen, da Hemmschwellen sinken und soziale Erwünschtheit minimiert wird.

Um diesem Ziel Rechnung zu tragen, wurde von den Projektpartnern ein Fragebogen mit 13 Fragen entwickelt:

- Der Hinweis auf die Befragung erfolgte über Hinweisschilder in den Parkbuchten. Über einen QR-Code konnte der Fragebogen freiwillig und anonym online ausgefüllt werden. Die Bearbeitungszeit betrug ca. 3-5 Minuten. Die Umfrage wurde am 06.08.2024 gestartet. Die Auswertung erfolgte bis zum 04.03.2025 mit dem Erreichen von 100 Rückmeldungen.

[illegible]

Das Teilnehmerfeld setzte sich aus 21 % Frauen und 78 % Männern zusammen. Der Unterschied im Testfeld ist auffällig, lässt sich aber teilweise durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen durch die Geschlechter erklären. Geschätzt wird, dass aktuell ca. 2/3 der Elektroautonutzer männlich und 1/3 weiblich sind. Ende 2020 lag der Anteil weiblicher Nutzer dem Vergleichsportals Verivox zufolge sogar bei nur 22 %.¹¹ Der überwiegende Teil der Befragten war mit rein batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) unterwegs.

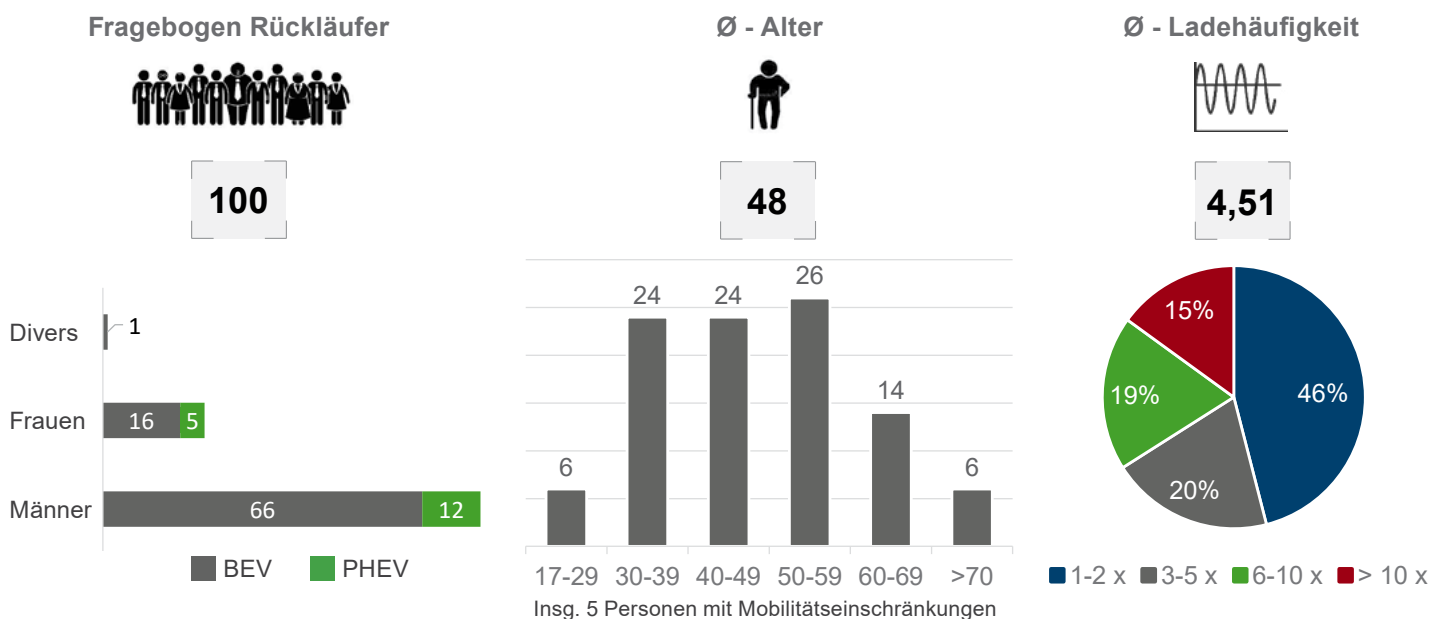
Der Altersdurchschnitt entsprach mit 48 Jahren in etwa dem Altersdurchschnitt der Gesamtbevölkerung in Deutschland (ca. 45 Jahre). Die Altersverteilung der Befragten war heterogen, wich aber in den Randbereichen vom Bundesdurchschnitt ab, sodass die 17- bis 19-Jährigen sowie die >60-Jährigen leicht unterrepräsentiert waren. Dies könnte neben

anderen Ursachen auf höhere Anschaffungskosten der Fahrzeuge und geringeres Interesse an technischen Veränderungen zurückgeführt werden.

Die Ladehäufigkeit war verteilt – so hatte knapp die Hälfte der Befragten zum ersten oder zweiten Mal geladen, die andere Hälfte dreimal oder häufiger. Dies ist wichtig, da erstmalige Nutzer noch nicht über Erfahrungswerte verfügen und insbesondere eine möglicherweise nicht-intuitive Bedienung deutlich stärker wahrnehmen als erfahrene Nutzer. Gleichzeitig ist ein großer Teilnehmerkreis erfahrener Nutzer wertvoll, da Optimierungspotenziale im Detail häufig erst nach mehrmaliger Nutzung auffallen.

Insgesamt trägt das heterogene Teilnehmerfeld dazu bei, ein breites Stimmungsbild aus der Bevölkerung zu erhalten.

¹¹ Verivox (2020): Elektroautos – mehr Männer, weniger Flensburg-Punkte



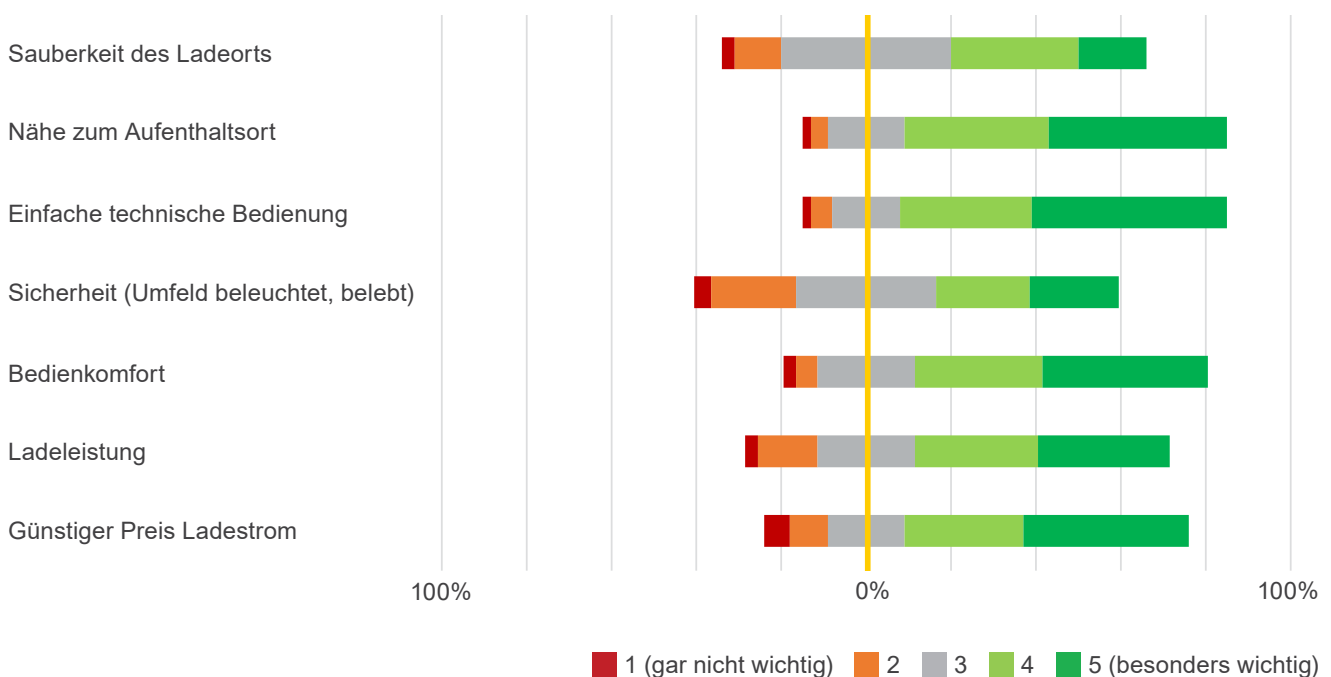
Gesamtergebnisse

Wichtige Aspekte von Ladelösungen

Als Grundlage für die spätere Interpretation und Kontextualisierung der Ergebnisse wurde zunächst gefragt, was den Teilnehmenden bei der Nutzung einer Ladelösung generell

wichtig ist. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die gelbe Linie bildet dabei die "neutrale" Position, rechts davon sind die Punkte von der Tendenz wichtiger, links davon unwichtiger.

Was ist Ihnen bei einer Ladelösung für E-Fahrzeuge allgemein wichtig?



Festzustellen ist, dass die meisten der abgefragten Punkte als wichtig angesehen wurden. Besonders wichtig sind die Nähe zum Aufenthaltsort sowie die einfache technische Bedienung – beides Punkte, die als Grundlage für die Entwicklung des Ladebordsteins dienen. Sicherheit und Sauberkeit wurden im Vergleich dazu als weniger wichtig eingestuft, wobei es bei der Bewertung der Sicherheit starke geschlechts-

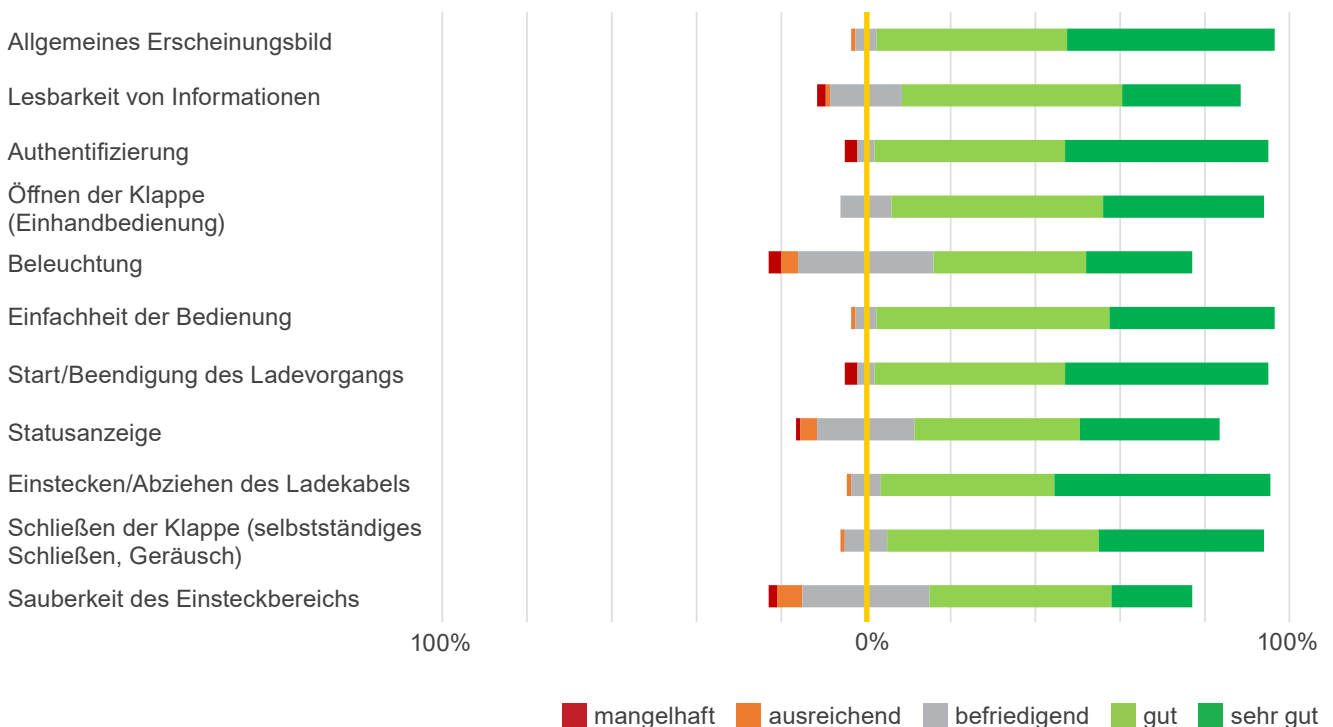
spezifische Unterschiede gab. Frauen bewerteten den Sicherheitsaspekt deutlich höher als Männer, während alle anderen Aspekte vergleichbar bewertet wurden. Bei den Kosten des Ladestroms gab es Differenzen zwischen den unterschiedlichen Altersklassen. Jüngere und ältere Nutzer erwiesen sich als preissensibler.

Bewertung Ladevorgang am Ladebordstein

Im Rahmen der zweiten Frage wurde erhoben, wie die Teilnehmenden den Ablauf des Ladens bewerten. Dazu wurden 11 Aspekte getrennt voneinander abgefragt. Die gelbe Linie

stellt eine "neutrale" Bewertung dar. Rechts davon waren die Nutzer mit den Bewertungen "sehr gut" und "gut" zufrieden, links davon mit den Bewertungen "ausreichend" und "mangelhaft" eher unzufrieden.

Wie bewerten Sie die folgenden Punkte des Ladebordsteins?



Insgesamt lässt sich aus der Befragung ein sehr positives Ergebnis ableiten, mit vereinzelt negativen Bewertungen, die in der Anzahl sehr begrenzt waren. Die positiven Bewertungen für die Authentifizierung, das Öffnen der Klappe über der Ladebuchse sowie das Einstecken und Abziehen des Lade Steckers zeigen, dass die zentralen Interaktionspunkte zwischen Ladebordstein und Nutzer sehr gut funktionieren. Zudem ist die Bewertung hier homogen und scheint nicht von externen Faktoren wie Alter, Geschlecht etc. abhängig zu sein.

Bei den schlechteren Bewertungen wurden oftmals keine Freitextkommentare eingefügt, sodass der Grund für die

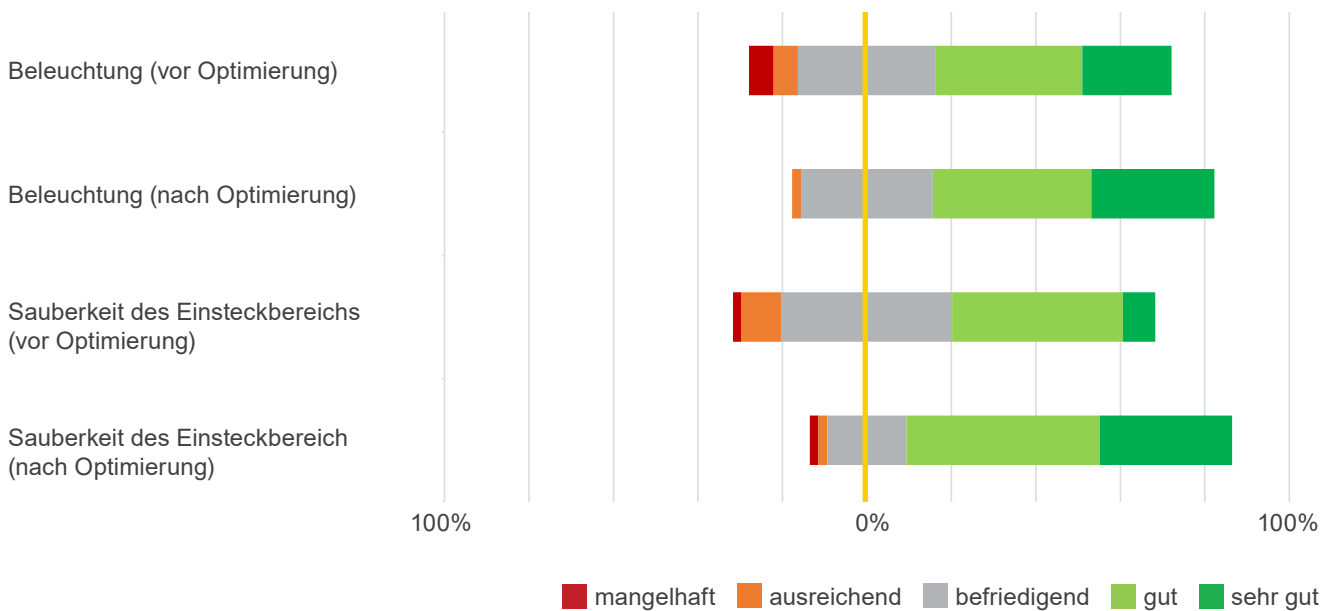
Bewertung nicht ersichtlich ist. Sauberkeit und Beleuchtung des Einsteckbereichs wurden schlechter bewertet als die anderen Aspekte, hier gab es den größten Anteil an Stimmen im Bereich befriedigend, mit wenigen Stimmen darunter.

Die Dokumentation des Zustandes der Systeme im zweiwöchentlichen Rhythmus bestätigte das Stimmungsbild. Wie zuvor beschrieben, wurden teilweise feine Verschmutzungen im Einsteckbereich, jedoch nicht in der Buchse festgestellt. Trotz der teilweise schlechteren Bewertung bezüglich dieser Aspekte kam es zu keiner Zeit zu Funktionseinschränkungen – wie auch durch die Nutzungsstatistik belegt.

Wie bereits beschrieben, wurde im Rahmen des Pilotprojektes am 09.10.2024 eine Optimierung des Designs des Buchsenbereichs vorgenommen, sodass sich die Bewertungen entsprechend verbessert haben. In Schulnoten ausgedrückt

konnte eine Steigerung von 2,58 auf 1,98 bei der Sauberkeit des Einsteckbereichs und von 2,40 auf 2,06 bzgl. der Beleuchtung erreicht werden. Diese Verbesserung ist in der nachfolgenden Grafik deutlich zu erkennen.

Wie bewerten Sie die folgenden Punkte des Ladebordsteins?



„Ein wirklich tolles und innovatives Projekt, um städtischen Wohnraum mit Ladepunkten zu erschließen! Sehr gut!“

„Super praktisch, super unauffällig im Straßenbild.“

„Diese Art von Ladestationen können ja kaum kaputt gemacht werden, da der Stecker erst benutzt werden kann, wenn man sich angemeldet hat. Das ist super.“

„Vor allem das Starten und Beenden des Vorgangs ist sehr unkompliziert.“

★★★★★
Durchschnittliche Bewertung
4,38

„Wer ein Elektrofahrzeug fährt und den Aufwand mit dem Ladekabel in Kauf nimmt, hat auch kein Problem, sich zu bücken. Super Initiative.“

„Ich finde die Ladebordsteine ganz prima, weil sie kaum Platz wegnehmen und sehr leicht zu bedienen sind.“

„Gute Lösung zur Nachrüstung, unauffällig, hohe Ladeleistung.“

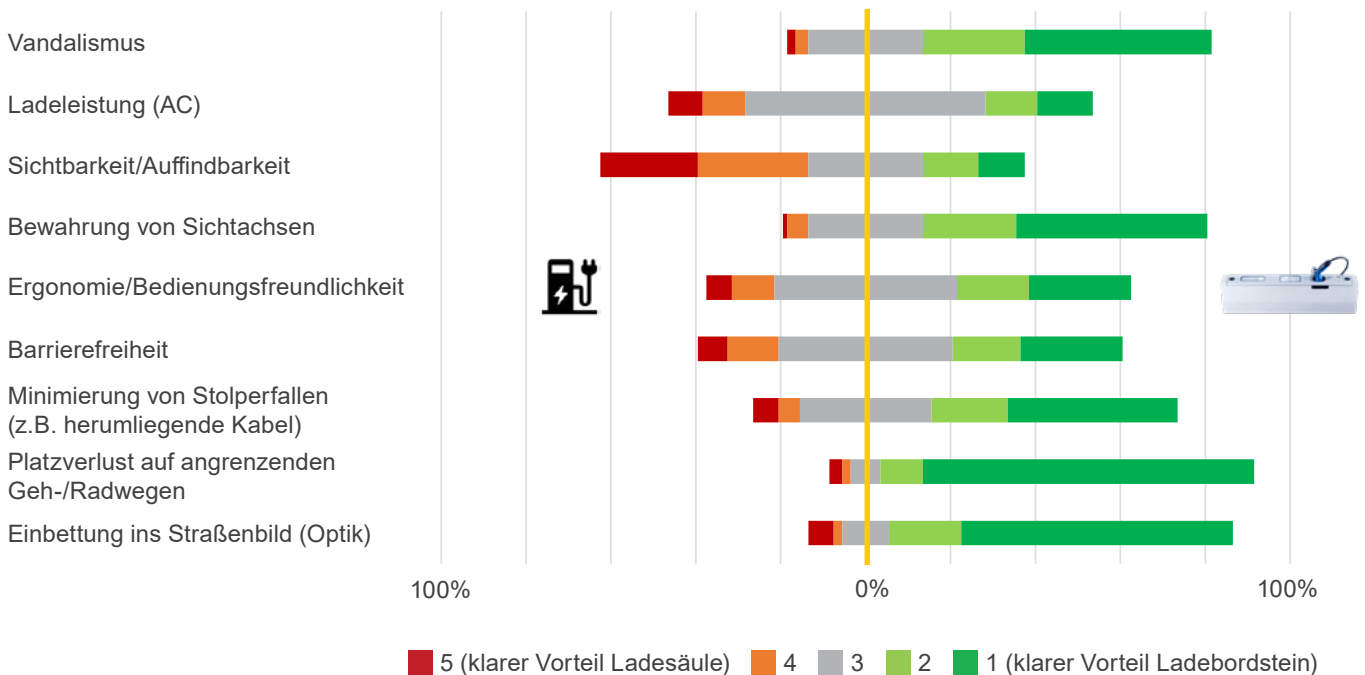
„Innovative Lösung im hochfrequentierten Innenstadtbereich mit Förderung der Motivation zum Umstieg auf Elektromobilität.“

Vergleich Ladebordstein und Ladesäule

Abschließend wurden die Nutzer gefragt, wie sich der Ladebordstein in relevanten Eigenschaften von konventionellen Ladesäulen unterscheidet. Bei Stadtbild, Platzverlust, Sichtachsen, Anfälligkeit für Vandalismus und Reduktion von Stolperfallen wurde der Ladebordstein deutlich vorteilhaft gesehen. Leichte Vorteile des Ladebordsteins wurden bei Ergonomie/Bedienungsfreundlichkeit und Barrierefreiheit

testiert – in Gesprächen wurden hier v.a. die einfache Benutzung (auch von der Straße aus), der Wegfall von Pollern sowie die Einhandbedienung genannt. Die Sichtbarkeit/Auffindbarkeit wurde vorteilhaft bei der Ladesäule gesehen – durch Markierungen und Sichtbarkeit in Apps konnte dies in anderen Testfeldern deutlich verbessert werden. Die Ladeleistung wurde aufgrund vergleichbarer Technik weitgehend neutral bewertet.

Wie bewerten Sie die folgenden Punkte im Vergleich zwischen dem Ladebordstein und einer klassischen Ladesäule?



Insgesamt kann festgehalten werden, dass der Ladebordstein sehr positiv gesehen wurde. Die befragten Personen sahen umfangreiche Vorteile des Ladebordsteins gegenüber einer Ladesäule – der Nachteil der schlechteren Sichtbarkeit kann durch die Anzeige in Apps oder entsprechende Markie-

rungen leicht verbessert werden. Die mit Ankündigung des Pilotprojekts in den sozialen Medien von einzelnen Personen kritisch gesehenen Aspekte (Regen, Schmutz/Laub, Bedienkomfort,...) spiegeln sich in der Umfrage nicht wider.

Geschlechterspezifische Ergebnisse

Im Gegensatz zur Gesamtauswertung wurde die Auswertung in männliche und weibliche Probanden aufgeteilt. Generell bewerteten weibliche Nutzer den Ladebordstein mit 4,71/5,00 besser als männlichen Nutzer (4,28/5,00). Dies zeigt sich auch in der Einzelbewertung. Auffällig ist, dass die Beleuchtung von den männlichen Nutzern am schlechtesten

bewertet wurde. Frauen bewerteten dieses Kriterium deutlich besser. Die Fragebogenstudie liefert zu diesen voneinander abweichenden Einschätzungen keine klar erkennbare Begründung.

Insgesamt liegt das Ergebnis bei beiden Gruppen in den allermeisten Fällen im sehr guten oder guten Bereich.

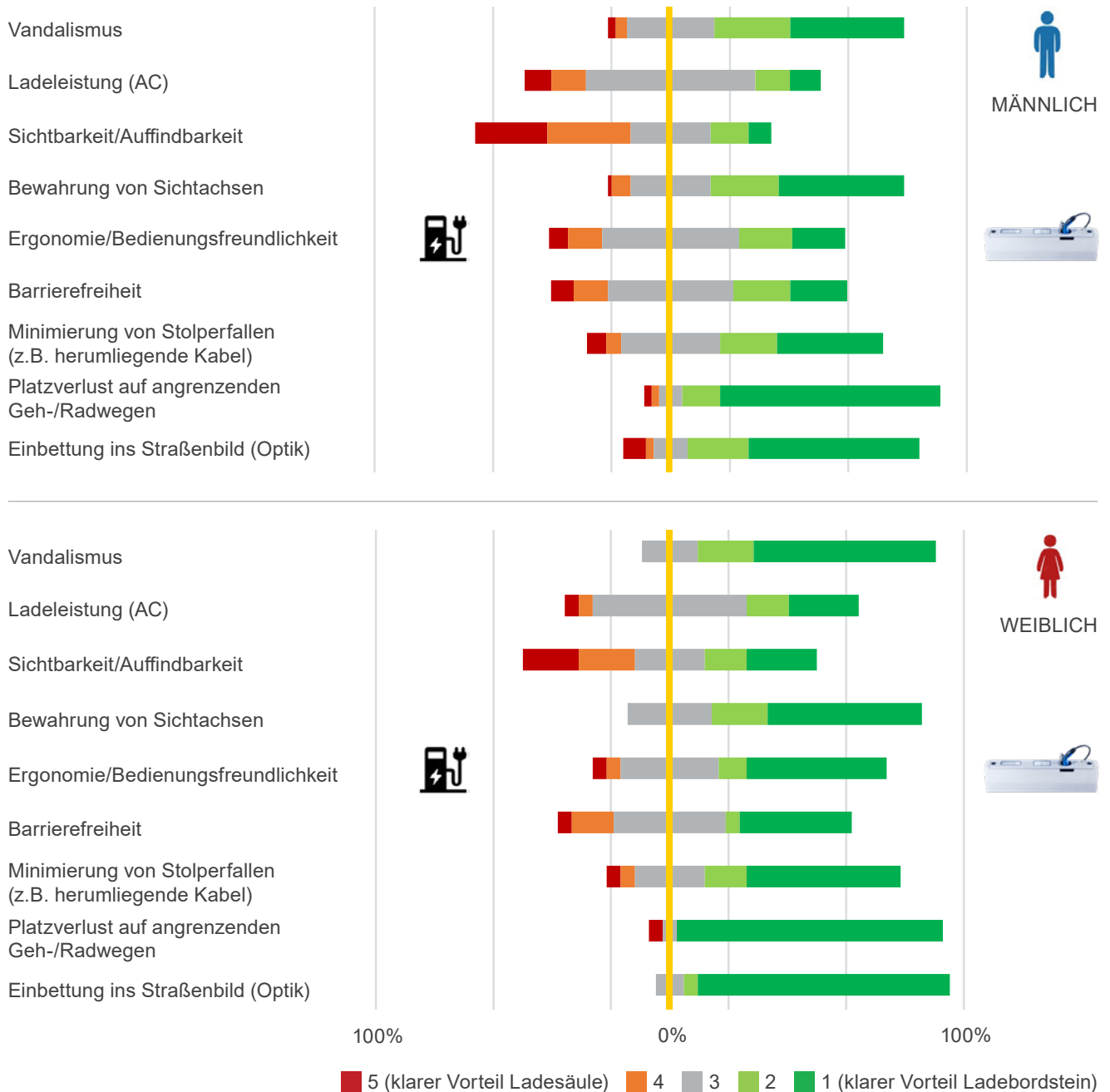
Wie bewerten Sie die folgenden Punkte des Ladebordsteins?



Auch beim Vergleich zwischen klassischer Ladesäule und Ladebordstein zeigen sich die geschlechterspezifischen Unterschiede. Grundsätzlich erfolgte die Bewertung aber

ähnlich, Frauen sahen den Ladebordstein etwas vorteilhafter als Männer.

Wie bewerten Sie die folgenden Punkte im Vergleich zwischen dem Ladebordstein und einer klassischen Ladesäule?



Altersspezifische Ergebnisse

Neben der geschlechterspezifischen Auswertung wurde die Grundgesamtheit auch nach Alter gruppiert. Überraschend für die Projektpartner war, dass die Bewertung in der Altersgruppe >60 Jahre mit 4,60/5,00 knapp vor der Altersgruppe 40-59 mit 4,52/5,00 am besten ausfiel, während die Teilnehmer in der Altersgruppe 17-39 Jahren mit 4,00/5,00 die kritischste Bewertung abgaben. In der Detailbewertung der einzelnen Nutzungsschritte ergaben sich hingegen nur wenige Unterschiede, dort wurden einige Aspekte von der jüngsten Altersgruppe am besten bewertet.

Ergonomie und Barrierefreiheit, die mit zunehmendem Alter und damit einhergehenden altersbedingten Erkrankungen in der Bevölkerung an Bedeutung gewinnen, wurden durch die Aspekte Authentifizierung, Öffnen der Klappe oder Einstecken und Abziehen des Ladekabels berücksichtigt und auch in den älteren Nutzergruppen fast durchweg positiv bewertet.

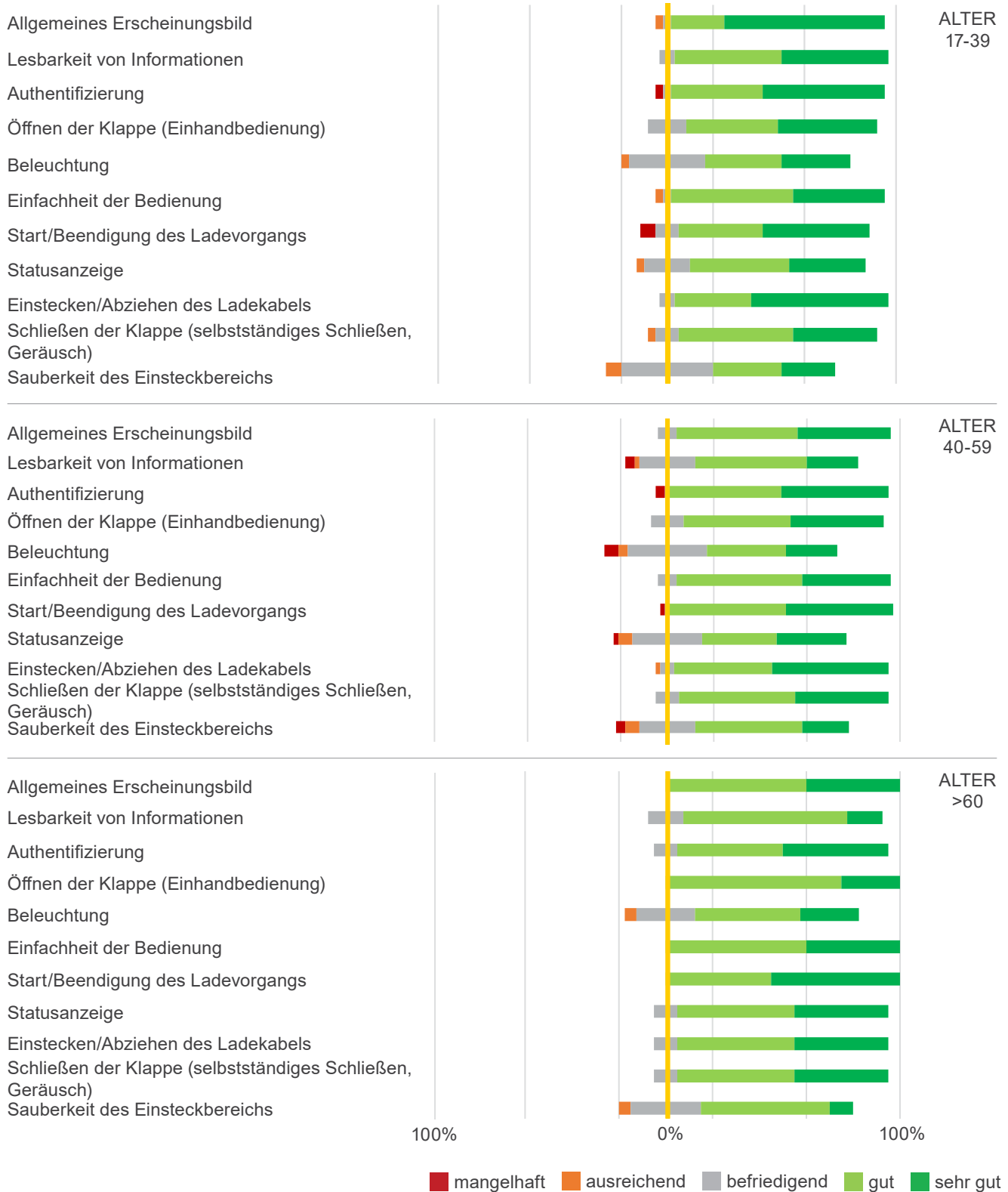
Die Lesbarkeit der Informationen könnte durch eine größere Schrift verbessert werden, stellt aber keinen wirklichen Mangel dar.

Die genannten Aspekte spiegeln sich auch im direkten Systemvergleich in der Bewertung von Ergonomie und Barrierefreiheit entsprechend wider. Auch die Gruppe >60 Jahre sieht hier Vorteile beim Ladebordstein.

Da es sich um eine anonyme Befragung und damit nicht um eine repräsentative Stichprobe aus der Bevölkerung handelt, könnten ältere Personen mit stärkeren Bewegungseinschränkungen die Systeme entsprechend gemieden haben. Interne Nutzerstudien bei Rheinmetall haben jedoch gezeigt, dass auch Personen mit Bewegungseinschränkungen (Rücken, Knie, Hüfte, Schwangerschaft etc.) die Systeme problemlos und gerne nutzen.

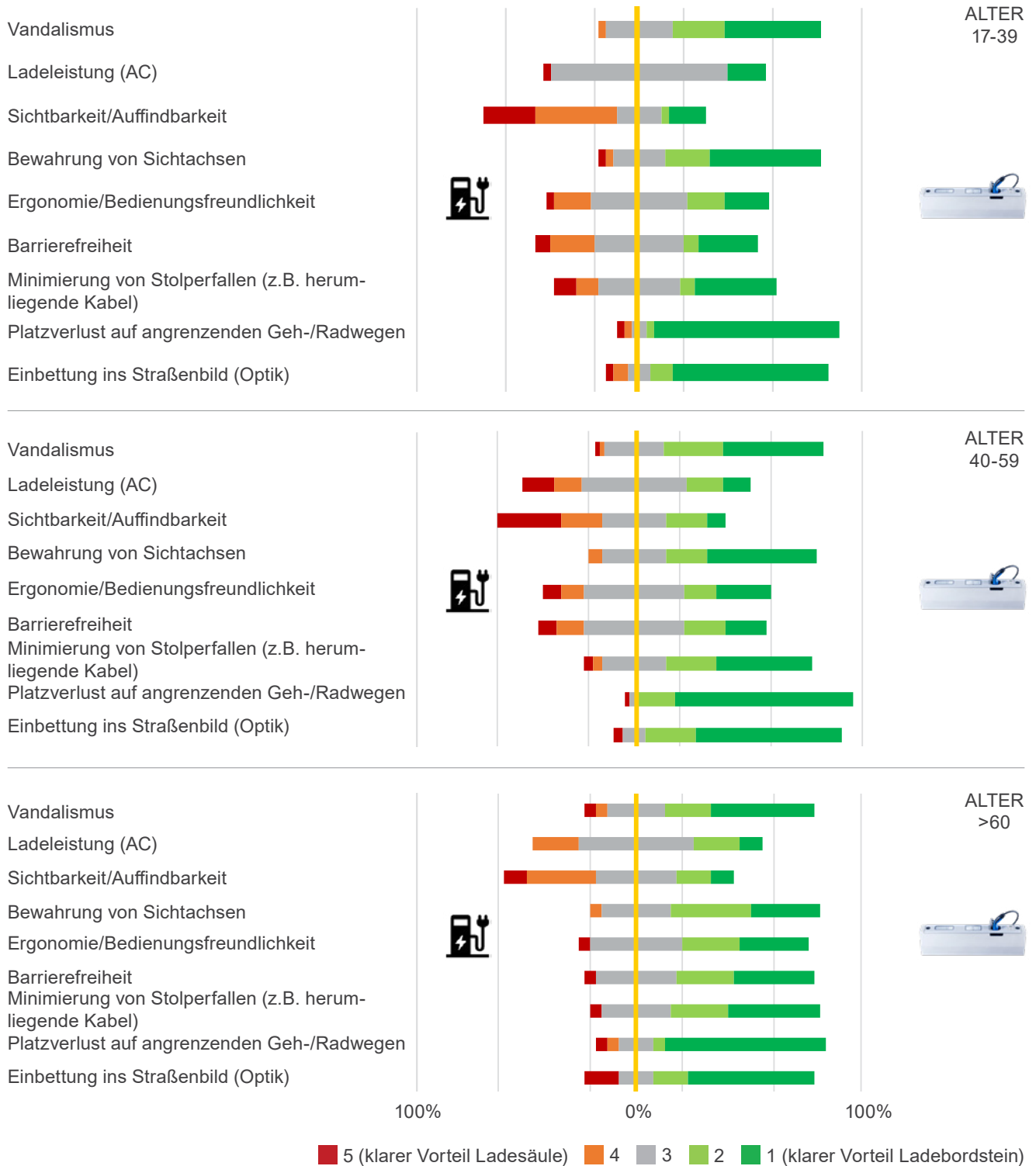


Wie bewerten Sie die folgenden Punkte des Ladebordsteins?





Wie bewerten Sie die folgenden Punkte im Vergleich zwischen dem Ladebordstein und einer klassischen Ladesäule?



WIRTSCHAFTLICHKEIT

Installationskosten

Aufgrund der erstmaligen Installation der Ladebordsteine und den damit verbundenen kleineren Fehlern bei der Installation konnten im Pilotprojekt keine Kosteneinsparungen gegenüber konventioneller Ladeinfrastruktur erzielt werden. Die Kosten waren mit denen herkömmlicher Ladesäulen vergleichbar. Es ist jedoch auffällig, dass die Baustelle für den Ladebordstein deutlich kleiner gehalten werden konnte als für herkömmliche Ladesäulen. Der Bau konnte mit kleineren Baumaschinen und weniger Personal durchgeführt werden. Zum einen können dadurch die Einschränkungen für Verkehrsteilnehmer und Anwohner reduziert werden, zum anderen liegt die Annahme nahe, dass bei weiteren Inbetriebnahmen durch neu gewonnene Erfahrungen auch Kosteneinsparungen erreicht werden können. Zusätzlich soll bei der Erschließung des dritten Pilotstandorts ein neu entwickeltes Kabelschutzmodul erprobt werden. Durch die Verlegung der elektrischen Zuleitung unmittelbar unterhalb der Gehwegplatten können die Tiefbaukosten weiter reduziert werden.

Wartungskosten/Service im Betrieb

Im Rahmen des Pilotprojektes wurde der Vorteil des modularen Aufbaus des Ladebordsteins deutlich. Im Falle der dokumentierten technischen Probleme konnte die Elektroneinheit des Ladebordsteins problemlos entnommen und durch ein Tauschmodul ersetzt werden. Dadurch konnte der Ladebordstein im Serviceeinsatz bereits nach wenigen Minuten wieder durch die Kunden genutzt werden, ohne dass nennenswerte Ausfallzeiten entstanden.

Die Entnahme der Elektroneinheit konnte von einer einzelnen Person durchgeführt werden, was den Personalaufwand bei Serviceeinsätzen reduziert. Zudem war jeweils nur eine einzige Servicefahrt nötig, da durch den einfachen Einbau eines Tauschmoduls keine Diagnose und gegebenenfalls fehlende Ersatzteile einen zweiten Serviceeinsatz erforderlich machten. Nach der Entnahme konnten die gewünschten Arbeiten konzentriert sowie insbesondere wettergeschützt in der Werkstatt und nicht auf offener Straße durchgeführt werden.



ZUSAMMENFASSUNG UND NÄCHSTE SCHRITTE

Mit der zunehmenden Elektrifizierung des Individualverkehrs steigt auch der Bedarf an öffentlichen Ladestationen. Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten stehen Privatpersonen nur selten ausreichend Flächen für einen Stellplatz zur Verfügung, sodass öffentliche Ladestationen immer wichtiger werden.¹² Gleichzeitig dazu verfolgen viele Städte das Ziel, den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren und mehr Raum für Fußgänger, Radfahrer und den öffentlichen Nahverkehr zu schaffen. Dadurch stehen immer weniger Flächen für Lademöglichkeiten zur Verfügung, während der Bedarf an Lademöglichkeiten stark steigt. Daher ist es unerlässlich, intelligente Ladelösungen zu schaffen, die nahtlos in vorhandene Infrastruktur integriert werden können. Bestehende Ladelösungen erfüllen dieses Ziel nicht vollständig. Sie benötigen viel Platz, sind anfällig für Beschädigungen, nur bedingt skalierbar, verursachen insbesondere bei der Installation und Wartung hohe Kosten und sind teilweise nicht intuitiv bedienbar.

Das im April 2024 gestartete Pilotprojekt zur Erprobung von Ladebordsteinen an den Standorten Dürener Straße und Klosterstraße in Köln hatte zum Ziel, die Praxistauglichkeit und Akzeptanz dieser innovativen Ladelösung über einen Zeitraum von zwölf Monaten zu testen. Dabei standen die Robustheit der Technik, die Nutzungshäufigkeit und das Nutzerfeedback im Fokus. Die Standorte wurden aufgrund ihrer unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Wohnstraße vs. Mischbebauung) gewählt, um vielfältige Einsatzszenarien abzubilden. Entwickelt wurde der Ladebordstein mit Schwerpunkt auf Nähe zum Aufenthaltsort und einfacher Bedienung – zwei Aspekte, die auch in der Nutzerumfrage als besonders wichtig bewertet wurden.

Die Ladebordsteine haben sich trotz ihres Prototypenstatus und des Ersteinsatzes im öffentlichen Raum als sehr robust erwiesen. Technische Probleme wie Wackelkontakte bei der SIM-Verlängerung, eine fahrzeugseitig verursachte Auslösung des FI/LS sowie kleinere und zeitlich begrenzte Schmutzansammlungen mit rein optischer Beeinträchtigung im Buchsenbereich waren selten und wurden schnell behoben. Modifikationen wie die Optimierung des Buchsenraumes und der LEDs am 9. Oktober 2024 verbesserten die Schwachstellen bzgl. der Beleuchtung und Sauberkeit, was die Nutzerbewertungen deutlich anhob.

Die Nutzung war mit einer Auslastung von fast 65 % und über 2.800 validierten Ladevorgängen (durchschnittlich 2,15 pro Tag und Ladebordstein) sehr hoch. In der Dürener Straße dominierten kürzere, tagsüber stattfindende Ladevorgänge, während in der Klosterstraße längere und gleichmäßiger verteilte Nutzungen vorherrschten. Diese Unterschiede sind auf die unterschiedliche Bebauungssituation an den beiden Standorten zurückzuführen. Insgesamt wurden über 50 MWh geladen (ca. 19 kWh pro Vorgang), was etwa 120 km Reichweite pro Ladung entspricht. Eine Begrenzung der Ladedauer auf vier Stunden hätte die Anzahl der Ladevorgänge und die geladene Energie weiter erhöhen können.

Das Nutzerfeedback war mit einer Bewertung von 4,38/5 insgesamt sehr positiv. Die Nutzer schätzten die Chance der flächendeckenden Lademöglichkeit vor Ort sowie die einfache Bedienbarkeit. Gegenüber konventionellen Ladesäulen wurden unter anderem Auswirkungen auf das Stadtbild, der geringe Platzverlust, die Beibehaltung von Sichtachsen, die geringere Anfälligkeit für Vandalismus sowie die Reduktion von Stolperfallen als deutliche Vorteile gesehen. Leichte Vorteile werden dem Ladebordstein bei der Ergonomie/Bedienungsfreundlichkeit und der Barrierefreiheit attestiert – in Gesprächen werden hier v. a. das vereinfachte Einparken, die einfache Benutzung (auch von der Straße aus), die nicht benötigten Schutz-Poller sowie die Einhandbedienung genannt. Die geringere Sichtbarkeit im Vergleich zu konventioneller Ladeinfrastruktur kann durch Apps oder Markierungen ausgeglichen werden. Geschlechtsspezifisch bewerten Frauen die Systeme etwas positiver als Männer. Ältere Nutzer (>60 Jahre) vergaben insgesamt die besten Noten. Dies zeigt, dass die Systeme in der Bevölkerung breite Anwendung finden und gerne genutzt werden.

Für die Stadt bieten die Ladebordsteine eine platzsparende Lösung ohne zusätzliches Stadtmobiliar, wodurch Geh- und Radwege sowie Parkplätze erhalten bleiben und der Parkdruck nicht erhöht wird. Sie vermeiden Konflikte mit Denkmalschutz, Sichtachsen oder kritischer Infrastruktur und ermöglichen einen schnelleren und flächendeckenderen Ausbau der Ladeinfrastruktur, ohne die Einschränkung der bisherigen städtischen Infrastruktur.

¹² KfW (2022): Elektromobilität in Deutschland: Ausbau der Ladeinfrastruktur muss Schritt halten

Für den Betreiber steigert die Technologie die Ladepunktdichte an attraktiven Standorten, spart perspektivisch Sondernutzungsgebühren und vereinfacht Bewilligungsprozesse, da Restgehwegbreiten oder Denkmalschutz keine Hindernisse darstellen. Die einfache Nachrüstung, die CAPEX-effiziente Vorrüstung bei Baumaßnahmen und der schnelle Modultauch bei Defekten sorgen für eine hohe

Uptime und Kosteneffizienz in der Wartung, ohne dass spezialisierte Fachkräfte mit tiefgreifender Systemkenntnis vor Ort sein müssen. Die Updatefähigkeit der Elektronikeinheit erhöht die Flexibilität.

Die Vorteile der einzelnen Stakeholder sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Stadt	Betreiber	Nutzer
• Kein/kaum zusätzliches Stadtmobiliar • Keine Probleme bzgl. Denkmalschutz/-pflege • Kein Verlust auf Geh- oder Radwegen sowie Parkplätzen (Parkdruck) • Keine Verdeckung von Sichtachsen • Kein Überbau von kritischer Infrastruktur/Versorgungsleitungen • Schneller(er) und flächigerer Zubau von Ladeinfrastruktur • Flexibilität der Stadtraumnutzung (Ausbau Modul für Jahrmarkt etc.)	• Erhöhte Ladepunktdichte (in attraktiven Lagen) • Einsparung von Sondernutzungsgebühren • Einfachere Bewilligungsprozesse (Restgehwegbreiten, Überbau, Denkmalschutz etc.) • Einfachheit in der Nachrüstung • CAPEX-effiziente Vorrüstung von Modulen im Zuge von Baumaßnahmen, Sicherung von Standorten • Hohe Uptime (durch einfachen Tausch von Modul bei Defekt) • Einfachheit, Schnelligkeit und Kosteneffizienz in der Wartung (keine Fachleute des Herstellers vor Ort nötig) • Einfache Updatefähigkeit der Elektronik (neue Features etc.)	• Einfache Bedienung • Barrierearme Nutzung durch Entfall Abpollerung • Kurze Wege zum Ladepunkt (durch quasi unbegrenzte Verbau-möglichkeiten) • Hohe Verfügbarkeit/Verlässlichkeit • Keine Einschränkungen von Geh- und Radwegen oder Entfall von Parkplätzen • Keine „Verschandelung“ der Städte

Unterschiedliche Nutzungsmuster (kurze vs. lange Ladezeiten) zeigen, dass städtebauliche Kontexte die Einsatzplanung beeinflussen sollten. Fehlbelegungen und längere Standzeiten legen nahe, dass Ladezeitbegrenzungen oder bessere Sichtbarkeit sowie die Einbindung in Lade-Apps die Effektivität und Effizienz weiter steigern könnten. An entsprechenden technischen Lösungen zur Reduktion von Fehlbelegungen und zur Verbesserung der Sichtbarkeit wird bereits gearbeitet.

Das Projekt zeigt, dass Ladebordsteine eine vielversprechende, breit anwendbare und nutzerfreundliche Alternative

zu herkömmlichen Ladesäulen darstellen. Damit wird das Potenzial für eine breitere Einführung untermauert. Das breite Interesse an dem Projekt sowie der geplante Ausbau von Ladebordsteinen in weiteren Kommunen wird hoffentlich dazu beitragen, den Ladeinfrastrukturbedarf mit anforderungsgerechten Lösungen einfacher decken zu können.

Mit Abschluss des Pilotprojektes und der Veröffentlichung der Case Study können die Ladebordsteine als Serienprodukt bezogen werden.



DELPHI
330000101 200000000
Charging cable
Charging cable
Charging cable

TANK 
Zum Laden QR-
Code scannen
DE*TNK*E100098*01
chrg.me/bnXzTw
Hotline: 0800 439 30 30



PROJEKTLÉITUNG

Dr.-Ing. Felix Stracke
Jörn Hansen
Dr. Gregor Waluga

AUTOR

Dr.-Ing. Felix Stracke
Jörn Hansen
Simon Gier
Eduard Huber
Julian Wittelsbach

LEKTORAT

Christoph Ettwein
Jens Hoffmann

SATZ/LAYOUT

Sandra Zimmermann

IMPRESSUM

Pierburg GmbH
Alfred-Pierburg-Straße 1
41460 Neuss
Deutschland
Telefon: +49 (0) 2131 520-01
Telefax: +49 (0) 2131 520-645
www.rheinmetall.com

HIER NEHMEN SIE KONTAKT AUF:

curbcharger.ps@de.rheinmetall.com

© Pierburg GmbH – DE – 04/25 (052025)

