

# ÖFFENTLICHE LADEINFRASTRUKTUR HAMBURG - PROZESS- UND WIRKUNGSEVALUATION UND BEDARFSGERECHTE WEITERENTWICKLUNG



**Masterthesis**  
**Magdalena Zivkovic 6041152**  
**April 2021**

**Titel der Arbeit**

Öffentliche Ladeinfrastruktur Hamburg -  
Prozess- und Wirkungsevaluation und bedarfsgerechte Weiterentwicklung

**Titel zur Anmeldung der Arbeit**

Öffentliche Ladeinfrastruktur Hamburg -  
Prozessevaluation und bedarfsgerechte Weiterentwicklung

**Art der Arbeit**

Masterthesis

**Studiengang**

HafenCity Universität  
Master of Science Stadtplanung

**Betreuung**

Erstbetreuer  
Prof. Dr.-Ing. Carsten Gertz  
Technische Universität Hamburg

Zweitbetreuer  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut  
HafenCity Universität

**Bearbeitungszeitraum**

Zulassung: 02.10.2020 WiSe 2020/21  
Fristbeginn: 16.12.2020 WiSe 2020/21  
Abgabe: 06.04.2021 SoSe 2021

**Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere, dass ich die vorliegende Masterthesis selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Magdalena Zivkovic  
6041152



**Hierbei handelt es sich um eine  
korrigierte, anonymisierte Version.**

## **DANKSAGUNG**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung der Masterthesis unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank den betreuenden Professoren Prof. Dr.-Ing. Carsten Gertz und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut für die hilfreichen Anregungen zum Forschungskonzept. Besonders bedanken will ich mich für die Freiheit, die Sie mir während des gesamten Bearbeitungsprozesses gewährten.

Ich danke Dr. phil. Thomas Prill, stellvertretend für das Fachgebiet *Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung* der HafenCity Universität, für die Bereitstellung von Datensätzen sowie die aktive und sachkundige Begleitung des Auswertungsprozesses.

Ein besonderer Dank gilt allen Interviewpartnern, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Mein Dank gilt Ihrer Informationsbereitschaft, Offenheit und Ehrlichkeit.

Abschließend gebührt ein Dank meiner Familie und meinem Partner für die bedingungslose Unterstützung meines Studiums und das Korrekturlesen.

## **HINWEIS IM SINNE DES GLEICHBEHANDLUNGSGESETZES**

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Es wird das generische Maskulinum verwendet, wobei beide Geschlechter gleichermaßen gemeint sind.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Hamburg hat sich früh als Wegbereiter der Elektromobilität positioniert und 2014 mit Hilfe stadteigener Gesellschaften mit dem Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur begonnen. Mit dem Ziel das Henne-Ei-Problem zu lösen erfolgte die Bereitstellung der Ladeinfrastruktur durch die öffentliche Hand zeitlich vorgelagert zum Fahrzeughochlauf. Mit der Einführung von Direktbezahlungsmöglichkeiten ohne Vertragsbindung, einem diskriminierungsfreien Zugang und Ladestationen auch in Randlagen wurde ein nutzerfreundliches System etabliert. Eine politische Rückendeckung, Innovationskraft und positive Fehlerkultur zählen zu den wichtigsten Erfolgsmerkmalen. Ein kontinuierlicher Lernprozess führte zu stetigen Prozessoptimierungen. Knapp 250.000 Ladevorgänge konnten für das Jahr 2019 verzeichnet werden, wobei die Belegungszahl pro Tag pro Ladestation bei 1,4 Fahrzeugen liegt. Eine stärkere Auslastung ist im Zentrum und an Standorten mit hoher Dichte an Points of Interest zu beobachten. In Wohnquartieren nutzen Laternenparker das öffentliche Ladenetz. Weitere Hotspots entstehen durch e-Carsharing. Für den weiteren Ausbau empfiehlt sich die Fokussierung auf Nachfrageschwerpunkte, Anpassung des Standortmodells auf Basis von Korrelationsanalysen und Faktorengewichtung, präzisierte Bedarfsermittlung und der Abbau praktischer Hemmnisse. In den kommenden Jahren ist außerdem mit einer Expansion von Ladeinfrastruktur außerhalb des öffentlichen Raumes zu rechnen.

## **ABSTRACT**

Hamburg positioned itself early on as a pioneer of electromobility. In 2014, the building of charging infrastructure began in a needs-oriented way with the help of city-owned companies. To solve the chicken-and-egg problem, the public sector provided the charging infrastructure ahead of the increased registration of electric vehicles. A user-friendly system was established with the introduction of direct payment options without contractual relationships and non-discriminatory access. The key success factors were political support, innovative power, and an established culture of error tolerance. The ongoing process of learning ended in continuous process improvements. In 2019 almost 250.000 charging events were recorded, with an occupancy rate of 1,4 vehicles per day per charging point. Higher utilization is observed in the city center, at locations with a high density of points of interest, and in residential districts without private parking. Additional hotspots result from e-carsharing. Recommendations for further expansion are focusing on locations with high demand, adapting the location model based on correlation analyses and factor weighting, more precise determination of requirements, and reducing practical barriers. In the coming years an expansion of charging infrastructure outside the public space is expected.

# INHALTSVERZEICHNIS

## 1. EINLEITUNG

1.1 Aktualität des Themas	2
1.2 Forschungsstand	2
1.3 Forschungsinteresse und Fragestellung	3
1.4 Methodisches Vorgehen	5
1.5 Aufbau der Arbeit	8

## 2. GRUNDLAGEN DER ELEKTROMOBILITÄT UND LADEINFRASTRUKTUR

2.1 Systematisierung von Elektrofahrzeugen	10
2.2 Historische Entwicklung der Elektromobilität	12
2.3 Elektromobilität als Handlungsfeld im Kontext der Klimaschutz- und Energiepolitik	14
2.4 Politische Zielsetzung und Status Quo	15
2.4.1 Zielzahlen und Programminhalte	15
2.4.2 Bestand Elektroautos	18
2.4.3 Bestand Ladeinfrastruktur	20
2.5 Rechtlicher Rahmen	21
2.5.1 Energierecht	21
2.5.2 Bau- und Planungsrecht	23
2.5.3 Straßenverkehrsrecht	24
2.5.4 Steuerrecht und Förderung	25
2.6 Interessensgruppen und Rollen	28
2.7 Ladeinfrastruktur	33
2.7.1 Ladetechnik	33
2.7.2 Henne-Ei-Problem	37
2.7.3 Anwendungsbereiche	37
2.7.4 Ladeverhalten und -bedarfe	39
2.8 Bereitstellung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur	42
2.8.1 Zentrale Bereitstellung	42
2.8.2 Dezentrale Bereitstellung	45
2.8.3 Kosten	46

## 3. ELEKTROMOBILITÄT UND LADEINFRASTRUKTUR IN HAMBURG

3.1 Politische Zielsetzung	50
3.1.1 Hamburger Klimaplan	50
3.1.2 Luftreinhalteplan	52
3.1.3 Lärmaktionsplan	52
3.1.4 Masterplan Ladeinfrastruktur	53
3.2 Status Quo	56
3.2.1 Elektroautos	56
3.2.2 Öffentliche Ladeinfrastruktur	57
3.2.3 Halböffentliche Ladeinfrastruktur	60
3.2.4 Private Ladeinfrastruktur	61

3.3 Governance und Organisationsstruktur	62
3.4 Standortkonzept	68
3.5 Nutzer	76
3.6 Betrieb	77
3.7 Auslastung	81
3.7.1 Anzahl Ladevorgänge	82
3.7.2 Verbindungsdauer	86
3.7.3 Abgegebene Energiemenge	88
3.8 Anwendungsfall Carsharing	90
Exkurs 1: Tesla	96
Exkurs 2: ELBE	96
<b>4. PROZESS- UND WIRKUNGSANALYSE DES HAMBURGER MODELLS</b>	
4.1 Erkenntnisfunktion: Was nimmt das Projektteam mit?	101
4.2 Kontrollfunktion: Was wurde erreicht?	106
4.3 Nächste Ausbauphase: Wie geht es weiter?	111
4.4 Optimierungsfunktion: Ableitung von Handlungsmaßnahmen	113
<b>5. DISKUSSION</b>	I 130
<b>6. FAZIT</b>	I 135
Literaturverzeichnis	139
Abbildungsverzeichnis	148
Tabellenverzeichnis	155
Anhang I Interviewleitfaden	I
Anhang II Interviewtranskripte 1-12	VI



Abb. 1 (Business Insider Deutschland 2021)

# 1



## **EINLEITUNG**

- 1.1 Aktualität des Themas
- 1.2 Forschungsstand
- 1.3 Forschungsinteresse und Fragestellung
- 1.4 Methodisches Vorgehen
- 1.5 Aufbau der Arbeit

# 1. EINLEITUNG

## 1.1 Aktualität des Themas

Vor dem Hintergrund der Energiewende und Ressourcenknappheit, technologischen Innovationen und veränderten gesellschaftlichen Anforderungen an die Gestaltung von Mobilität, wird die Integration der Elektromobilität in kommunale Verkehrssysteme gegenwärtig vorangetrieben. Hamburg betreibt seit Jahren erfolgreich den Ausbau der Elektromobilität. Die Stadt gehört sowohl bei der Anzahl der zugelassenen Elektrofahrzeuge als auch bei der Anzahl der Ladepunkte im öffentlichen Raum zu den Vorreitern in der Bundesrepublik Deutschland. Um diesen Status aufrechtzuerhalten und der zunehmenden Nachfrage gerecht zu werden, wurde mittels des Koalitionsvertrages von 2020 die Installation 1.000 zusätzlicher Ladepunkte zu den über 1.000 bestehenden beschlossen. Dies wurde zum Anlass genommen, das Konzept zu durchleuchten und positive Impulse für die weitere Entwicklung hervorzubringen.

## 1.2 Forschungsstand

Elektromobilität wird national wie auch international mit Forschungsförderungen unterstützt. Studien und Erhebungen zeigen etwa eine Momentaufnahme des Nutzerverhaltens, benennen markthemmende Faktoren oder simulieren den Fahrzeughochlauf und Strombedarfe für Elektrofahrzeuge. Diverse Projektberichte arbeiten regionale Demonstrations- und Pilotvorhaben auf und leiten Erkenntnisse ab. Auch findet sich eine Vielzahl an Veröffentlichungen zu kommunalen Strategien und planerischen Förderungsinstrumenten. Die Vielfalt einschlägiger Forschungsarbeiten ist groß. In Bezug auf die Ladeinfrastruktur lag der Fokus vor wenigen Jahren auf der Bereitstellung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur unter besonderer Berücksichtigung der Nutzerfreundlichkeit und prognostizierbarer Ladebedarfe. In jüngster Zeit gewinnt die private Versorgung mit Ladepunkten an Relevanz.

Für das gewählte Untersuchungsgebiet Hamburg ist der Status Quo der Elektromobilität und des Ladeinfrastrukturaufbaus auf Webseiten und durch Publikationen von Entscheidungsträgern und mit der Maßnahmenumsetzung betreuten Institutionen einsehbar. Das ausführlichste Material stammt aus frühen Projektphasen Mitte der 2010er Jahre. Das Verkehrsplanungsbüro ARGUS wurde von der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation beauftragt, die Standortermittlung für Ladestationen im öffentlichen Raum durchzuführen. Zwei Projektbeteiligte veröffentlichten im Nachgang eine Zwischenevaluation zum Standortpotenzialmodell mit Daten für den Zeitraum von Mai 2015 bis April 2017. Übersichtsgrafiken des Ladesäulenbetreibers kann entnommen werden, dass der Ausbau nach Abschluss dieser Evaluation an Fahrt aufgenommen hat. Die formulierten Zielmarken von erst rund 600 und später 1.000 öffentlich zugäng-

lichen Ladepunkten in Hamburg konnten erreicht werden. Die dynamische Entwicklung bei der Zielerreichung wurde jedoch kaum dokumentiert und ist intransparent. Eine Prozess- und Wirkungsanalyse wurden nicht durchgeführt.

Ein laufendes Forschungsprojekt mit dem Titel *E-MetropoLIS: Evaluation of publicly accessible charging infrastructure in metropolitan areas* weist Parallelen zu der vorliegenden Arbeit auf. Das Projekt beschäftigt sich vertiefend mit den Entwicklungen der Elektromobilität in Shenzhen, China. Gemachte Erfahrungen sollen eingehend untersucht und dabei evaluiert werden, wie Maßnahmen, Instrumente und Strategien ihre Wirkung entfalten, um die Verbreitung elektrischer Fahrzeuge wie Busse, Taxen und privaten Autos zu fördern. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Untersuchung und Bewertung des Aufbaus öffentlicher Ladeinfrastruktur, mit der Absicht das Standorttool in Hamburg weiterzuentwickeln. Laufzeitende ist im Juli 2021 (vgl. NOW GmbH o.J.a).

Veröffentlichungen anderer deutscher Städte, mit zu der vorliegenden Arbeit verwandten Fragestellungen, liegen nicht vor. Es finden sich lediglich Projekt- und Ergebnisberichte, welche die Methodik zur Ermittlung der Ladebedarfe und Standorte vorstellen, so zum Beispiel aus Berlin, München, Potsdam oder Wolfsburg. Eine Bilanzierung erfolgt nur sehr oberflächlich durch Äußerungen Projektbeteiligter, die in Zeitungsartikeln zitiert werden.

### 1.3 Forschungsinteresse und Fragestellung

Mit der Anmeldung der Arbeit wurde bereits als Untersuchungsraum die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) festgelegt. Die Auswahl begründet sich zum einen durch den Wohnstandort der bearbeitenden Person, wodurch etwa eine Vertrautheit mit den räumlichen Gegebenheiten besteht und Ortsbegehungen unkompliziert durchgeführt werden können. Zum anderen wurde durch die sich bereits anbahnende Entscheidung für einen weiteren Ausbau des öffentlichen Ladenetzes zum Zeitpunkt der Themenfindung die Chance gesehen, mit der Arbeit einen Beitrag zur Strategiefindung und Verbesserung der Effektivität leisten zu können.

Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen der Arbeit folgender Fragestellung nachgegangen werden: **Welche Kennzeichen weist das Hamburger Modell zum Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur auf und welche Optimierungspotenziale lassen sich auf Basis von einer Prozess- und Wirkungsevaluation ableiten?**

Projekte oder Maßnahmen sollen durch eine Evaluation sach- und fachgerecht hinsichtlich festgelegter Kriterien bewertet werden. Dazu werden systematisch relevante Informationen gesammelt und miteinander in Verbindung gebracht. Berücksichtigt werden können sowohl objektive Messergebnisse als auch subjektive Bewertungen

(vgl. UBA 2015: 7). Ebenso können als Datengrundlage primäre, das heißt eigene und sekundäre, das heißt fremde Informationen dienen (vgl. ebd.: 29). Evaluationen dienen der Bestimmung der Wirkung einer Maßnahme, der Schwachstellenidentifikation, der Optimierung des Mitteleinsatzes, dem Lernen für Folgeprojekte sowie einem Erfahrungsaustausch (vgl. FGSV 2012: 6). Evaluationen können auf viele verschiedene Arten eingeteilt werden. In der Regel wird zwischen einer summativen Evaluation, die Bilanz zieht nach der Durchführung, und einer formativen Evaluation, die prozessbegleitend angelegt ist und das Programm laufend optimiert, unterschieden (vgl. BMEL 2017: 9). Im Kontext der urbanen Mobilität gibt es zwei Bewertungsfelder: die Wirkungsevaluation und die Prozessevaluation. Die Begriffe finden sich auch in der Forschungsfrage wieder. Die Wirkungsevaluation hat zum Ziel die messbaren Wirkungen einer Maßnahme aufzuzeigen. Dazu wird ein Vergleich der Situation vor und nach der Maßnahme gezogen und zudem geprüft, ob die gesetzten Zielstandards erreicht wurden. Auch kann mithilfe der Wirkungsevaluation die Überprüfung von Prognosen erfolgen (vgl. FGSV 2012: 17). Infolge können Entscheidungen getroffen werden, wie etwa andere Standorte für eine Maßnahme zu wählen, Mittel weiterhin bereitzustellen oder das Projekt zu stoppen (vgl. UBA 2015: 11). Im Gegensatz zur Wirkungsevaluation, die erst nach der Maßnahmenumsetzung komplettiert werden kann, begleitet die Prozessevaluation die Maßnahme von Beginn an. Diese fokussiert sich auf die Mittel und Verfahren bei der Umsetzung einer Maßnahme und soll bereits in einem frühen Planungsstadium schrittweise alle Abläufe durchleuchten. So können Hindernisse und Schwierigkeiten durch Identifikation hemmender Faktoren während der Umsetzungsphase und darüber hinaus minimiert werden. Insbesondere im Aktivitätsbereich der Stadt- und Verkehrsplanung vergehen oft Jahre zwischen der ersten Idee und Umsetzung bzw. Inbetriebnahme. Daher ist es normal, dass sich im Zeitverlauf die politischen, gesellschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen, der kommunale Haushalt oder strategische Ziele ändern können (vgl. ebd.: 49). Die Prozess- und Wirkungsevaluation sollten als Einheit gesehen und parallel durchgeführt werden. „Nur ein sogenannter gemischter Evaluationsansatz mit beiden Verfahren kann eine echte Begründung für den Erfolg geben oder den Lernerfolg aus einem Misserfolg einer Maßnahme sicherstellen“ (ebd.: 12).

Die Hamburger Vorgehensweise beim Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur soll also detailliert analysiert werden, indem Akteure, Organisationsstrukturen, Abläufe, Ziele, nachfolgende Interventionen und die Umsetzung der Maßnahmen sowie der Hergang der Standortermittlung identifiziert werden. Darüber hinaus ist eine Analyse hinsichtlich der Auslastung realisierter Ladestandorte umzusetzen. Die Wirksamkeit und Effizienz sollen insgesamt bewertet werden. Anhand ermittelter Prozessfehler, Hindernisse und Potenziale sollen dann im nächsten Schritt Vorschläge für eine bedarfsgerechte Weiterentwicklung des öffentlichen Ladenetzes gemacht werden.

## 1.4 Methodisches Vorgehen

Zu Beginn des Arbeitsprozesses wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um Erkenntnisse über das Forschungsgebiet zu erlangen und eine Basis für eigene Überlegungen zu schaffen. Hierfür wurden die Bibliothekskataloge der HafenCity Universität und Universität Hamburg sowie die Suchmaschine Google Scholar genutzt. Neben der Sammlung von Informationen diente die Literaturrecherche auch der Formulierung von Fragestellungen, Strukturierung der Arbeit und Identifikation von potenziellen Herausforderungen im Arbeitsprozess. Herangezogen wurden Monographien, Sammelwerke, Fachaufsätze, Dissertationen, Pressemitteilungen und Zeitungsartikel, die jüngst veröffentlicht wurden. Zur Beschreibung des Status Quo und der Rahmenbedingungen in der Bundesrepublik Deutschland wurde sich insbesondere an Leitfäden oder Handreichungen und Projektergebnissen der wissenschaftlichen Begleitforschung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur bedient. Es zeigte sich, dass umfangreiche Literatur für den einführenden Teil Elektromobilität und Ladeinfrastruktur in Deutschland vorliegt, aber nur gelegentlich klare Aussagen hinsichtlich der Forschungsfrage getroffen werden.

Durch Zeitungsartikel und einige Veröffentlichungen des Hamburger Senats und des lokalen Ladeinfrastrukturbetreibers konnten Informationen über den Masterplan Ladeinfrastruktur, das Standortkonzept und den aktuellen Ausbaustand generiert werden. Um spezifische Informationen für den Untersuchungsraum Hamburg zu gewinnen, wurden Interviews mit Experten geführt. Bereits früh im Arbeitsprozess wurde deutlich, dass dieser Arbeitsschritt unabdingbar ist, da ansonsten keine Prozess- und Wirkungsevaluation umgesetzt werden kann. Das leitfadengestützte Experteninterview bietet viel Raum für das freie Erzählen, sodass nicht nur Sachverhalte erforscht, sondern auch individuelle Sichtweisen und Handlungsmuster erkennbar werden, was für die Thematik der Arbeit von hoher Bedeutung ist. Der Expertenstatus ergibt sich aus der Zuordnung zu einer am Aufbau des öffentlichen Ladenetzes beteiligten Institution und der Position oder Funktion, die derjenige in der Organisation innehat. Die Experten verfügen über einen privilegierten Zugang zu betreffenden Informationen (vgl. Scholl 2018: 69). Identifiziert wurden diese entweder durch die eigenständige Onlinerecherche oder sie wurden von bereits angefragten Prozessbeteiligten als geeigneter Ansprechpartner vorgeschlagen. Eine Übersicht der interviewten Experten liefert die Abbildung 2. Der Leitfaden diente während der Gespräche als Gedächtnisstütze und Steuerungselement. Die Erzählaufforderungen, Schlüssel- und Folge- sowie Einschätzungsfragen des Leitfadens wurden in folgende Themenblöcke unterteilt: Rahmenbedingungen, Standortsuche und -ermittlung, Betrieb, Nutzer, Auslastung, künftiger Ausbau, Projektmanagement und Prozessbewertung, hvv switch, SHARE NOW und ELBE-Forschungsprojekt (Anhang I). Der Interviewleitfaden wurde den Experten zur Vorbereitung zugesandt und hatte einen Umfang von zumeist 20 Fragen, es gab aber auch

abweichend davon Leitfäden mit unter zehn sehr spezifischen Fragen zu bestimmten Projektinhalten. Die Reihenfolge der Fragen und deren genaue Formulierung wurden dem Gesprächsverlauf angepasst. Diese Flexibilität erlaubte direkte Nachfragen und kann zu neuen Erkenntnissen führen. Die Gespräche wurden aufgrund der Kontaktbeschränkungen durch die Corona-Pandemie telefonisch oder per Videokonferenz durchgeführt. Die Gesprächsdauer lag bei 25 bis 75 Minuten.

<b>Behörde für Wirtschaft und Innovation</b> Andreas Richter Abteilungsleitung Innovation und Cluster Nadja Hammami ehem. Sachgebietsleitung Elektromobilität	<b>HAMBURG ENERGIE GmbH</b> Avdija Aljimani Projektmanager Elektromobilität
<b>Stromnetz Hamburg GmbH</b> Timo Paulsen Innovationsmanagement - Projekte Dr.-Ing. Annika Magdowski Innovationsmanagement - Digitalisierung & Netz	<b>Hamburg Verkehrsanlagen GmbH</b> Stefan Jungk Leitung Beleuchtung und Sonderanlagen
<b>hySOLUTIONS GmbH</b> Christoph Steinkamp Geschäftsführung	<b>SHARE NOW GmbH</b> Patrick Tünkers Business Development Manager
<b>ARGUS Stadt und Verkehr</b> Christian Scheler Projektleitung Standortbestimmung LIS Daniela Kind Projektteammitglied Standortbestimmung LIS	<b>IFB Hamburg</b> Kristian Hentzschel Immobilienfinanzierung - Leitung Energie & Qualität
	<b>Hamburger Hochbahn AG</b> Almut Borgwardt Fachbereich U-Bahn - Haltestellen (hvv switch)

Abb. 2: Übersicht der interviewten Experten (eigene Darstellung)

Im Nachgang erfolgte die Transkription der Interviewmitschnitte bis auf eine Ausnahme, wo ein Gedächtnisprotokoll angefertigt wurde, da keine Aufzeichnung des Gesprächs möglich war. Das gewählte Format liegt an der Schnittstelle der wortgetreuen und geglätteten Transkription. Das Gespräch wurde Wort für Wort auf Papier gebracht. Auch Interjektionen, Wiederholungen und abgebrochene Sätze wurden wiedergegeben. Da die Priorität auf dem Inhalt des Gesprächs lag, wurden Formen der nonverbalen Kommunikation, wie Sprechgeschwindigkeit, Lautstärke oder Tonhöhe, ignoriert. Große Abschweifungen vom eigentlichen Thema, die nicht relevant für die Arbeit sind, wurden mit einer eckigen Klammer und drei Punkten in den Transkripten kenntlich gemacht (Anhang II). Zur Auswertung der Interviews wurde eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring vorgenommen, die eine regelgeleitete, systematische Zusammenfassung der Transkripte ermöglicht. Außerdem kann über das einzelne Interview hinausgeblickt und Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet werden. Eine Übersichtlichkeit wird erzeugt, die immer noch der Grundform des Materials entspricht (vgl. Jenker 2007). Die Bildung der Kategorien zum Kodieren wurde deduktiv-induktiv vorgenommen.

Für die Datenanalyse wurden Datensätze beim Betreiber Hamburgs öffentlicher Ladeinfrastruktur angefragt. Aus Datenschutzgründen und organisatorischen Schwierigkeiten konnte keine Freigabe innerhalb der Bearbeitungszeit erreicht werden. Das Fachgebiet *Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung* der HafenCity Universität stellte Daten bereit, die für das Forschungsprojekt E-MetropoLIS genutzt werden und zur Bearbeitung der Forschungsfrage ausreichend erscheinen. Das Datenpaket beinhaltet die geocodierten Ladestandorte in Hamburg mit Informationen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme, dem Aufstellort, der Art der Ladeeinrichtung, Anschlussleistung, Anzahl von Ladepunkten und dem Steckertyp. Hinzukommen nach Jahren und Monaten aggregierte Ladedaten für die Belegungszeiten, Events, Kapazität und abgegebene Energiemenge für den Zeitraum 2017 bis 2019. Im Rahmen der Datenbereinigung wurden die Daten auf Plausibilität, Einheitlichkeit und Vollständigkeit geprüft. Dabei aufgetretene Probleme werden in Kapitel 5 thematisiert. Im späteren Arbeitsverlauf wurde der zugehörige Rohdatensatz ausgehändigt, welcher ursprünglich vom Ladesäulenbetreiber stammt. Beim vorherigen Datenpaket festgestellte Fehler traten hier nicht mehr in Erscheinung. Dabei ist jeder einzelne gestartete Ladevorgang verbucht, hier obendrein bis Anfang des Jahres 2021 und darüber hinaus angegeben, um welchen Elektromobilitätsprovider es sich handelt. Außerdem ist eine Unterscheidung zwischen Carsharing-Fahrzeugen und anderen Fahrzeugen möglich. Aufgrund der unterschiedlichen Datenerfassungszeiträume und berücksichtigten Parameter wurden beide Datenpakete für die Auswertung verwendet. Die Bezugsquelle variierte in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung (Kapitel 3.7). Des Weiteren wurden Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes zum Fahrzeugbestand in Deutschland, ein vom Statistikamt Nord auf Anfrage erhaltener Datensatz zum Fahrzeugbestand in Hamburg sowie die Stadtteilprofile 2019 für die Arbeit genutzt. Außerdem wurde für den halböffentlichen Bereich das Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur mit Stand Januar 2021 hinzugezogen. Die Auswertung erfolgte über Microsoft Excel mit statistischen Funktionen. So wurden etwa Summen gebildet, Mittelwerte und Wachstumsraten berechnet oder Zellen eines Bereichs gezählt, deren Inhalte mit mehreren Kriterien übereinstimmen. Mit dem Unterzeichnen einer Datennutzungsvereinbarung wurde sich verpflichtet, die Daten nicht an Dritte weiterzugeben. Entsprechend sind die Bezugstabellen nicht Teil des Anhangs.

Auf Basis der Ergebnisse der Interview- und Datenauswertung wurden Handlungserfordernisse identifiziert und im nächsten Schritt entsprechende Maßnahmenvorschläge abgeleitet, die an die Projektbeteiligten adressiert werden. In Abbildung 3 werden die Arbeitsphasen nochmals aufgezeigt. Dabei wurde sich an einem Leitfaden eines Bundesministeriums für Evaluationen orientiert.



Abb. 3: Phasen der Evaluation (eigene Darstellung, Inhalte BMEL 2017: 14-51)

## 1.5 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit setzt sich aus sechs Kapiteln zusammen und lässt sich in drei Teile gliedern. Im ersten Teil werden die Grundlagen zur Vorbereitung der Arbeit herausgestellt, indem eine Einführung in das Themenfeld Elektromobilität und Ladeinfrastruktur erfolgt. Der zweite Teil widmet sich dem Untersuchungsraum Hamburg. Das Konzept zum Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur wird vorgestellt und Analyseergebnisse hinsichtlich der Verteilung und Auslastung von Ladestationen, als auch erste Erkenntnisse zum Prozessablauf präsentiert. Der dritte Teil beginnt mit der Interpretation und Wertung der Analyseergebnisse. Im weiteren Verlauf werden Handlungsmaßnahmen aufgeführt. Dabei wird Bezug genommen auf die in Abbildung 3 veranschaulichten Phasen. Begrenzungen der Untersuchung werden in der Diskussion aufgegriffen. Abschließend wird in einem Fazit die Forschungsfrage beantwortet.



Abb. 4 (MIVODO 2020)

# 2.

## **GRUNDLAGEN DER ELEKTROMOBILITÄT UND LADEINFRASTRUKTUR**

- 2.1 Systematisierung von Elektrofahrzeugen
- 2.2 Historische Entwicklung der Elektromobilität
- 2.3 Elektromobilität als Handlungsfeld im Kontext der Klimaschutz- und Energiepolitik
- 2.4 Politische Zielsetzung und Status Quo
- 2.5 Rechtlicher Rahmen
- 2.6 Interessensgruppen und Rollen
- 2.7 Ladeinfrastruktur
- 2.8 Bereitstellung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur

## 2. GRUNDLAGEN DER ELEKTROMOBILITÄT UND LADEINFRASTRUKTUR

Dieses Kapitel gibt einen breiten und fachlich fundierten Überblick über das weite Feld der Elektromobilität und Ladeinfrastruktur (LIS). Zunächst werden die verschiedenen Typen von Elektrofahrzeugen vorgestellt. Im Anschluss wird auf die historische Entwicklung der Elektromobilität eingegangen. Daran schließt die Auseinandersetzung mit Elektromobilität als Handlungsfeld im Kontext der europäischen und deutschen Klimaschutz- und Energiepolitik an. Die Bestandsaufnahme nimmt Bezug auf Zielformulierungen und führt aktuelle Zahlen zum Fahrzeugbestand und der verfügbaren Ladeinfrastruktur in Deutschland auf. Als nächstes werden Eckpunkte des rechtlichen Rahmens aufgelistet. Nach der Vorstellung der wesentlichen Akteure und Rollen wird detailliert auf das Laden zur Versorgung von Elektrofahrzeugen mit elektrischer Energie eingegangen. Hierbei werden die Ladesysteme, -modi und -stecker wiedergegeben, Anwendergruppen benannt und das sogenannte Henne-Ei-Problem thematisiert. Auch wird der idealtypische Prozess der Standortidentifizierung für Ladestationen in Kommunen skizziert. Die Informationen dienen dem technischen Verständnis und einer leichteren Einordnung dargestellter Sachverhalte im Hauptteil der Arbeit, welcher sich dem Untersuchungsraum Hamburg widmet (ab Kapitel 3).

### 2.1 Systematisierung von Elektrofahrzeugen

Bei den Antriebsarten für Personenkraftwagen (Pkw) wird zwischen drei wesentlichen Antriebsarten unterschieden: dem Verbrennungsmotor (Diesel- und Ottomotor), den Hybridantrieben und den rein elektrischen Antrieben. Hybridfahrzeuge weisen zu Transaktionszwecken zwei verschiedene Energiewandler, einen Verbrennungs- und Elektromotor und zwei verschiedene Energiespeicher, beispielsweise Benzin und Akku, auf. Die Vorteile beider Antriebskonzepte sollen genutzt werden. Der Verbrennungsmotor garantiert eine große Reichweite, der Elektroantrieb kann das Fahrzeug aus dem Stand ohne Trennkupplung beschleunigen. Nach dem Leistungsanteil des Elektroantriebs an der Gesamtleistung des Fahrzeugs wird zwischen Micro-, Mild- und Full-Hybrid unterschieden (vgl. Karle 2020: 31f.).

Beim Micro-Hybrid (MCHEV) wird eine Start-Stopp-Automatik hinzugefügt, die nach einigen Sekunden des Stillstands wirksam wird und den Verbrennungsmotor abschaltet. Bei Betätigung des Gaspedals startet der Verbrennungsmotor wieder automatisch (vgl. Doppelbauer 2020: 66). Zusätzlich wird mit der Bremsenergie die Starterbatterie geladen, man spricht von Rekuperation. Da ein Hybridfahrzeug von mindestens zwei unterschiedlichen Motorarten angetrieben wird, stellt der Micro-Hybrid kein Hybridfahrzeug im klassischen Sinne dar. Vielmehr handelt es sich um ein Verbrennerfahrzeug mit zusätzlichen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung (vgl. Weber 2020: 39f.). Beim Mild-Hybrid (MHEV) kommen die Funktionen der Lastpunktverschiebung, des Boosten und

Segeln hinzu. Der Elektroantriebsteil wird als kurzzeitige Unterstützung für den Verbrennungsmotor eingesetzt. Aufgrund der geringen Batteriekapazität und Leistung der Lichtmaschine ist ein rein elektrisches Fahren mit einem Mild-Hybrid nicht möglich. Der Full-Hybrid (FHEV) kann im Gegensatz zu den bisher aufgeführten Hybridfahrzeugen auch rein elektrisch fahren. Realisiert werden meist nur geringe Geschwindigkeiten bis 80 Kilometer pro Stunde und geringe Reichweiten (vgl. Doppelbauer 2020: 66f.). Plug-in-Hybrid Electric Vehicles (PHEV) stellen eine Sonderform der Hybridfahrzeuge dar. Sie verfügen über eine externe Anschlussmöglichkeit an das Stromnetz. Somit ist grundsätzlich ein Betrieb ohne die Verbrennung von Mineralöltreibstoffen möglich. Die Antriebsleistung und Batteriekapazität sind gesteigert auf rund 50 bis 90 Kilowatt und fünf bis 15 Kilowattstunden. Die elektrische Reichweite beträgt bis 60 Kilometer, sodass Kurz- bis Mittelstrecken auch rein elektrisch zurückgelegt werden können. Der Fahrer eines PHEV kann zwischen verschiedenen Fahrmodi wechseln. So fährt das Auto im sogenannten Charge Depleting Mode grundsätzlich elektrisch, schaltet bei gewünschter Geschwindigkeit oder Beschleunigung aber den Verbrenner zu, während im sogenannten Charge Sustaining Mode das Auto mit dem Verbrennungsmotor fährt und einen einstellbaren, minimalen Ladezustand der Batterie aufrechterhält (vgl. Weber 2020: 41f.).

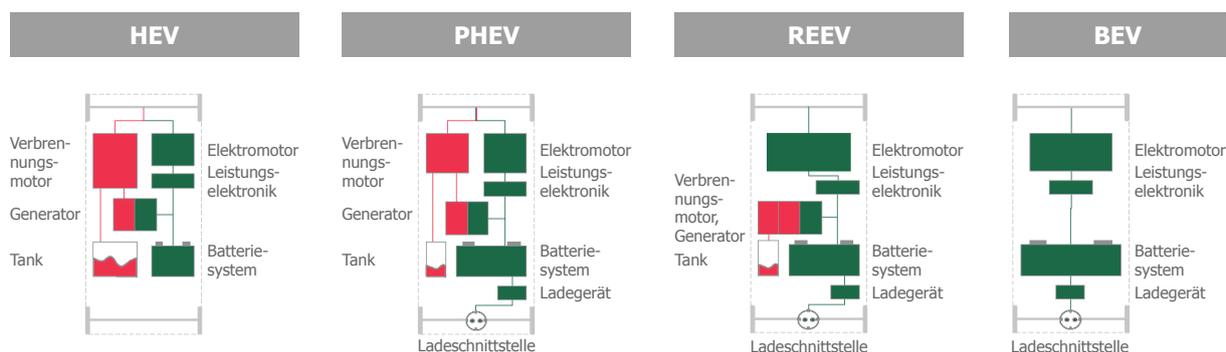


Abb. 5: Schematische Darstellung von elektrischen Antriebskonzepten (modifiziert nach Reinke 2014: 8)

Als Battery Electric Vehicle (BEV) (E-Auto) werden reine Elektrofahrzeuge bezeichnet, welche ihre Antriebsenergie aus einem oder mehreren Elektromotoren als einzige Vortriebsquelle speisen. Es kommt kein Verbrennungsmotor zum Einsatz (vgl. BDEW et al. 2020: 6). Die Batterie wird von außen über das Stromnetz einer Steckdose, Wallbox oder Ladestation aufgeladen. Es werden auch Fahrzeuge mit einem Range Extender (dt. Reichweitenverlängerer) angeboten. Diese Range Extended Electric Vehicles (REEV) verfügen über einen Verbrennungsmotor mit angebautem Generator, über den bei Bedarf die Fahrzeugbatterie wieder aufgeladen oder ihr Ladestatus aufrechterhalten werden kann. Der Verbrennungsmotor wird also nicht zum Fahrzeugantrieb, sondern zum Antrieb des Generators eingesetzt. Per Definition fallen sie unter serielle Hybride, werden auf dem Markt aber als Elektrofahrzeuge mit dem Zusatz Range Extender präsentiert (vgl. Weber 2020: 44f.) (vgl. Abb. 5).

## 2.2 Historische Entwicklung der Elektromobilität

Elektrofahrzeuge sind keine neuzeitliche Erfindung. Die Primärbatterie wurde auf Grundlage von Arbeiten von Alessandro Volta bereits im Jahr 1800 gebaut. 1821 entdeckte Michael Faraday den Elektromagnetismus. Auf dieses Wissen aufbauend wurden in den 1830er Jahren erste Versuche mit Elektrofahrzeugen durchgeführt. Sekundärbatterien wurden 1859 durch Gaston Planté erfunden (vgl. Reinke 2014: 24). Schließlich wurden zu Beginn der 1880er Jahre die ersten Fahrzeuge mit einer Sekundärbatterie ausgestattet. So präsentierte der Franzose Gustave Trouvé 1881 in Paris auf einer Messe ein elektrisch angetriebenes Dreirad, welches mit einer Geschwindigkeit von zwölf Stundenkilometern fuhr und eine Reichweite von 26 Kilometern vorweisen konnte (vgl. Abb. 6). Im weiteren Zeitverlauf wurden in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und Europa verschiedene Modelle vorgestellt, darunter auch das 1888 vom deutschen Maschinenfabrikanten Andreas Flocken entwickelte Elektroauto mit vier Rädern, innovativen Ausstattungsmerkmalen wie elektrischen Scheinwerfern und einer Geschwindigkeit von 15 Stundenkilometern (vgl. mobile.de 2020). Ferdinand Porsche entwickelte zur selben Zeit ein mit Radnabenmotoren ausgestattetes Elektrofahrzeug, welches später mit einem Verbrennungsmotor kombiniert wurde und somit einen frühen Hybridantrieb darstellt (vgl. Reinke 2014: 25) (vgl. Abb. 7). Mit der kommerziellen Produktion von Elektroautos wurde ab 1897, beispielsweise durch die Firmen Electric Carriage & Wagon Company und die Electric Vehicle Company, begonnen. 1899 wurde mit dem Elektrowagen von Camille Jenatzy erstmals die 100-Stundenkilometer-Marke erreicht (vgl. Abb. 8). Die Fahrzeuge sahen mehr nach Kutschen als Autos aus, da von Pferden gezogene Kutschen bis dahin das bevorzugte Transportmittel waren. Bis zur Jahrhundertwende wurden mehr Elektro- als Benzinfahrzeuge verkauft. In den USA lag ihr Anteil bei knapp 40 Prozent, sie bildeten den zweiten Platz hinter dem Dampfantrieb. Die Reichweite betrug bis zu 150 Kilometer, die Batterien hatten Kapazitäten bis 25 Kilowattstunden (vgl. Doppelbauer 2020: 10f.). Zudem kam es zum Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur in London, wobei ein Netz aus Ladehydranten errichtet wurde, welches über ein Bezahlssystem mit Münzen nutzbar war (vgl. Reinke 2014: 25).

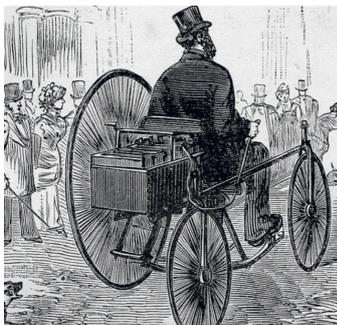


Abb. 6: Trouvé Tricycle  
(Welt.de 2016)

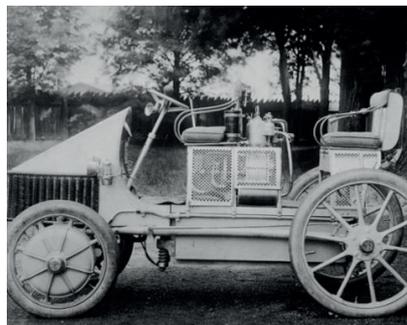


Abb. 7: Lohner-Porsche Semper Vivus  
(Porsche Newsroom o.J.)



Abb. 8: Jenatzys Rekordwagen La  
Jamais Contente (Wikipedia.org 2006)

Kurz vor dem ersten Weltkrieg stiegen die Marktanteile von benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeugen. Die Produktion von Elektrofahrzeugen sank kontinuierlich, bis zum fast vollständigen Erliegen in den 1950er Jahren. Ausschlaggebender Grund hierfür war die geringe Reichweite trotz Fortschritten bei der Batterieentwicklung bei gleichzeitigem Ausbau des Straßennetzes. Durch beginnende Fließbandproduktion sowie geringe Treibstoffpreise ergab sich zudem ein Kostenvorteil bei Verbrennern. Elektrofahrzeuge blieben auf dem Nischenmarkt erhalten. So wurden sie als Nutzfahrzeuge im Kurzstreckenverkehr für die Lieferung von Milch, als Golf-Caddy oder zur Briefkastenleerung eingesetzt. Mit der Ölpreiskrise im Jahr 1973 und der so getriebenen Aufmerksamkeit für energiepolitische Themen gewann das Elektroauto wieder an Bedeutung. Das Bewusstsein für die Problematik der Treibhausgasemissionen sowie für die damit verbundene Notwendigkeit, erneuerbare Energien stärker zu nutzen, wuchs. In den 1990er Jahren intensivierten sich die Forschungs- und Entwicklungsinitiativen von Ländern und Fahrzeugherstellern. Auf internationaler und nationaler Ebene wurden schließlich Klimaschutzziele aufgestellt. Trotz des neuen Aufschwungs und sich wandelnder Rahmenbedingungen war die Einführung von Elektroautos bis Mitte der 2000er Jahre nicht erfolgreich (vgl. ebd.: 26ff.).

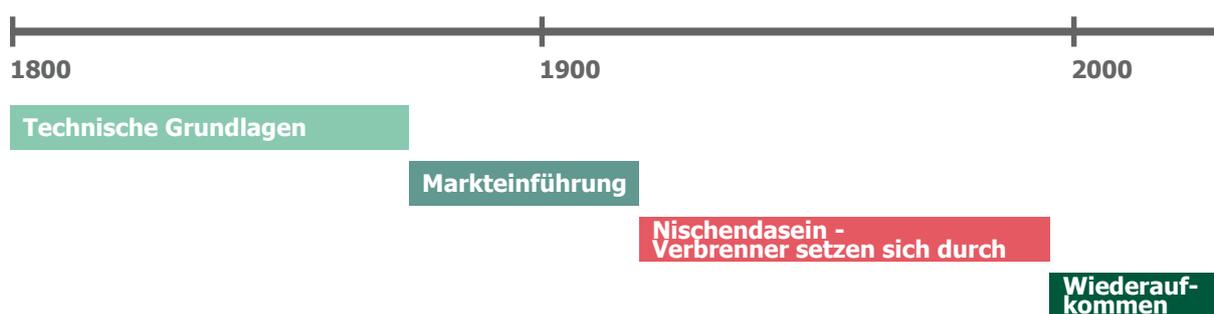


Abb. 9: Historische Entwicklung der Elektromobilität in Phasen (eigene Darstellung)

Der Siegeszug gelang durch die Lithium-Ionen-Batterietechnik. Diese erreicht heute Kapazitäten zwischen 40 bis 100 Kilowattstunden und damit reale Reichweiten von bis zu 600 Kilometern. Seit 2008 kommt sie im Pkw zum Einsatz (vgl. Doppelbauer 2020: 13). Das erste kommerziell erhältliche Fahrzeug war 2008 der Tesla Roadster, ein Zweisitzer, der zeigen sollte, dass E-Autos auch Fahrspaß bieten können. Die Reichweite lag bei 350 Kilometern, die Batterie hatte eine Kapazität von 56 Kilowattstunden, das maximale Drehmoment lag bei 370 Nanometern. Tesla setzte neue Maßstäbe in der Elektromobilität. Vier Jahre später wurde die Limousine Tesla Model S vorgestellt. 2013 brachten auch die ersten deutschen Hersteller Elektrofahrzeuge auf den Markt. BMW präsentierte den i3, VW den e-up. Mittlerweile sind Elektroautos aller Fahrzeugklassen vorhanden (vgl. mobile.de 2020).

## 2.3 Elektromobilität als Handlungsfeld im Kontext der Klimaschutz- und Energiepolitik

Die Entwicklung und Etablierung der Elektromobilität ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, welche sich in verschiedenen Politikbereichen widerspiegelt. Zu nennen sind die Klima-, Energie-, Industrie-, Verkehrs-, Arbeits- und Sozialpolitik (vgl. GGEMO 2018: 12). Besonders hervorzuheben gilt es an dieser Stelle die Klima- und Energiepolitik.

Die Regierungschefs der europäischen Mitgliedstaaten einigten sich 2007 auf ein Klima- und Energiepaket, welches die sogenannten 20-20-20-Ziele verbindlich festsetzt. Bis 2020 sollten die Treibhausgasemissionen gegenüber 2005 um 20 Prozent gesenkt und der Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch sowie die Energieeffizienz um mindestens 20 Prozent gegenüber 1990 erhöht werden. Im Rahmen neuer Zielvorgaben für das Jahr 2030 strebt die Europäische Union (EU) eine Senkung der Treibhausgasemissionen um 40 Prozent gegenüber 1990 sowie eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Energieverbrauch und der Energieeffizienz um jeweils mindestens 27 Prozent an. Das letzte Etappenziel ist die Senkung der Treibhausgasemissionen um 80 Prozent bis zum Jahr 2050 (vgl. BDO 2018: 8).

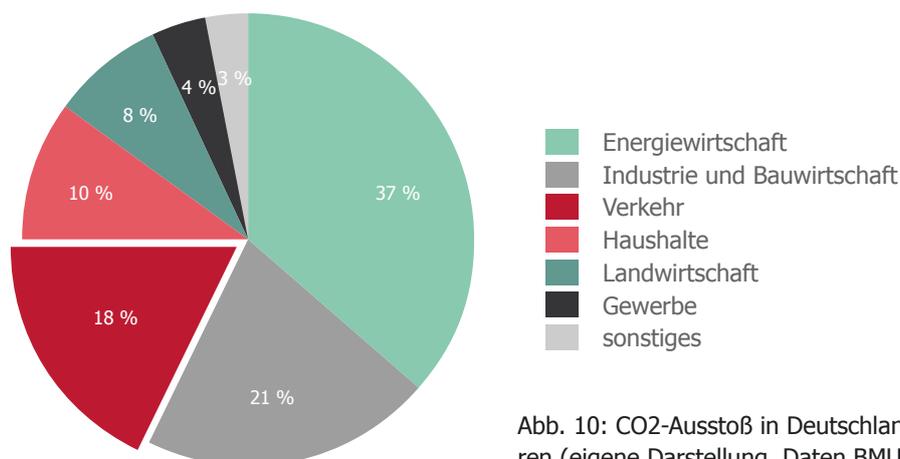


Abb. 10: CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland nach Sektoren (eigene Darstellung, Daten BMU 2016)

Der Verkehrssektor macht global ein Viertel der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus. Innerhalb des Verkehrssektors entfällt mit circa drei Viertel der CO<sub>2</sub>-Emissionen der größte Anteil auf den Straßenverkehr (vgl. Reinke 2014: 33). Auch in Deutschland stellt der Verkehr mit knapp 20 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen einen der größten Emittenten dar (vgl. Abb. 10). Angesichts der ambitionierten klimapolitischen Zielsetzungen und der Tatsache, dass Antriebe herkömmlicher Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor auf schwindenden Ressourcen basieren, ist ein tiefgreifender Wandel im Mobilitätssystem in Richtung Nachhaltigkeit notwendig (vgl. Auer 2019: 1). Kurzfristig können eine Erhöhung der Kraftstoffeffizienz benzin- und dieselbetriebener Fahrzeuge oder die Verringerung der Verkehrsleistung zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen führen. Mittel- bis lang-

fristig bietet die Elektrifizierung des Antriebsstranges jedoch das größte Potenzial (vgl. BDO 2018: 9). In engem Zusammenhang mit dem Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduzierung steht die Senkung des Erdölverbrauchs. Der Verkehrssektor ist zu 95 Prozent von fossilen Kraftstoffen abhängig. Die Einführung von Elektromobilität ist durch die verschiedenen bei der Erzeugung von Elektrizität verwendeten Energieträger gleichbedeutend mit einer Substitution des Primärenergieträgers Erdöl (vgl. Reinke 2014: 33).

Im Fahrbetrieb bei lokaler Betrachtung emittiert das Elektroauto keine Schadstoffe. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß kann offiziell aber nicht mit null Gramm gewertet werden. Es gilt die gesamte Energiekette, von der Erzeugung des Fahrzeugs bis zum Verbrauch, zu betrachten. Aber auch dann produzieren Elektrofahrzeuge deutlich weniger Schadstoffe als Verbrenner. Eine neutrale CO<sub>2</sub>-Bilanz wird erreicht, wenn zum Aufladen regenerativ erzeugter Strom verwendet wird (vgl. Karle 2020: 23).

Insgesamt kann eine Transformation des Mobilitätssystems beobachtet werden. Sich verändernde Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung, die zunehmende Vernetzung der Lebensbereiche, globale Megatrends wie Globalisierung und Urbanisierung sowie die Notwendigkeit für mehr Klimaschutz im Verkehrssektor, wirken als Faktoren auf das Mobilitätssystem ein. Hinzu kommen gerade in den letzten beiden Jahrzehnten technologische Innovationen und Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung und Automatisierung (vgl. NPM 2019: 14).

Die Stadtbevölkerung reagiert zunehmend sensibel auf Umweltbelastungen. Als weitere Treiber und potenzielle Chancen der Elektromobilität können die Reduzierung der Lärmbelastung, Verbesserung der Gesundheit und Erhöhung der Lebensqualität aufgeführt werden. So entsteht selbst bei höheren Geschwindigkeiten für Anwohner, Straßennutzer, Fahrer und Insassen eine ruhige(re) Geräuschkulisse durch Elektrofahrzeuge (vgl. Knese 2019: 79). „Intelligent eingesetzt, kann Elektromobilität als Vehikel für die Umsetzung einer stadtverträglichen Mobilität dienen“ (BMVI 2015: 14).

## **2.4 Politische Zielsetzung und Status Quo**

Nachdem Zielsetzungen auf europäischer Ebene aufgeführt wurden, folgt an dieser Stelle die Auseinandersetzung mit der nationalen Ebene. Neben Zielzahlen und wesentlichen Programminhalten wird auf die Zulassungszahlen von Elektroautos und den Bestand an Ladeinfrastruktur eingegangen.

### **2.4.1 Zielzahlen und Programminhalte**

„Mindestens eine Million Elektroautos auf Deutschlands Straßen im Jahr 2020 – so lautet das mit Abstand bekannteste Ziel der Bundesregierung im Bereich der Elektromobilität“ (BDO 2018: 12). Aufgestellt wurde dieses Ziel im 2009 formulierten Natio-

nen Entwicklungsplan Elektromobilität. Auch sollte sich Deutschland bis 2020 zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität entwickeln (vgl. ebd.). Diese Entwicklung sollte in drei Phasen vollzogen werden: Marktvorbereitung, Markthochlauf und Massenmarkt (vgl. Abb. 11).

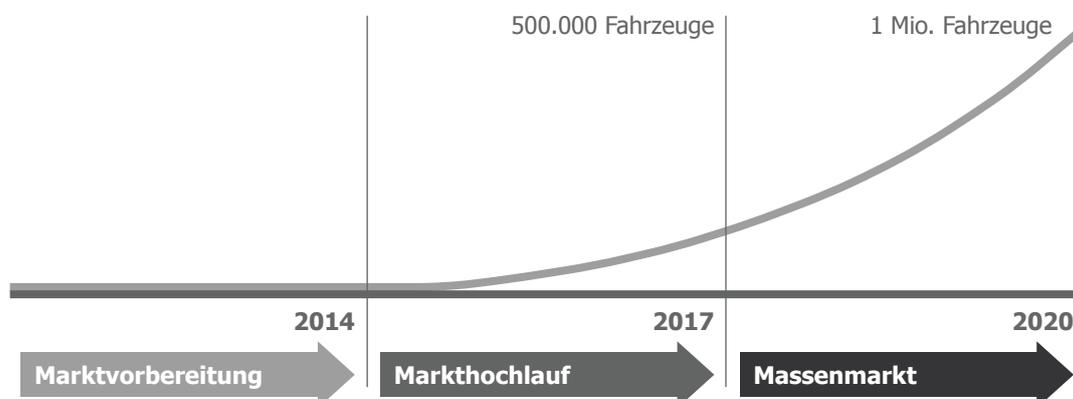


Abb. 11: Phasenmodell zur Entwicklung des Leitmarkts für Elektromobilität (eigene Darstellung nach BDO 2018: 12)

Die Phase der Marktvorbereitung widmete sich der Förderung von Forschung und Entwicklung in allen Bereichen der Wertschöpfungskette. Hierbei lag der Fokus auf den Bereichen Fahrzeugtechnik, Energiespeicher und Netzintegration. Politische, regulatorische, technische und infrastrukturelle Voraussetzungen sollten für eine breite Einführung von Elektrofahrzeugen geschaffen werden. Dazu zählte auch eine internationale Normung und Standardisierung von Steckern, was im Zuge der *EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe* von Oktober 2014 und die darauf aufbauende nationale Ladesäulenverordnung (LSV) erreicht werden konnte. In der Marktvorbereitungsphase wurden zudem sogenannte Schaufensterprojekte ins Leben gerufen. In bundesweit groß angelegten Demonstrations- und Pilotvorhaben sollten Politik und Industrie Ressourcen bündeln und offene Fragen beantworten werden (vgl. ebd.). Den Schwerpunkt der daran anschließenden Phase des Markthochlaufs bildeten der Marktaufbau bei Elektrofahrzeugen und der Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur. Zur Unterstützung des Markthochlaufs wurden nutzerorientierte Anreize, wie steuerliche Vergünstigung, eingeführt (vgl. ebd.: 13). Bis zum Jahr 2020 sollte die Entwicklung zum Massenmarkt abgeschlossen sein. Batterien für Elektrofahrzeuge sowie BEV und PHEV sollten massenhaft in Deutschland gefertigt werden. Tragfähige Geschäftsmodelle galt es bis dahin zu entwickeln. Sechs Millionen Elektrofahrzeuge wurden außerdem bundesweit für das Jahr 2030 erwartet (vgl. ebd.: 14).

Im Klimaschutzprogramm 2030 wurden Festlegungen zum Aufbau der Ladeinfrastruktur gemacht. Ein Masterplan Ladeinfrastruktur sollte im Jahr 2019 erstellt werden, private und gewerbliche Ladeinfrastruktur gefördert werden und eine Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur zur Koordination eingerichtet werden. Darüber hinaus ist die Schaffung guter Rahmenbedingungen und Installation von einer Millionen öffentlich

zugänglichen Ladepunkten bis 2030 vorgesehen (vgl. Die Bundesregierung 2019: 1). Kernpunkte des Masterplans Ladeinfrastruktur sind der Abbau rechtlicher Hürden, gezielte Förderung und eine aktive Koordination zwischen Bund, Ländern, Kommunen und Industrie. Um Fehlentwicklungen zu vermeiden soll der Masterplan alle drei Jahre evaluiert und bei Bedarf nachjustiert werden (vgl. ebd.: 2). Eine Übersicht über das Maßnahmenbündel findet sich in Abbildung 12.

Maßnahmen zur Verbesserung rechtlicher Rahmenbedingungen	Koordinierende Maßnahmen	Strategische Maßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überarbeitung der LSV</li> <li>• Vereinfachung des Abrechnungsverfahrens der EEG-Umlage</li> <li>• Vorausschauender Netzausbau</li> <li>• Errichtung von LIS durch Verteilernetzbetreiber</li> <li>• LIS an Tankstellen</li> <li>• Schnellladesäulen als Dekarbonisierungsmaßnahmen der Mineralölwirtschaft</li> <li>• Stellplatzverordnungen durch Kommunen überarbeiten</li> <li>• LIS im Baurecht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• StandortTOOL des BMVI als gemeinsame Planungsgrundlage</li> <li>• Monitoring der errichteten LIS</li> <li>• Flächenatlas für den Aufbau</li> <li>• LIS für die Langstreckenmobilität an Rastanlagen</li> <li>• LIS auf öffentlichen Parkplätzen</li> <li>• Anwendungshilfe für Verteilernetzbetreiber zur Netzintegration der Elektromobilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbraucherbedürfnisse in den Mittelpunkt stellen</li> <li>• Ladebedarfe bestimmter Nutzergruppen und Flotten ermitteln</li> <li>• Know-how der Entscheidungsträger aufbauen</li> <li>• Elektromobilitätsmanager in Kommunen</li> <li>• Intensivierung der europäischen Zusammenarbeit</li> <li>• Forschung und Entwicklung</li> </ul>

Abb. 12: Maßnahmen für den Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur (eigene Darstellung, Inhalt Die Bundesregierung 2019: 4-10)

Bis zum Sommer 2020 sollte etwa eine überarbeitete Ladesäulenverordnung vorgelegt werden, welche festlegt, dass eine Schnittstelle zur dynamischen Datenerhebung über Standorte beim Aufbau von öffentlichen Ladepunkten vorhanden sein muss. Auch sollte in Zusammenarbeit mit der Bundesnetzagentur (BNetzA) ein Vorschlag erarbeitet werden, wie die Netzbetreiber die Netze auch über den aktuellen Energiebedarf hinaus vorausschauend ausbauen können. Zudem sollten Stellplatzverordnungen und bauordnungsrechtliche Bestimmungen durch Länder und Kommunen geprüft und bearbeitet werden, um den Aufbau von Ladeinfrastruktur zu erleichtern (vgl. ebd.: 5). Für einen bedarfsgerechten Ausbau wurde das Planungswerkzeug StandortTOOL erarbeitet, welches Kommunen und Ladesäulenbetreibern über Analysen des Status Quo und Bedarfsprognosen auf Basis von Datenauswertung als Planungsgrundlage dienen soll. Weiterhin ist eine übergeordnetes Monitoring zur Nutzung und Auslastung der Ladeinfrastruktur angedacht, um Engpässe zu erkennen und Erkenntnisse im StandortTOOL abbilden zu können (vgl. ebd.: 6f.). Die strategischen Maßnahmen beschäftigen sich mit einer Intensivierung der Zusammenarbeit und stellen den Nutzer in den Fokus. Beispielsweise soll es den E-Mobilisten möglich sein sich über den Belegungsstatus einer Ladestation zu informieren und verschiedene Authentifizierungsarten zu nutzen. Auch soll die Preisgestaltung für die Verbraucher transparent sein (vgl. ebd.: 8). Im Rahmen von regionalen und EU-weiten Veranstaltungen und regelmäßigen Dialogen

soll Know-how geteilt werden und für den Nutzer ein problemloses Laden auch auf längeren Strecken ermöglicht werden (vgl. ebd.: 9f.).

### 2.4.2 Bestand Elektroautos

Der Status Quo der Elektromobilität in Deutschland liegt hinter den Planungen und Erwartungen. Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes waren am 01. Januar 2020 58,2 Millionen Kraftfahrzeuge in Deutschland zugelassen. Pkw bilden mit 47,7 Millionen die anteilsstärkste Fahrzeugklasse. Die häufigsten Kraftstoffarten bei den Pkw sind Benzin mit 65,9 Prozent und Diesel mit 31,7 Prozent. Knapp 137.000 Elektroautos verkehrten 2020 auf Deutschlands Straßen. Gegenüber dem Vorjahr entspricht dies einer Erhöhung von 64,3 Prozent. Der Anteil an Elektroautos am Pkw-Bestand lag bei 0,3 Prozent. Erhebliche Steigerungen sind auch bei den Hybridfahrzeugen zu beobachten. Rund 540.000 Hybridfahrzeuge sind 2020 zugelassen gewesen, was einem Anteil von 1,1 Prozent am Bestand entspricht. Im Vergleich zum Vorjahr ist eine Zunahme von 58 Prozent zu verzeichnen. Jedes fünfte Hybridauto ist ein Plug-in-Hybrid. Die Anzahl wuchs innerhalb eines Jahres um 52,5 Prozent und ihr Anteil am Pkw-Bestand verdoppelte sich auf 0,2 Prozent (vgl. KBA 2020a). Der Anteil an Elektroautos (309.100 Einheiten) sowie an Plug-in-Hybriden (279.860 Einheiten) stieg zum 01. Januar 2021 auf jeweils 0,6 Prozent (vgl. KBA 2021a). Eine Gegenüberstellung der vergangenen Jahre findet sich in Abbildung 13.

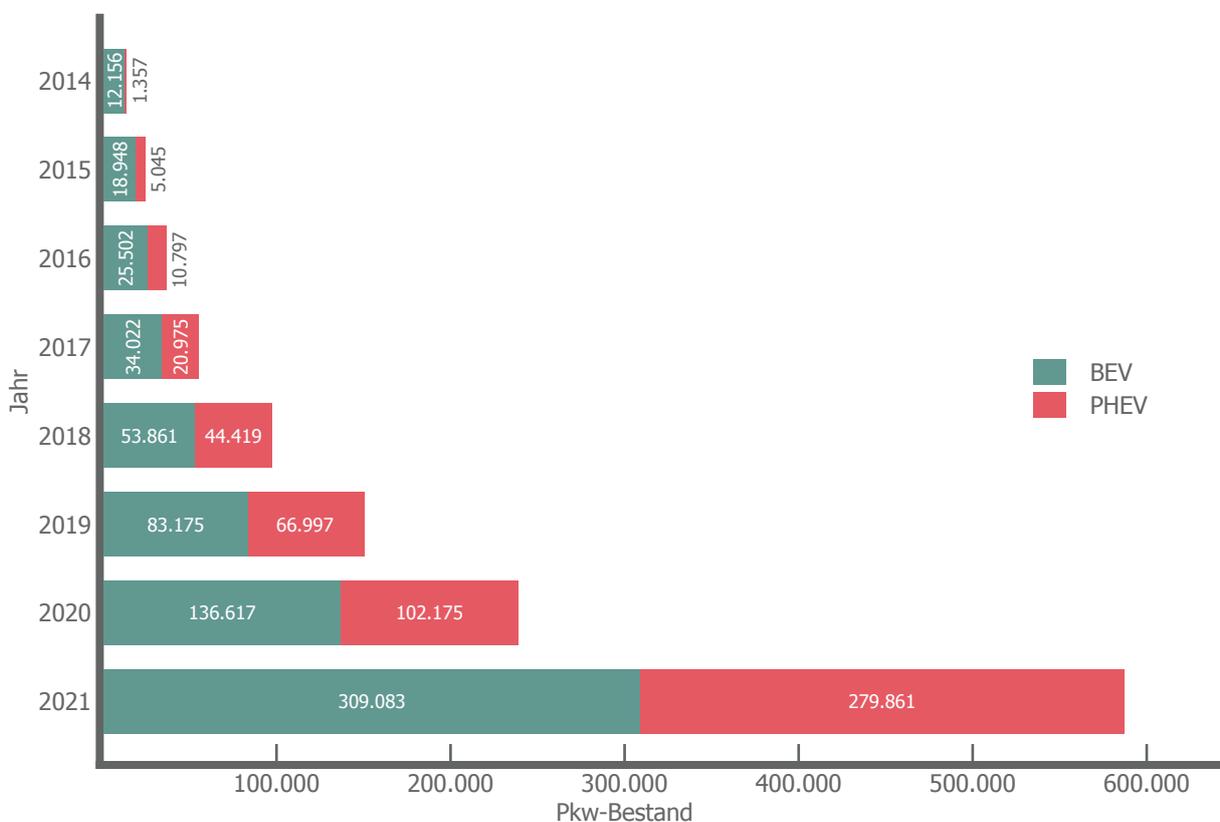


Abb. 13: Entwicklung des Bestands an BEV und PHEV in Deutschland (eigene Darstellung, Daten e-mobil BW 2020, NOW GmbH 2018: 25, KBA 2021a)

Das Ziel der Bundesregierung von einer Millionen Elektroautos auf Deutschlands Straßen bis Ende 2020 wurde demnach nicht erreicht. Da die jährlichen Neuzulassungen der Vergangenheit offenbarten, dass diese Vision bei gleichbleibender Marktdynamik nicht der Realität entspricht, erklärte die Politik bereits 2018, dass dieses Ziel nicht zu schaffen sei, der Pfad jedoch stimme. Als neues Zieljahr wurde 2022 formuliert. Dabei wird sich auf die Erkenntnisse und Berechnungen der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) berufen (vgl. Reintjes 2018). Für die zeitlichen Abweichungen nennt die NPE als Gründe eine mangelnde breite Verfügbarkeit von Fahrzeugmodellen, fehlende rechtliche Rahmenbedingungen sowie Verzögerungen bei der Umsetzung des Förderprogramms zum Aufbau der Ladeinfrastruktur und der Implementierung des Umweltbonus (vgl. GGEMO 2018: 6).

Die Zahl der weltweit zugelassenen Elektroautos hat eine neue Rekordmarke erreicht. 2020 waren 10,9 Millionen E-Autos registriert. Gegenüber dem Vorjahr ist dies ein Plus von 3,1 Millionen. China liegt mit knapp fünf Millionen Elektroautos auf Platz eins, gefolgt von den USA mit rund 1,8 Millionen. Deutschland belegt den dritten Platz. In Europa stiegen die Zulassungszahlen auf rund 1,4 Millionen, während die Märkte in China und USA kaum zum Wachstum beigetragen haben (vgl. ZSW 2021: 1). Der Anteil an Elektroautos an den gesamten Pkw-Neuzulassungen steigt zwar in vielen Ländern, bewegt sich aber mit häufig einstelligen Prozentwerten auf einem zu niedrigem Niveau für eine umfassende Marktdurchdringung. Eine Ausnahme bildet Norwegen, wo im Jahr 2020 mit einem Anteil von 62,4 Prozent mehr Elektrofahrzeuge als Verbrenner zugelassen wurden. Die meisten Neuzulassungen weltweit konnte mit 499.600 Einheiten der Hersteller Tesla verbuchen. Der Volkswagen Konzern kommt auf 421.600 verkaufte Elektromodelle im vergangenen Jahr (vgl. ebd.: 2). Werden sämtliche Neuzulassungen der vergangenen Jahre weltweit addiert, führt Tesla mit knapp 1,4 Millionen E-Autos. Den zweiten Platz belegt BYD aus China. VW bildet mit rund 779.000 verkauften Elektroautos den dritten Platz. Der vierte Platz wird besetzt von BMW mit 603.200. Die meisten Neuzulassungen entfielen in Deutschland 2020 auf die Modelle Renault Zoe, E-Golf, Model 3, VW-Passat GTE und VW ID.3 (vgl. ebd.: 3).



Abb. 14: Renault Zoe  
(Renault 2021)



Abb. 15: E-Golf  
(SZ.de 2014)



Abb. 16: Tesla Model 3  
(Model3.Info o.J.)

### 2.4.3 Bestand Ladeinfrastruktur

Ende 2012 standen E-Mobilisten in Deutschland 3.820 öffentliche Ladepunkte zur Verfügung. Im Rhythmus von zwei Jahren erhöhte sich die Zahl erst auf 5.550 und dann auf 7.400 Ende 2016 (vgl. BDO 2018: 17). Im Laufe der nächsten zwei Jahre konnte mehr als eine Verdoppelung auf 16.100 Ladepunkte erreicht werden, wie die Abbildung 17 zeigt. Die Bundesnetzagentur führte Ende 2020 32.110 öffentlich zugängliche Ladepunkte auf. Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) zählt etwa 1.000 Ladepunkte mehr. Mit 7.000 entfallen die meisten Ladepunkte auf das Bundesland Bayern, mit 258 die wenigsten auf das Bundesland Saarland (vgl. Drechsler 2020).

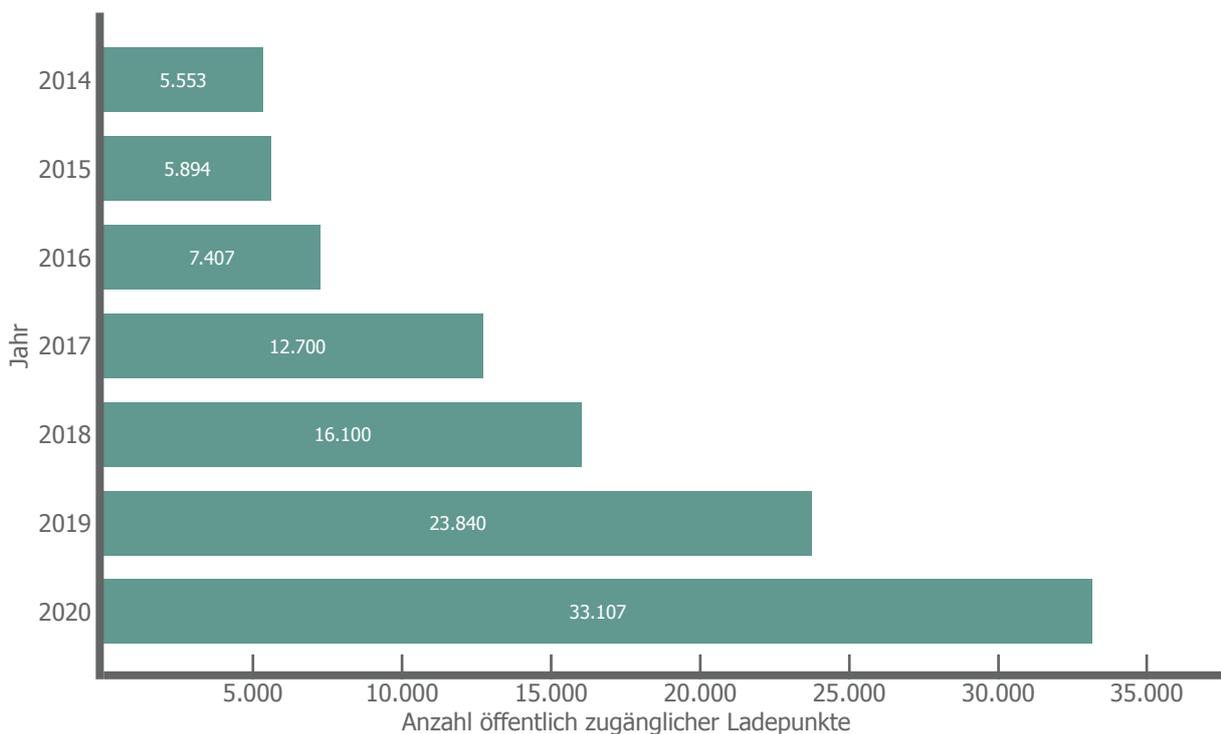


Abb. 17: Entwicklung des Bestands an öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Deutschland nach BDEW (eigene Darstellung, Daten BDEW 2015 und 2020)

Im Städte-Ranking ist derzeit Berlin Spitzenreiter. Dahinter folgen die Städte München und Hamburg (vgl. ecomento 2020) (vgl. Abb. 18). Der T-Wert zeigt an, wie viele Pkw sich einen öffentlichen Ladepunkt teilen müssen. Dieser spiegelt also das Verhältnis der aktuell zugelassenen Elektroautos und der verfügbaren öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur wider. Den höchsten T-Wert weist mit 17,0 das Bundesland Hessen auf, den niedrigsten mit 7,7 das Bundesland Sachsen (vgl. Drechsler 2020). Auf Ebene der Städte und Landkreise belegt die Stadt Krefeld mit einem T-Wert von 198,6 den letzten Platz und der Landkreis Regen mit 1,9 den ersten Platz (vgl. VDA 2020).

Die NPE schätzt, dass für eine Millionen Elektrofahrzeuge 70.000 öffentliche Normalladepunkte, 7.100 öffentliche Schnellladepunkte sowie rund eine Millionen private Ladepunkte notwendig sind (vgl. GGEMO 2018: 6).



Abb. 18: Städte mit der höchsten Anzahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte nach BDEW (eigene Darstellung)

## 2.5 Rechtlicher Rahmen

Rechtliche Rahmenbedingungen für die Errichtung und den Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur sind Inhalt dieses Unterkapitels. Eine energie- und baurechtliche Einordnung erfolgt. Da Anschaffungsmehrkosten eines Elektrofahrzeugs durch Steuervorteile neutralisiert werden, wird auch auf das Steuerrecht eingegangen. Abweichende Regelungen für private Ladeinfrastruktur werden nicht thematisiert, es wird lediglich kurz auf ein Förderungsangebot eingegangen.

Gemäß der Ladesäulenverordnung ist ein Ladepunkt (LP) eine Einrichtung, die zum Aufladen von Elektromobilen bestimmt ist und an der zur gleichen Zeit nur ein Elektromobil geladen werden kann. Eine Ladestation ist ein ortsfester Teil der mit dem Versorgungsnetz verbundenen Stromversorgungseinrichtung für Elektrofahrzeuge. Eine Ladestation hat einen oder mehrere Ladepunkte (vgl. DIN e.V. 2020: 11). Sie kann frei stehen als Ladesäule oder an einer Wand oder Stele montiert sein als Wallbox. Unter dem Begriff Ladesäule ist die Apparatur an sich zu verstehen, welche mehrere Ladepunkte bieten kann.

### 2.5.1 Energierecht

An der Ladesäule findet eine Stromlieferung an den Fahrer eines Elektrofahrzeugs statt. Eine Stromlieferung unterliegt klassisch der energierechtlichen Regulierung. Durch den Gesetzgeber wurde jedoch klargestellt, dass bei Stromlieferungen dieser Art energiewirtschaftliche Regelungen keine Anwendung finden. Nach § 2 Nr. 12 der Ladesäulenverordnung ist Betreiber eines Ladepunktes wer unter Berücksichtigung der rechtlichen, wirtschaftlichen und tatsächlichen Umstände bestimmenden Einfluss auf den Betrieb eines Ladepunktes ausübt. Für die Betreibereigenschaft ist das Eigentum oder eine vergleichbare Rechtsposition Voraussetzung. Nach § 3 Nr. 25 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) steht der Strombezug der Ladepunkte einem Letztverbrauch gleich. Demnach stellt ein Ladevorgang als solcher keine Stromlieferung zwischen dem Ladepunktbetreiber und dem Nutzer dar. Der Ladepunktbetreiber wird nicht als Energieversorgungsunternehmen eingeordnet, sondern fiktiv den Letztverbrauchern gleichgestellt. Der Betreiber kann außerdem den Stromlieferanten frei wählen (§ 20 Abs. 1 EnWG). Zudem hat der Betreiber das Recht auf einen Netzanschluss gegenüber dem vorgelagerten Verteilnetzbetreiber (§ 17 Abs. 1 EnWG). Ein Betreiber

muss bei der Ladung keine Informationen zum Strommix und einem Vergleich mit dem Verbrauch anderer Durchschnittskunden ausstellen (vgl. Mainz et al. 2019). Der Nutzer einer Ladesäule wird energierechtlich quasi nur als Gast eines Hausanschlusskunden behandelt. Dieser hat energiewirtschaftlich keine Marktrolle (vgl. BuW 2017: 33). Lässt der Betreiber auch Dritte Ladestrom beziehen, kommen auf ihn bestimmte Pflichten eines Energielieferanten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zu (§ 3 Nr. 20 EEG). Dies hat zur Folge, dass der Betreiber gemäß § 60 Abs. 1 EEG auch zur Entrichtung der EEG-Umlage verpflichtet ist (vgl. Mainz et al. 2019).

Im Februar 2021 hat das Bundeskabinett den *Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung unionsrechtlicher Vorgaben und zur Regelung reiner Wasserstoffgesetze im Energiewirtschaftsrecht* beschlossen, mit dem das Energiewirtschaftsgesetz in wesentlichen Punkten geändert und ergänzt wird. Mit dem neu eingeführten § 7c EnWG werden erstmals Entflechtungsvorgaben für den Betrieb von Ladepunkten sowie ein gesetzlicher Anspruch Dritter auf Zugang zur Ladeinfrastruktur eingeführt. Es gilt die Grundregel, dass Verteilnetzbetreiber kein Eigentum an Ladepunkten haben dürfen und diese weder entwickeln, verwalten noch betreiben dürfen (§ 7c Abs. 1 EnWG). Abweichend davon dürfen im Rahmen einer Ausnahmeregelung Verteilnetzbetreiber in ihrem Netzgebiet unter bestimmten Bedingungen Ladepunkte besitzen und betreiben, wenn nach Durchführung eines offenen, transparenten und diskriminierungsfreien Ausschreibungsverfahrens durch eine kommunale Gebietskörperschaft ein regionales Marktversagen festgestellt worden ist und die Bundesnetzagentur die Errichtung und den Betrieb von Ladepunkten genehmigt (§ 7c Abs. 2 EnWG). Wird die Ausnahmeregelung angewandt, müssen die Betreiber des Elektrizitätsverteilernetzes Dritten Zugang zu den Ladepunkten zu angemessenen und diskriminierungsfreien Bedingungen gewähren (§ 7c Abs. 2 EnWG) (vgl. Raue 2021).

Für den technischen Anschluss an das Energieversorgungsnetz muss der Ladepunktbetreiber mit dem Netzbetreiber Kontakt aufnehmen. Sie schließen einen Netzanschlussvertrag. Aus wirtschaftlichen Gründen empfiehlt es sich vorhandene Netzstrukturen zu nutzen und aus zeitlichen Gründen eine Abstimmung vor Beginn des förmlichen Genehmigungsverfahrens zu beginnen (vgl. BMVI 2014a: 11).

Am 17. März 2016 trat die Ladesäulenverordnung in Kraft. Die Vorgaben der Richtlinie 2014/94/EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe in Bezug auf Ladestecksysteme an Ladepunkten für Elektromobile werden über diese in deutsches Recht umgesetzt. Die LSV regelt die technischen Mindestanforderungen an Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten sowie weitere Aspekte des Betriebes wie Authentifizierung, Nutzung und Bezahlung (§ 1 LSV). Normalladepunkte müssen den Typ 2-Stecker gemäß der Norm DIN EN 62196-2 enthalten, Schnellladepunkte müssen gemäß der Norm DIN EN 62196-3 mindestens mit einem Typ Combo

2-Anschluss versehen werden (§ 3 LSV) (dazu mehr in 2.7.1). Beim punktuellen Laden muss eine Bezahlung mit Bargeld oder Schenkung ohne Authentifizierung erfolgen, bei der für den bargeldlosen Zahlungsvorgang erforderlichen Authentifizierung soll es verschiedene Möglichkeiten für den Nutzer geben (§ 4 LSV). Der Betreiber von öffentlichen Normal- und Schnellladepunkten unterliegt nach § 5 LSV einer Meldepflicht bei der Bundesnetzagentur (vgl. BuW 2017: 36).

Die an öffentlichen Ladepunkten verwendeten Messeinrichtungen müssen den Vorgaben des Mess- und Eichrechts entsprechen (§ 3 Nr. 24b MessEG). Für den Nutzer muss mit Abschluss des Ladevorgangs nachprüfbar sein, wie viel Energie bezogen wurde bzw. wie viel Zeit der Ladevorgang in Anspruch genommen hat und wie sich der Preis anhand des gemessenen Kilowattstunden- oder Zeitwertes berechnet. Des Weiteren muss die Übertragung der Messwerte in das Backend beweissicher sein (vgl. ebd.: 41).

### **2.5.2 Bau- und Planungsrecht**

Eine Ladesäule ist im Sinne des Bauordnungsrechts grundsätzlich als bauliche Anlage zu qualifizieren. Ihre Errichtung ist in der Regel verfahrensfrei und ohne Baugenehmigung möglich. Neun Bundesländer haben Ladesäulen ausdrücklich in die Liste der genehmigungsfreien Vorhaben in der jeweiligen Landesbauordnung aufgenommen (vgl. Mainz et al. 2019). Bauplanungsrechtliche Vorgaben für die Flächennutzung sowie materielle bauordnungsrechtliche Vorgaben müssen trotzdem eingehalten werden. Weiterhin gelten landesrechtliche Denkmalsvorschriften (vgl. BMVI 2014a: 12).

Bei der Errichtung einer Ladesäule im öffentlichen Raum handelt es sich um eine Sondernutzung, die den übrigen Gemeindegebrauch nicht beeinträchtigen darf, worunter die Leichtigkeit des Verkehrs sowie keine Beeinträchtigung der Sicherheit und der Umgebung fallen. Die Genehmigungsvoraussetzungen sind in den Landesstraßengesetzen geregelt (vgl. Mainz et al. 2019). Anträge auf Sondernutzungserlaubnis enthalten beispielsweise eine Beschreibung des Standortes, Fotos, Lagepläne mit eingezeichnetem Standort der Ladesäule, Begründung der Standorteignung, Leitungspläne oder Angaben zur aktuellen Beschilderung. Die Sondernutzungserlaubnis kann mit Nebenbestimmungen versehen werden. Diese sind zum Beispiel ein Widerrufsvorbehalt, zeitliche Befristung und Rückbauverpflichtung (vgl. BMVI 2014a: 14).

Das Straßen- und Wegerecht findet bei der Errichtung von Ladesäulen im halböffentlichen Raum keine Anwendung, da diese Flächen nicht dem öffentlichen Verkehr gewidmet sind (vgl. Mainz et al. 2019). Grundsätzlich besteht eine Genehmigungsfreiheit, allerdings sind weitere öffentlich-rechtliche Vorschriften zu beachten (vgl. BMVI 2014a: 20).

### 2.5.3 Straßenverkehrsrecht

Die Verkehrssicherungspflicht obliegt grundsätzlich dem Straßenbaulastträger. Er kann diese an den Betreiber als Aufgabe delegieren, da dieser durch die Ladeeinrichtung eine Gefahrenquelle schafft. Es muss sichergestellt werden, dass Dritte nicht verletzt werden, etwa durch das Stolpern über ein gespanntes Ladekabel (vgl. ebd.: 12f.).

Laut § 2 des Elektromobilitätsgesetzes (EmoG) werden folgende Fahrzeuge als elektrisch betrieben definiert: Reines Batterieelektrofahrzeug, ein von außen aufladbares Hybridelektrofahrzeug (Plug-in-Hybrid) und ein Brennstoffzellenfahrzeug. Die Verordnung über die Zulassung von Fahrzeugen zum Straßenverkehr sieht in § 9a eine Kennzeichnung elektrisch betriebener Fahrzeuge mit dem Kennbuchstaben „E“ als amtlichen Zusatz hinter der Erkennungsnummer auf dem Kennzeichen vor (vgl. BuW 2017: 19).

Eine Bevorrechtigung von Elektrofahrzeugen bei der Teilnahme am Straßenverkehr ist nach § 3 EmoG möglich. Folgende Bevorrechtigungen werden in das Handlungsermessen der Straßenverkehrsbehörden gestellt: Ausweisung von Sonderparkplätzen, Freigabe von Sonderspuren wie Busspuren, Ausnahmen von Zufahrtsbeschränkungen und Durchfahrtsverboten, Verzicht auf Erhebung von Parkgebühren (§ 4 EmoG) (vgl. ebd.: 20). Die Kommunen entscheiden selbst, wie ein Elektroparkplatz aussieht, mit welchem System er ausgestattet ist und auch ob Elektroautos kostenlos parken können. Das Verkehrszeichen 314 erlaubt das Parken und wird meist zusammen mit einem Zusatzzeichen aufgestellt. Elektrofahrzeuge können beim Parken bevorrechtigt werden durch das Zusatzzeichen mit dem Sinnbild für Elektrofahrzeuge oder dem Zusatzzeichen „Elektrofahrzeuge frei“. Auch werden Park- und Ladeplätze für Elektroautos mit Bodenmarkierungen gekennzeichnet (vgl. Abb. 19). Außerdem kann ein eingeschränktes Halteverbot mit dem Zusatzzeichen „Elektrofahrzeuge frei“ ausgestattet werden (vgl. stvo2Go 2019).

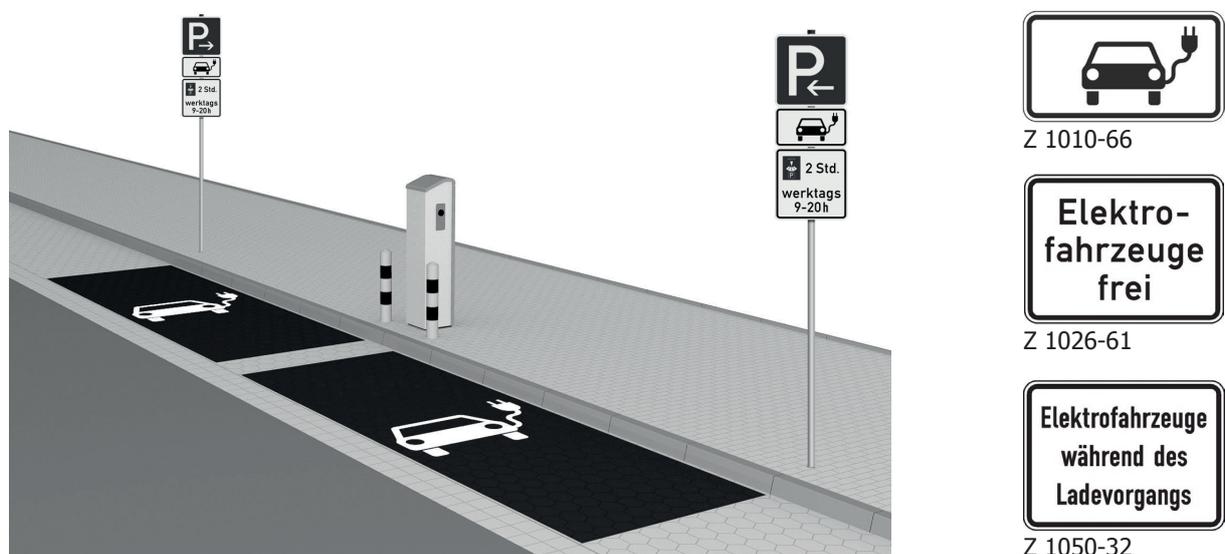


Abb. 19: Optionen zur Beschilderung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge (modifiziert nach VzKat 2019)

In Dortmund etwa dürfen Elektrofahrzeuge einige Busspuren mitbenutzen. In Düsseldorf dürfen Elektrofahrzeuge auf Umweltpuren neben Bussen, Fahrrädern und Taxen privilegiert fahren. Das kostenlose Parken ist häufig nur dann zulässig, wenn das Elektroauto gleichzeitig aufgeladen wird. Das ist etwa in Berlin und Köln der Fall (vgl. Urbach 2019).

#### 2.5.4 Steuerrecht und Förderung

Das Kraftfahrzeugsteuergesetz (KraftStG) sieht spezielle Regelungen für reine Elektrofahrzeuge vor. Nach § 3d KraftStG sind diese temporär von der Kraftfahrzeugsteuer befreit. Plug-in-Hybride sind von der Steuerbefreiung ausgeschlossen. Elektrofahrzeuge, die zwischen dem 18. Mai 2011 und 31. Dezember 2025 zugelassen werden, sind zehn Jahre steuerbefreit, wobei die Befreiung längstens bis zum Ende des Jahres 2030 gewährt wird. Eingeschlossen sind auch Fahrzeuge, die in diesem Zeitraum auf einen rein elektrischen Antrieb umgebaut wurden (vgl. Generalzolldirektion 2021).

Dienstwagen, die privat nutzbar sind, stellen einen geldwerten Vorteil für den berechtigten Arbeitnehmer dar. Berechnet wird dieser nach dem Bruttolistenpreis des Fahrzeugs (1-Prozent-Regelung) und der Entfernung zwischen dem Wohn- und Arbeitsort (Arbeitswegpauschale). Inzwischen erfolgt eine Halbierung oder Viertelung der Bemessungsgrundlage. Wenn der Dienstwagen keine CO<sub>2</sub>-Emissionen je gefahrenen Kilometer hat und der Bruttolistenpreis nicht über 60.000 Euro liegt, greift die Viertel-Regelung. Werden diese Kriterien nicht erfüllt oder handelt es sich um ein Hybridfahrzeug mit einer Reichweite von mindestens 60 Kilometern und maximal 50 Gramm CO<sub>2</sub>-Emissionen je gefahrenen Kilometer, kommt die Halbierung der Bemessungsgrundlage bzw. der Abschreibung in Betracht (§ 6 Abs. 1 Nr. 4 EStG) (vgl. Haufe Online 2020) (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Versteuerung eines Dienstwagens (eigene Darstellung)

	Verbrennerfahrzeug	Elektrofahrzeug	Hybridfahrzeug
<b>Bruttolistenpreis</b>	53.157,30 €	58.774,10 €	55.079,20 €
<b>geldwerter Vorteil Privatnutzung</b>	abgerundet auf volle Hunderter, davon 1 % = 531,00 €	abgerundet auf volle Hunderter, davon 0,25 % = 146,75 €	abgerundet auf volle Hunderter, davon 0,5 % = 275,00 €
<b>Arbeitsweg</b>	10 km	10 km	10 km
<b>geldwerter Vorteil Fahrten</b>	0,03 % von 53.100 € x 10 km = 159,30 €	0,03 % von 14.675 € x 10 km = 44,03 €	0,03 % von 27.500 € x 10 km = 82,50

Ein Abschlag von 500 Euro pro Kilowattstunde der Fahrzeugbatterie bis zu einer maximalen Minderung von 10.000 Euro kann bis 2023 in Anspruch genommen werden.

Der Betrag reduziert sich jährlich um 50 Euro pro Kilowattstunde, der maximale Minde-rungsbetrag gleichzeitig um 500 Euro jährlich (§ 6 Abs. 1 Nr. 4 EStG). Außerdem stellt das Laden des Fahrzeugs beim Arbeitgeber keinen geldwerten Vorteil mehr dar, ist also von der Einkommenssteuer befreit (vgl. BuW 2017: 4f.).

Der Erwerb eines Elektroautos wird mit einem Umweltbonus bezuschusst, welcher vom Bund und der Automobilindustrie finanziert wird. Es gilt das Windhundprinzip, das heißt wer zuerst einen Antrag stellt, erhält auch eine Förderung. Die Richtlinie zum Umweltbonus gewährt keinen Rechtsanspruch auf Zuwendung. Für Elektrofahrzeuge mit einem Listenpreis bis 40.000 Euro beträgt der Umweltbonus 9.000 Euro, der sich wie folgt zusammensetzt: 3.000 Euro Umweltbonus, 3.000 Euro Innovationsprämie, 3.000 Euro durch den Autohersteller. Die Verdoppelung des Bundesanteils über die Innovationsprämie wurde im Rahmen eines Konjunkturprogramms beschlossen. Sie war erst bis Ende 2021 befristet, wurde durch Politik und Wirtschaft aber bis Ende des Jahres 2025 verlängert. Für Plug-in-Hybride liegt der Bonus bei 6.750 Euro, vorausge-setzt die Mindestreichweite beträgt ab 2022 60 Kilometer bzw. ab 2025 80 Kilometer. Die Summe verringert sich bei Fahrzeugen mit einem Listenpreis über 40.000 Euro auf 7.500 Euro für reine Elektroautos und 5.625 Euro für Hybridautos. Die Förderober-grenze liegt beim Listenpreis von 65.000 Euro, um die Subvention von hochpreisigen Fahrzeugen zu vermeiden. Die Bezuschussung erfolgt auch bei gebrauchten und Lea-sing-Fahrzeugen, allerdings mit gesonderten Kriterien und Anteilen. Der Antrag wird beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gestellt. Dort findet sich auch eine Liste der förderfähigen Elektrofahrzeuge, die fast 450 Modelle mit reinem Elektro-antrieb und knapp 350 Plug-in-Hybride enthält (vgl. Paulsen, Kroher 2020).

Neben den zeitlich befristeten Kaufanreizen steht als weitere finanzwirksame Maß-nahme bei der Förderung der Elektromobilität der Ausbau der Ladeinfrastruktur im Vordergrund. Der Bund stellte bis Ende des Jahres 2020 200 Millionen Euro für die Schnellladeinfrastruktur und 100 Millionen Euro für die Normalladeinfrastruktur bereit. Unterstützt wurden Städte, Gemeinden und private Investoren. Insgesamt sollten da-mit mindestens 15.000 Ladesäulen bundesweit aufgebaut werden. Voraussetzung ist, dass der Ladepunkt 24 Stunden an sieben Tagen in der Woche oder zumindest für je zwölf Stunden werktags öffentlich zugänglich ist (vgl. BMVI 2020a). Im Zeitraum von drei Jahren wurden über das Förderprogramm 30.800 öffentliche Ladepunkte bewilligt. Eine Neuauflage des gerade ausgelaufenen Programms sei geplant und ein Fördervo-lumen von rund 500 Millionen Euro vorgesehen (vgl. Luhmann, Pfaff 2021).

Im ressortübergreifenden Programm *Schaufenster Elektromobilität* wurden durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bundesministeri-um für Wirtschaft und Energie (BMWi), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) sowie Bundesministerium für Bildung und Forschung

(BMBF) zwischen 2012 und 2016 90 Verbundprojekte mit 334 Teilvorhaben unterstützt. Als Schaufenster ausgewählt wurden Berlin-Brandenburg (Internationales Schaufenster Elektromobilität), Niedersachsen (Unsere Pferdestärken werden elektrisch), Bayern-Sachsen (ELEKTROMOBILITÄT VERBINDET) und Baden-Württemberg (LivingLab BWe mobil) (vgl. VDI/VDE IT o.J.). Zuvor wurden Förderprojekte zur Elektromobilität in den vier *Modellregionen Elektromobilität* Hamburg, Bremen/Oldenburg, Rhein-Ruhr und Rhein-Main umgesetzt (vgl. HCU 2018: 31) (vgl. Abb. 20).

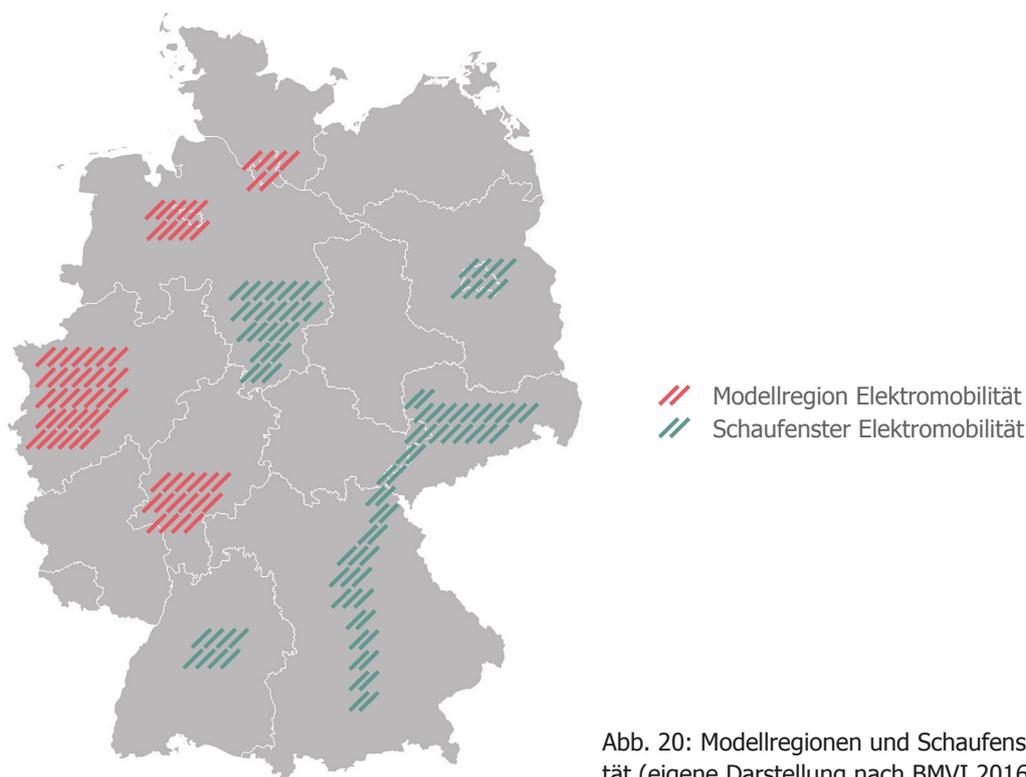


Abb. 20: Modellregionen und Schaufenster Elektromobilität (eigene Darstellung nach BMVI 2016)

Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gewährt seit November 2020 für Ladestationen an privat genutzten Stellplätzen von Wohngebäuden einen Zuschuss von 900 Euro pro Ladepunkt. Antragsberechtigt sind Eigentümer, Wohnungseigentümergeinschaften, Bauträger und Mieter mit Zustimmung des Vermieters. Das Ladegerät darf nur eine Ladeleistung von elf Kilowatt haben und muss über eine intelligente Steuerung verfügen, die eine Begrenzung der Ladeleistung oder zeitliche Verschiebung des Ladevorgangs ermöglicht. Außerdem muss der für den Ladevorgang genutzte Strom aus erneuerbaren Energien stammen. Ziel der Förderung ist es, Privatpersonen für den Umstieg auf Elektrofahrzeuge zu motivieren und hierfür eine ausreichende Ladeinfrastruktur zu schaffen. Der Zuschuss kommt nicht in Frage für öffentlich zugängliche Ladestationen, bei gewerblicher Nutzung oder für Tiefgaragen eines Bürogebäudes (vgl. KfW 2021). Die KfW teilte auf Anfrage mit, dass bis Februar 2021 etwa 162.000 Anträge für knapp 200.000 Ladepunkte gestellt wurden, womit 180 der 200 Millionen Euro im entsprechenden Fördertopf verplant seien. Der Verkehrsminister plant daher eine Aufstockung der Fördersumme um weitere 100 Millionen Euro (vgl. Dinauer 2021).

## 2.6 Interessensgruppen und Rollen

Es ist eine Vielzahl von Akteuren und Interessensgruppen mit verschiedenen Aufgaben, Blickwinkeln und Zielen am Aufbau von Infrastruktur in der Elektromobilität beteiligt. Die Interessenslagen können nicht vollständig objektiv erfasst werden. Zudem können sich diese im Laufe der Zeit ändern (vgl. Hoerstedt, Hahn 2012: 11). Ein Grobüberblick wird gegeben.

Den Kommunen kommt bei der Einführung der Elektromobilität eine tragende Rolle zu, da viele Entscheidungen zur Gestaltung der Mobilität in ihrem Hoheitsbereich liegen. Sie treten als Unterstützer und Impulsgeber, Aufgabenträger und Gestalter elektrischer Antriebstechnologien und Verkehrssysteme, Genehmigungsbehörde für straßenrechtliche Privilegien und Ladeinfrastruktur sowie Betreiber öffentlicher E-Mobilitätsangebote in Erscheinung (vgl. BMVI 2015: 22ff.). Die Steuerung der Elektromobilität wird nicht als kommunale Pflichtaufgabe angesehen, bietet aber Potenziale zur Lösung kommunaler Probleme, wie der Lärminderung und Luftreinhaltung. Auch kann die Aufenthaltsqualität durch neue Strukturen und Zurückgewinnung von Räumen erhöht werden (vgl. Knese 2019: 68). Befragungen des Deutschen Instituts für Urbanistik zeigten, dass die Bereitstellung von personellen und finanziellen Ressourcen sowie politische Rückendeckung die entscheidenden Faktoren für die Stellung der Elektromobilität in einer Kommune bilden. Daneben sind ortsspezifische Rahmenbedingungen und aufgestellte Ziele verantwortlich für das Aktivitätslevel der Kommunen (vgl. ebd.: 70). Als Impulsgeber kann die Kommune Akteure in Beteiligungsprozesse einbinden und öffentlich über das Thema informieren, etwa durch Fachveranstaltungen oder einen „Tag der Mobilität“ mit Probefahrten (vgl. BMVI 2015: 25). Da Kommunen häufig Eigentümer oder zumindest Anteilseigner von Verkehrs- und Energieversorgungsunternehmen sind, verfügen sie auch über praktische Handlungskompetenzen zur Einführung von Elektrofahrzeugen. Entsprechend können sie Einfluss auf die Verkehrstechnologie des ÖPNV nehmen, als Beschaffer und Betreiber von Infrastruktur fungieren und die Klimabilanz der Elektromobilität durch Strom aus erneuerbaren Energien positiv beeinflussen. Durch Umstellung des eigenen Fuhrparks von Verbrennern auf elektrisch betriebene Fahrzeuge wird außerdem eine Vorbildfunktion erfüllt (vgl. ebd.: 23f.). Die Kommune ist zuständig für die Genehmigung der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum. Auch ist es ihr möglich die straßenverkehrsrechtlichen Privilegierungen des Elektroverkehrs zu etablieren. Zudem können Kommunen neue Verkehrskonzepte im urbanen Raum erproben. Schnell wird deutlich, dass eine Verzahnung von Stadt- und Verkehrsplanung notwendig ist. Es gilt Elektromobilität in übergeordnete Infrastrukturüberlegungen, Entwicklungskonzepte und Strategien einzubeziehen (vgl. Knese 2019: 68). Die Tabelle 2 veranschaulicht beispielhafte Handlungsansätze aus dem Instrumentenkoffer, um Ziele zu konkretisieren und Maßnahmen zur Einführung der Elektromobilität zu verankern.

Tab. 2: Handlungsansätze zur Integration der Elektromobilität in übergeordnete und spezielle Konzepte (eigene Darstellung, Inhalt BMWI 2015: 45-73)

	Stadtentwicklungskonzept	Verkehrsentwicklungsplan	Nahverkehrsplan	Luftreinhalteplan	Masterplan Elektromobilität	Ladeinfrastrukturkonzept
<b>Instrument</b>	informelles Instrument, selbstbindend durch Gemeindebeschluss, dann auch von der Bauleitplanung zu berücksichtigen § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB; strategische Leitplanken für künftige räumliche Entwicklung	informelles Instrument, selbstbindend durch Gemeindebeschluss, dann auch von der Bauleitplanung zu berücksichtigen § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB; Leitbild für die künftige Entwicklung im Bereich Verkehr	formelles Instrument, mittelbare Bindungswirkung durch Gemeindebeschluss, dann auch von der Bauleitplanung zu berücksichtigen § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB; bestimmt Umfang und Qualität des ÖPNV	formelles Instrument, differenzierte rechtliche Bindungswirkung für den Bereich des Straßenverkehrs gilt § 40 Abs. 1 BImSchG als Sonderregelung zur Bindungswirkung; gebietsbezogener Immissionsschutz	informelles Instrument, selbstbindend durch Gemeindebeschluss, dann auch von der Bauleitplanung zu berücksichtigen § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB; befasst sich allein mit der Elektromobilität, kann damit auch als ein fachlich fokussierter VEP beschrieben werden	informelles Instrument, selbstbindend durch Gemeindebeschluss, dann auch von der Bauleitplanung zu berücksichtigen § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB; kann selbstständig oder als Teil eines anderen Planwerks erstellt werden; Rahmenbedingungen und Ziele für Ladeinfrastrukturaufbau
<b>Räumlicher Geltungsbereich</b>	gesamte Kommune oder Teilbereiche	meist das gesamte Gemeindegebiet	gesamte Kommune	wird im Plan festgelegt	wird im Plan festgelegt	wird im Plan festgelegt
<b>Geltungsdauer</b>	wird im Plan festgelegt	wird im Plan festgelegt, in der Regel 10-15 Jahre	wird im Plan festgelegt, häufig 5 Jahre	unbestimmt oder wird im Plan festgelegt	unbestimmt oder wird im Plan festgelegt	unbestimmt oder wird im Plan festgelegt
<b>Ansatzpunkte für Elektromobilität</b>	Vorranggebiete für Elektromobilität ausweisen, räumliche Organisation von Ladeinfrastruktur, Konzeption von Umsteigepunkten zur Ermöglichung von Inter- und Multimodalität	im Sinne der Verkehrsgestaltung auf Angebote von Elektrofahrzeugen zurückgreifen, Zielwerte zum innerstädtischen motorisierten Individualverkehr festlegen	schrittweise Umstellung der Busflotte auf Hybrid- oder Elektroantriebe, Errichtung von Pedelec-Abstellanlagen an ÖV-Knotenpunkten, Schaffung intermodaler Schnittstellen	Reduktion von Verkehrsteilen mit fossilen Antriebstechnologien durch Elektrofahrzeuge im ÖPNV, Wirtschaftsverkehr und anderen Bereichen	Gestaltungen zu folgenden Themen: ÖPNV, Taxi, Car- und Bikesharing, Rad-schnellwege, Mobilitätsmanagement, Stellplatzanlagen, Ladeinfrastruktur	Anzahl aufzubauender Ladestationen, Standorte von Ladeinfrastruktur, technische Ausstattungsmerkmale, Regelungen der zeitlichen Zugänglichkeit, Anschluss an andere Transportsysteme

Der Charge Point Operator (dt. Ladeinfrastruktur- bzw. Ladepunktbetreiber), kurz CPO, ist für die Installation und den Betrieb der Ladeinfrastruktur verantwortlich. Darunter fallen die Bereitstellung der Hardwarekomponenten und IT-Anbindung, Errichtung der Ladepunkte, das Management der Energiebereitstellung, Wartung und Reparatur. Darüber hinaus hat dieser die aus der Ladesäulenverordnung erwachsenden Meldepflichten zu erfüllen (vgl. DIN e.V. 2020: 11). Der CPO muss nicht gleichzeitig Eigentümer und Investor der Ladeinfrastruktur sein. Gemessen an der Zahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte in Deutschland ist mit einem Marktanteil von 7,5 Prozent innogy SE der größte CPO. Auf den Rängen zwei und drei folgen die EnBW und Stromnetz Hamburg GmbH (vgl. Prognos AG, EnBW 2020: 12).

Während die Motivation der Kommune bzw. zuständigen Behörde in der Erfüllung eines öffentlichen Versorgungsauftrags liegt, verfolgt der CPO vordergründig das Ziel der Etablierung eines neuen Geschäftsmodells. Während der Ladeinfrastrukturbetreiber bei den Umsetzungskriterien auf Aspekte wie Profitabilität, Netzstabilität und gute Sichtbarkeit für hohe Auslastungsquoten achtet, liegt das Augenmerk bei der Verwaltungseinheit bei der Einhaltung verschiedener Vorschriften, einem diskriminierungsfreien Zugang und einer unauffälligen Integration in das Stadtbild. In Ausnahmefällen soll auch das Image einer Green City aufgebaut werden, wonach eine sichtbare Integration der Ladeinfrastruktur gewünscht wird (vgl. Maitz 2019: 12).

Der Electric Mobility Provider (dt. Elektromobilitätsprovider oder -dienstleister), kurz EMP, verschafft dem Nutzer über einen Vertrag und die Ausgabe von Autorisierungsmedien Zugang zur Ladeeinrichtung (vgl. DIN e.V. 2020: 18). Der EMP muss neben dem Kundenmanagement den Abrechnungsprozess abbilden. Der CPO schließt Zugangsverträge mit den Elektromobilitäts Providern, auf deren Grundlage diese wiederum den Elektrofahrern Verträge für das Laden anbieten können. Daher existiert in aller Regel keine direkte vertragliche Beziehung zwischen dem CPO und den Nutzern der Ladeinfrastruktur. Die Abrechnung der bezogenen Ladeleistung erfolgt zwischen CPO und EMP (vgl. VSWG 2019: 9). Es ist aber auch möglich, dass der CPO ebenfalls die Rolle des EMP einnimmt (vgl. Prognos AG, EnBW 2020: 12).

Der Stromnetzbetreiber ist für die Anbindung von Lademöglichkeiten an das Stromnetz sowie für Wartung und Ausbau der Netze verantwortlich. Akteure, die diese Rolle ausfüllen, agieren in ihrem Versorgungsgebiet als Monopolisten (vgl. Hildebrandt 2016: 73). Der Stromlieferant liefert elektrische Energie an der Ladeeinrichtung. Die Strommengen kauft dieser von Erzeugern ein und verkauft sie dann weiter. Dies erfolgt an der zentralen Strombörse oder über bilaterale Verhandlungen und Verträge direkt mit den Stromerzeugern. Der Stromlieferant entscheidet über die Bepreisung (vgl. Kreft 2020: 110).

Die Fläche für die Installation einer oder mehrerer Lademöglichkeiten sowie zum Ab-

stellen eines ladenden Fahrzeugs wird durch den Ladeplatzbereitsteller zur Verfügung gestellt. Die Gruppe der Akteure, die diese Aufgabe wahrnehmen können, ist sehr heterogen. Es kann sich um die öffentliche Hand, Unternehmen und Privatleute handeln (vgl. Hildebrandt 2016: 73f.).

Die Roaming-Plattform stellt eine Verbindung zwischen dem CPO und den verschiedenen EMPs dar und fungiert als Datenspeicher und -sender. Der Betreiber einer Plattform dieser Art trägt den Titel Roaming Network Operator. Die Roaming-Plattform ermöglicht es Kunden eines EMPs an Ladepunkten verschiedener CPOs laden zu können (vgl. DIN e.V. 2020: 18). Abbildung 21 fasst die Ausführungen nochmals zusammen.

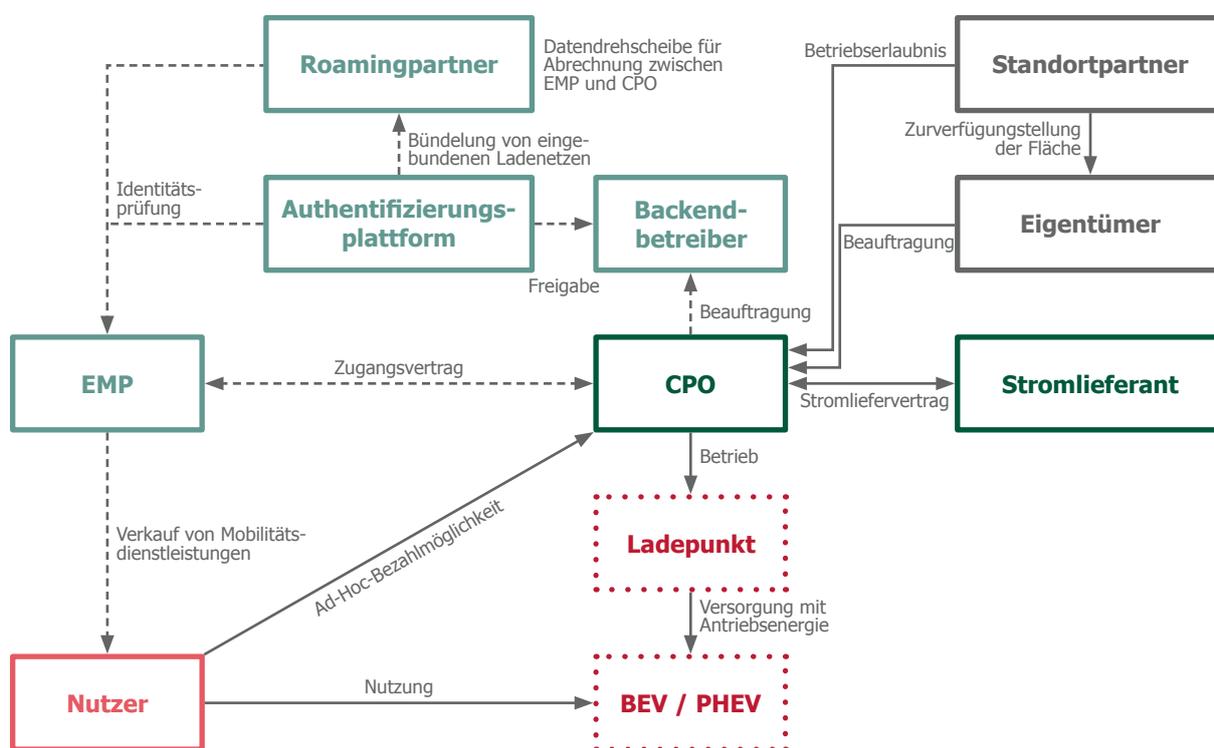


Abb. 21: Darstellung der Akteursbeziehungen beim Betrieb von LIS (eigene Darstellung nach DIN e.V. 2020: 17)

„Der Nutzer spielt zwar die entscheidende Rolle in der Elektromobilität, aber *DEN NUTZER* von Elektromobilität gibt es nicht!“ (BuW 2015: 19). Es gibt keinen eindeutigen oder prototypischen Nutzer, wonach allgemeingültige Aussagen nur schwer möglich sind. Einfach ausgedrückt sind Nutzer Personen, die heute schon Elektrofahrzeuge besitzen. Das Thema Nutzer/Nutzerakzeptanz/Nutzerverhalten wird in jedem Projekt auf unterschiedliche Weise betrachtet, untersucht und bewertet (vgl. ebd.: 2). Es gibt unterschiedliche Nutzerrollen. So gibt es neben dem Hauptnutzer oft auch Nebenutzer, die in der Regel Haushaltsmitglieder oder Arbeitskollegen sind. Der Verwendungszweck eines Elektrofahrzeugs kann sich unterscheiden. Die Nutzungsabsicht hat aber immer entweder einen privaten oder gewerblichen Hintergrund, auch wenn die Einsatzzwecke im privaten und gewerblichen Bereich dieselben sein können (vgl. ebd.:

11). Es gibt auf die unterschiedlichen Nutzerbedürfnisse zugeschnittene Fahrzeugvarianten und Ladelösungen. Bei einigen Personen ist das Elektroauto täglich in Gebrauch, bei anderen kommt es weniger häufig zum Einsatz. Umweltbewusste Personen sind meist offen für Elektromobilität. Im Zuge der technischen Weiterentwicklung sind nun auch technologieinteressierte Menschen sowie urbane Individualisten (Trendsetter) immer stärker an Elektromobilität interessiert (vgl. ebd.: 9). Unabhängig von personellen Merkmalen verfolgt der Nutzer das Ziel alle seine Mobilitätsbedürfnisse mit einem Elektroauto zu decken, die er mit einem konventionell angetriebenen Fahrzeug deckt. Die Einschätzung, ob gewohnte Wege und Wegeziele auch mit einem Elektrofahrzeug ohne Komfort- und sonstige Einbußen bewältigt werden können, ist in hohem Maße entscheidend für die Kaufbereitschaft (vgl. GGEMO 2018: 13).

Üblicherweise wird differenziert nach Privatpersonen, gewerblichen Flotten, kommunalen Flotten und Carsharing. Kommunale und gewerbliche Flotten kommen häufig auf hohe Fahrleistungen. Im Vergleich zu Privatpersonen verfügen sie oft über ein gewisses Know-how, mit dem ein langfristiger Kostenvorteil von Elektrofahrzeugen erkannt werden kann. Außerdem kann die Elektrifizierung der Flotte mit positiven Effekten für die eigene Außendarstellung einhergehen (vgl. Reinke 2014: 72). Die Stand- und Rüstzeiten sind auf dem eigenen Gelände am höchsten. Oftmals werden die eigenen Stellplätze mit Ladeinfrastruktur ausgestattet. An öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur wird hingegen nur vereinzelt und anlassbezogen geladen. Das Lademanagement ist aufgrund der Diversität der Branchen (Lieferdienste, Handwerker, Dienstleistungen, Führungskräftefahrzeuge etc.) heterogen (vgl. Geschäftsstelle der Metropolregion Hamburg 2018: 9). Häufig werden Carsharing-Unternehmen bzw. deren Kunden als Nutzer von Elektromobilität angeführt. Stationsunabhängige (free-floating) Carsharing-Angebote haben per definitionem keinen regelmäßigen Standort. Standzeiten fallen zwischen den Anmietungen an. Sie sind unregelmäßig und nicht planbar, da Mietvorgänge in der Regel spontan gestartet werden. Abgestellt werden die Fahrzeuge im öffentlichen Parkraum oder auf speziell reservierten Flächen. Die Ladung von elektrischen Carsharing-Fahrzeugen erfolgt daher an unregelmäßigen Orten als Zwischendurchladung. Da die Fahrzeuge jeweils nur für eine bestimmte Wegekette gebucht werden und hierfür zumeist auch eine nicht vollständig geladene Batterie ausreichend ist, ist die Verlässlichkeit der Nutzung von Lademöglichkeiten nicht so hoch wie bei Privatnutzern. Durch den Anbieter können Anreize geschaffen werden, Mietvorgänge an einer Lademöglichkeit zu beenden und den Ladevorgang zu starten (vgl. Hildebrandt 2016: 201). Der Einsatz von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten kann Hemmschwellen abbauen und Elektromobilität erfahrbar machen. Nutzer können erste Erfahrungen sammeln (vgl. GGEMO 2018: 13). Die Mehrheit der privaten Nutzer verfügt über eine qualifizierte Lademöglichkeit Zuhause. Die Ladung erfolgt vorwiegend über Nacht und der Fahrtritt am Morgen. Als Komplementärversorgung nutzt auch diese Gruppe gelegentlich die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur. Dieses gilt nicht für

die sogenannten Laternenparker. Diese sind vermehrt im urbanen Raum anzutreffen. Meist handelt es sich um Mieter im Geschosswohnungsbau ohne festen Stellplatz. Sie sind auf die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur angewiesen (vgl. Geschäftsstelle der Metropolregion Hamburg 2018: 9).

## **2.7 Ladeinfrastruktur**

Arten der Energieversorgung von Elektrofahrzeugen, Lademodi und Ladesteckvorrichtungen werden in diesem Unterkapitel vorgestellt. Weiterhin wird erklärt, was unter dem Henne-Ei-Problem der Elektromobilität zu verstehen ist. Zudem werden Anwendungsbereiche aufgeführt, Grundannahmen zum Ladeverhalten getroffen und Ladebedarfe kategorisiert. Das Unterkapitel kann als eine Art technischer Leitfaden gesehen werden.

### **2.7.1 Ladetechnik**

#### **Kabelgebundenes Laden: AC- und DC-Laden**

Die Richtlinie 2014/94/EU enthält die Definition für das Normal- und Schnellladen. An einem Normalladepunkt wird Strom mit einer Ladeleistung von maximal 22 Kilowatt an ein Elektrofahrzeug übertragen. Ladepunkte mit einer höheren Leistung, also über 22 Kilowatt, werden als Schnellladepunkte klassifiziert (Art. 2 Nr. 4, 5). Während die Batterie im Elektrofahrzeug immer mit Gleichstrom geladen wird, kann die am Ladepunkt zur Verfügung gestellte Elektrizität entweder Gleich- oder Wechselstrom sein. Beim Wechselstromladen wird die elektrische Energie zunächst in das Fahrzeug übertragen. Ein im Fahrzeug verbautes Ladegerät übernimmt die Gleichrichtung und steuert das Laden der Batterie. Das Wechselstromladen wird mit AC abgekürzt. AC kommt aus dem Englischen und steht für Alternating Current (vgl. BDEW et al. 2020: 8). Die AC-Ladung kann in verschiedenen Leistungsklassen erfolgen: ein- oder dreiphasig, mit 16 bis 63 Ampere Stromstärke, mit 230 oder 400 Volt Spannung, mit 3,4 bis 44 Kilowatt (vgl. BMVI 2014b: 12f.). Beim Gleichstromladen hingegen befindet sich das Ladegerät in der Ladesäule. Wie der Bezeichnung schon zu entnehmen ist, ist die Spannungsquelle stets gleich gepolt, der elektrische Strom fließt also immer beständig in die gleiche Richtung. Im Wechselstrom hingegen ändert der elektrische Strom periodisch und in stetiger Wiederholung die Richtung. Das Gleichstromladen wird mit DC abgekürzt. DC steht für Direct Current. Im Vergleich zum AC-Laden können deutlich höhere Ströme und dadurch höhere Leistungen übertragen werden, was zu einer Verringerung der Batterieladezeit führt (vgl. ebd.: 17).

#### **Kabelungebundenes Laden**

Die Energieübertragung erfolgt üblicher Weise kabelgebunden. Daneben gibt es auch die Möglichkeit des induktiven Ladens oder eines Batteriewechsels. Beim induktiven Laden fließt Strom über Spulen, die in einer Bodenplatte und dem Fahrzeug verbaut

sind. Beim Kontakt der Primär- und Sekundärspule beginnt der Ladevorgang automatisch und berührungslos. Diese Technik befindet sich noch in der Entwicklung, sie ist nicht kommerziell großflächig verfügbar. Es fehlt ein herstellerübergreifender Standard. Energie wird nur bei korrekter Positionierung des Fahrzeugs abgegeben. Darüber hinaus gibt es hohe Ladeverluste (vgl. BDEW et al. 2020: 34). Beim Batteriewechsel wird die entladene Batterie durch eine geladene ersetzt. Diese Technik wird heute schon bei E-Bikes eingesetzt. Bei Elektroautos spielt diese Variante keine nennenswerte Rolle (vgl. ebd.: 8). Erforderlich wäre für eine breite Nutzung eine Standardisierung der Fahrzeugbatterien und ein hoher Bestand an Batterien in jeder Wechselstation (vgl. Auer 2019: 40).

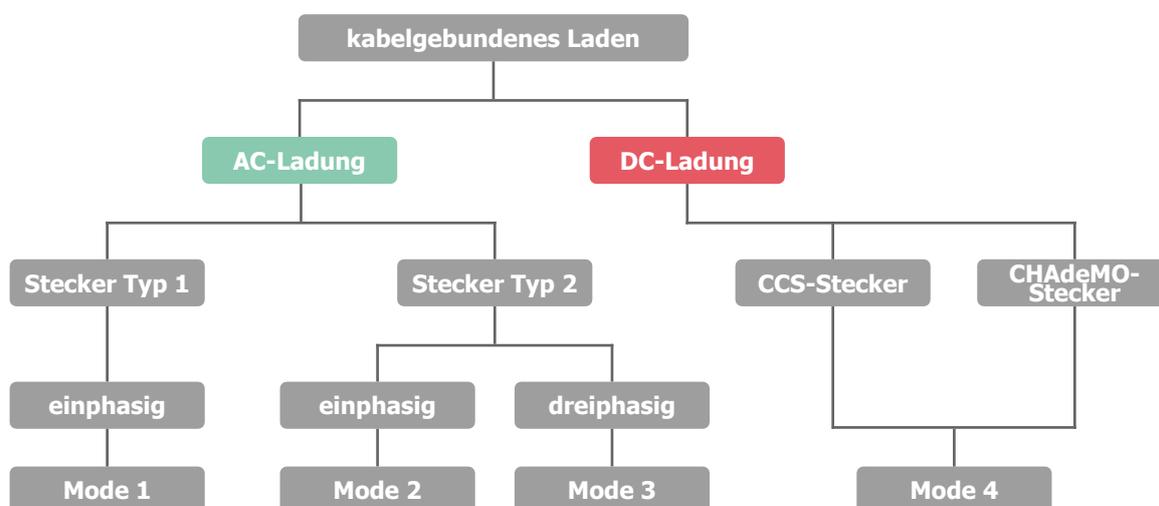


Abb. 22: Übersicht unterschiedlicher Ladetechnologieansätze (eigene Darstellung nach BMVI 2014b: 11)

## Lademodi

Neben der Unterteilung in AC- und DC-Laden existiert eine weitere Unterteilung in vier unterschiedliche Lademodi. Sie unterscheiden sich in Bezug auf die verwendete Steckdose, Phasenzahl, Ladeleistung, Sicherheitskonzepte und Kommunikationsmöglichkeiten. Beschrieben sind diese in der Norm IEC 61851. Die Lademodi 1 bis 3 entfallen auf das AC-Laden, der Lademodus 4 beschreibt das DC-Laden (vgl. BMVI 2014b: 13). Die Mode 1-Ladung beschreibt das Laden mit Wechselstrom an einer Schuko- oder CEE-Steckdose. Weder das Elektrofahrzeug noch die Steckdose sind mit zusätzlichen Pilot- oder Hilfskontakten ausgestattet. Es findet keine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur statt (vgl. BDEW et al. 2020: 9). Einphasig sind maximal 3,7 Kilowatt und dreiphasig maximal elf Kilowatt bei jeweils 16 Ampere übertragbar. Von europäischen Autoherstellern findet die Mode 1-Ladung keine Unterstützung mehr. Elektrofahrzeuge der ersten Generation werden noch auf diese Art geladen, wenn am privaten Ladeplatz kein spezieller Ladeanschluss vorgesehen ist (vgl. BMVI 2014b: 13). Wie auch bei der Ladebetriebsart 1 werden beim Mode 2 auf der Infrastrukturseite Haushaltssteckdosen oder Industriesteckdosen mit Wechselstrom genutzt. Im Ladekabel befindet sich aber eine Steuer- und Schutzeinrichtung (In Cable Control

and Protection Device). Diese übernimmt den Schutz von Personen gegen elektrische Schläge bei Isolationsfehlern. Über ein Pilotsignal erfolgt ein Informationsaustausch. Es lassen sich bis zu 32 Ampere mit Ladeleistungen von maximal 22 Kilowatt übertragen (vgl. Doppelbauer 2020: 297). Der europäische Automobilherstellerverband ACEA empfiehlt für die Ladung zu Hause die Mode 2-Ladung, wenn keine Ladestation mit Mode 3 vorhanden ist (vgl. BMVI 2014b: 14). Mode 3 stellt den Normalfall dar. Diese Ladebetriebsart wird für das Laden mit Wechselstrom bei fest installierten Ladestationen genutzt. Die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur erfolgt über das Ladekabel. Die Steckerverbinder werden auf beiden Seiten mechanisch verriegelt. Der Ladestrom ist auf 32 Ampere begrenzt (vgl. BDEW et al. 2020: 10). Mode 4 ist für das Laden mit Gleichstrom an fest installierten Ladestationen vorgesehen. Das Ladegerät ist Bestandteil der Ladestation. Aufgrund der hohen Ladeleistungen gelten erhöhte Sicherheitsanforderungen, eine weit aufwendigere Kommunikation mit dem Batteriemanagementsystem des Fahrzeugs ist erforderlich. Die Kommunikation erfolgt über das Ladekabel (vgl. BMVI 2014b: 17) (vgl. Abb. 23).

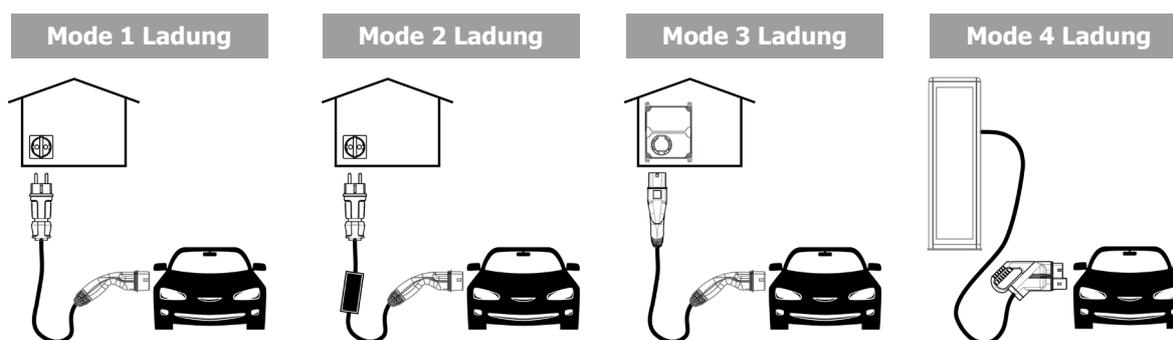


Abb. 23: Lademodi (modifiziert nach Bals 2021)

## Steckertypen

Die Norm IEC 62196 beschreibt die Anforderungen an Steckervorrichtungen gemäß der in der Norm IEC 61851 beschriebenen Ladebetriebsarten 1 bis 4. Der Typ 1-Stecker wird vor allem in Automodellen aus dem amerikanischen und asiatischen Raum verwendet. In Europa wurden sie nur vereinzelt eingesetzt. Die Europäische Union hat für das Laden mit Wechselstrom inzwischen den Typ 2-Stecker, auch Mennekes-Stecker genannt, als Standard festgelegt. Die meisten öffentlichen Ladestationen sind mit einer Typ 2-Steckdose ausgestattet. Gängig sind Ladeleistungen bis 22 oder 44 Kilowatt (vgl. Doppelbauer 2020: 295). Der Combo-Stecker (Combined Charging System, CCS) ergänzt den Typ 2-Stecker mit zwei zusätzlichen Leistungskontakten für eine Gleichstromübertragung und unterstützt damit AC- wie auch DC-Laden (vgl. ebd.: 298). „Mit CCS wurde ein Ladesystem entwickelt und standardisiert, dass alle Voraussetzungen erfüllt, um das Ziel einer einheitlichen, nutzerfreundlichen und leistungsstarken Ladeinfrastruktur verwirklichen zu können. Insbesondere seine Interoperabilität prädestiniert das System für die Anwendung im öffentlich zugänglichen Raum. Des Weiteren

erfüllt das System schon heute die Anforderungen der geplanten höheren Ladeleistungen“ (BDEW et al. 2020: 12). Zuletzt gilt es den CHAdeMO-Stecker zu erwähnen. Dieses Schnellladesystem wurde in Japan durch den Energiekonzern TEPCO und die Autohersteller Toyota, Nissan, Mitsubishi und Subaru entwickelt (vgl. BMVI 2014b: 18) (vgl. Abb. 24).



Abb. 24: Steckertypen: Typ 1, Typ 2, CCS, CHAdeMO (modifiziert nach Home & Smart 2017, Recom Electronic AG o.J.)

### High Power Charging

Die neueste Generation der Ladetechnik ist das High Power Charging (HPC). Synonym verwendet werden die Begriffe Ultra Fast Charging, Ultra-Schnelllader, Ultra Fast Charger und Hypercharger. Es stehen Ladeleistungen zwischen 100 und 350 Kilowatt bereit. Ein fünfminütiger Ladevorgang sorgt bereits für eine Reichweite von bis zu 100 Kilometern (vgl. Smatrics 2020). Ausgestattet werden diese Ladestationen mit CCS-Steckern und teils auch CHAdeMO-Steckern. Ultra-Schnelllader sind ideal für Tankstellen, Rasthöfe und andere Standorte mit geringer Verweildauer. Auch für Taxibetriebe und den Lieferverkehr ist dieses Angebot attraktiv (vgl. Allego o.J.). IONITY, ein Konsortium von BMW, Daimler, Ford und VW, ist federführend beim Aufbau des größten HPC-Netzwerks Europas. Ziel ist die Errichtung von 400 Ladeparks mit durchschnittlich sechs HPC-Ladesäulen entlang wichtiger europäischer Hauptverkehrsachsen. Im Februar 2021 waren 335 Ladeparks in Betrieb, weitere 38 befanden sich im Aufbau (vgl. IONITY 2021). Das Energieversorgungsunternehmen EnBW hat 2020 knapp die Hälfte aller HPC-Standorte in Deutschland gebaut und betreibt inzwischen nach eigenen Angaben 1.385 Schnellladepunkte an 468 Standorten (vgl. Rother 2021). Eine Dynamik ist auch bei den Ölgesellschaften und Tankstellenbetreibern zu beobachten. Shell plant mittlerweile den Aufbau von 200 eigenen HPC-Ladepunkten in Deutschland (vgl. Einfach E-Auto Mobility Solutions 2021). Zwei Fahrzeuge können mit jeweils 150 Kilowatt bzw. ein Fahrzeug mit 300 Kilowatt laden. Kompatibel sind CCS- und CHAdeMO-Stecker, außerdem soll es einen AC-Anschluss geben (vgl. Shell Deutschland 2019). Bis Ende Juli 2021 soll das Netz an den Aral-Tankstellen von einer niedrigen zweistelligen Zahl durch Installation von mehr als 100 HPC-Ladepunkten mit bis zu 350 Kilowatt Ladeleistung erweitert werden (vgl. Vattenfall 2020). Auch der Betreiber Total möchte 200 HPC-Lader an 70 Standorten errichten (vgl. Einfach E-Auto Mobility Solutions 2021).

### **2.7.2 Henne-Ei-Problem**

Zu den hemmenden Faktoren bei der Einführung von Elektroautos zählen unter anderem eine noch zu geringe Motivation der Automobilbranche bei der Umstellung auf neue Modelle sowie Vorbehalte der Verbraucher in Bezug auf die Anschaffungskosten, die Reichweite und den Zugang zu Ladeinfrastruktur (vgl. BDO 2018: 7, 24). Diskutiert wird dieser Sachverhalt unter dem Ausdruck Henne-Ei-Problem: Was ist der Auslöser einer Kausalkette, deren Ereignisse wechselseitig Ursache und Wirkung darstellen? „Wenn der Beitritt zu einem Netzwerk für einen potenziellen Nutzer mit Investitionen einhergeht, die nur innerhalb des Netzwerks einen Wert haben, und das Netzwerk keine kritische Masse erreicht, wären die Investitionskosten verloren. In solchen Fällen sind Nutzer häufig nicht bereit, das mit der Investition verbundene Risiko zu tragen und schließen sich dem Netzwerk nicht an“ (Reinke 2014: 117). Mitte der 2010er Jahre wurde intensiv debattiert, wie das Henne-Ei-Problem der Branche gelöst werden kann. Inzwischen herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass der Erfolg der Elektromobilität von der Verfügbarkeit öffentlicher Ladeinfrastruktur abhängt. Ohne den Aufbau dieser bleibt die Nutzbarkeit eingeschränkt. Vor Erreichen einer kritischen Masse, also einer bestimmten Zahl an zugelassenen Elektroautos, muss in die Bereitstellung von Ladestationen investiert werden. Die öffentliche Ladeinfrastruktur erzeugt für den Verbraucher ein Gefühl der Sicherheit, die mentale Beschränkung wird überwunden. Die hohen Absatzzahlen bei Plug-in-Hybriden zeigen die Bedeutung der emotionalen Komponente. Außerdem dient diese der Reichweitenverlängerung, mehr Wege können im elektrischen Modus gefahren werden (vgl. Rothfuchs, Scheler 2017a: 22).

### **2.7.3 Anwendungsbereiche**

Die Ladeinfrastruktur wird in drei Bereiche aufgeteilt: privat, halböffentlich und öffentlich (vgl. Abb. 25). Private Ladeinfrastruktur befindet sich auf einer Fläche, die sich im privaten Eigentum befindet. Das können Garagen vom Eigenheim und von Wohnanlagen, Carports und Stellplätze beim Eigenheim sein. Der Zugang zum Ladepunkt wird in diesem Fall nur einer von vornherein bestimmten Personengruppe eingeräumt (vgl. Auer 2019: 22). Die Möglichkeit zur Ladung des Elektroautos im privaten Raum ist ein Alleinstellungsmerkmal der Elektromobilität gegenüber den konventionellen Antrieben. Halböffentliche Ladepunkte liegen auf privatem Gelände mit öffentlichem Zugang. Als Beispiele können gewerblich betriebene Parkhäuser und Parkplätze vor Supermärkten, Einkaufszentren oder Freizeiteinrichtungen genannt werden. Die Zugänglichkeit kann durch Öffnungszeiten der jeweiligen Institutionen und Betriebe eingeschränkt werden (vgl. Doppelbauer 2020: 394). Öffentlich zugängliche Ladepunkte befinden sich auf privatem oder öffentlichem Grund und können von einem unbestimmten oder nach allgemeinen Kriterien bestimmbar Personenkreis befahren werden. Die Aufstellfläche muss sich also nicht zwingend im Eigentum der öffentlichen Hand befinden (vgl. DIN e.V. 2020: 12). Öffentlich zugängliche Ladepunkte müssen gemäß der geltenden EU-Richtlinie über einen nichtdiskriminierenden Zugang verfügen. Das heißt, dass den



Abb. 25: Öffentliche, halböffentliche und private Ladeinfrastruktur (eigene Darstellung nach BMVI 2014b: 10)

Nutzern von Elektrofahrzeugen auch das punktuelle Aufladen ermöglicht wird, ohne das ein Vertrag mit dem betreffenden Elektrizitätsversorgungsunternehmen oder Betreiber geschlossen werden muss. Der nichtdiskriminierende Zugang umfasst verschiedene Arten der Authentifizierung und Bezahlung, und zwar die Barzahlung, Geldkarte, RFID-Karte, Telefon-Hotline, Handy-SMS und Smartphone-App (vgl. BDEW et al. 2020: 24) (vgl. Abb. 26). Ein öffentlich zugänglicher Ladepunkt ist dann nicht gegeben, wenn es sich um Ladepunkte für Taxen oder Carsharer handelt und wenn der Ladepunkt durch Pfortner, Schranken oder eine Reservierung gesichert ist (vgl. BuW 2017: 37). Nach der Europäischen Kommission sollen zehn Prozent der Ladestationen in der Europäischen Union öffentlich zugängliche Ladestationen sein. Für Deutschland wurden 150.000 öffentlich zugängliche Ladestationen ab 2020 vorgeschlagen (vgl. Karle 2020: 108).

Die private, halböffentliche und öffentliche Ladeinfrastruktur ergänzen und bedingen einander. Sie „verhalten sich wie kommunizierende Röhren – steigt der Anteil einer Lademöglichkeit an, sinkt der der anderen“ (NPM 2019: 84). Je mehr Ladevorgänge im häuslichen Bereich oder beim Arbeitgeber erfolgen, desto weniger Ladeinfrastruktur ist im öffentlich zugänglichen Raum notwendig. Elektrofahrer, die weder die Möglichkeit haben, ihr Auto an einem ihrem Wohnraum zugehörigen Parkplatz noch beim Arbeitgeber zu laden, sind auf die Ladeinfrastruktur im öffentlichen Bereich angewiesen. Alle Anwendungsbereiche sind für das Gesamtsystem unbedingt notwendig. Prognosen gehen davon aus, dass 60 bis 85 Prozent aller Ladevorgänge Zuhause oder am Arbeitsplatz stattfinden (vgl. Die Bundesregierung 2019: 3). Die Werte variieren je nach Quelle und Bezugsjahr. Beim gesichteten Material für diese Arbeit wurde am häufigsten der Anteil auf 80 oder 85 Prozent beziffert, so zum Beispiel bei einer Befragung des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung 2019, der dena-STUDIE zum privaten Ladeinfrastrukturpotenzial 2020 oder nach Schätzungen der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität. Das Laden im öffentlichen Raum ist also bis auf gerin-

ge Ausnahmen ein komplementäres, geschieht also ergänzend zur Heimladung.

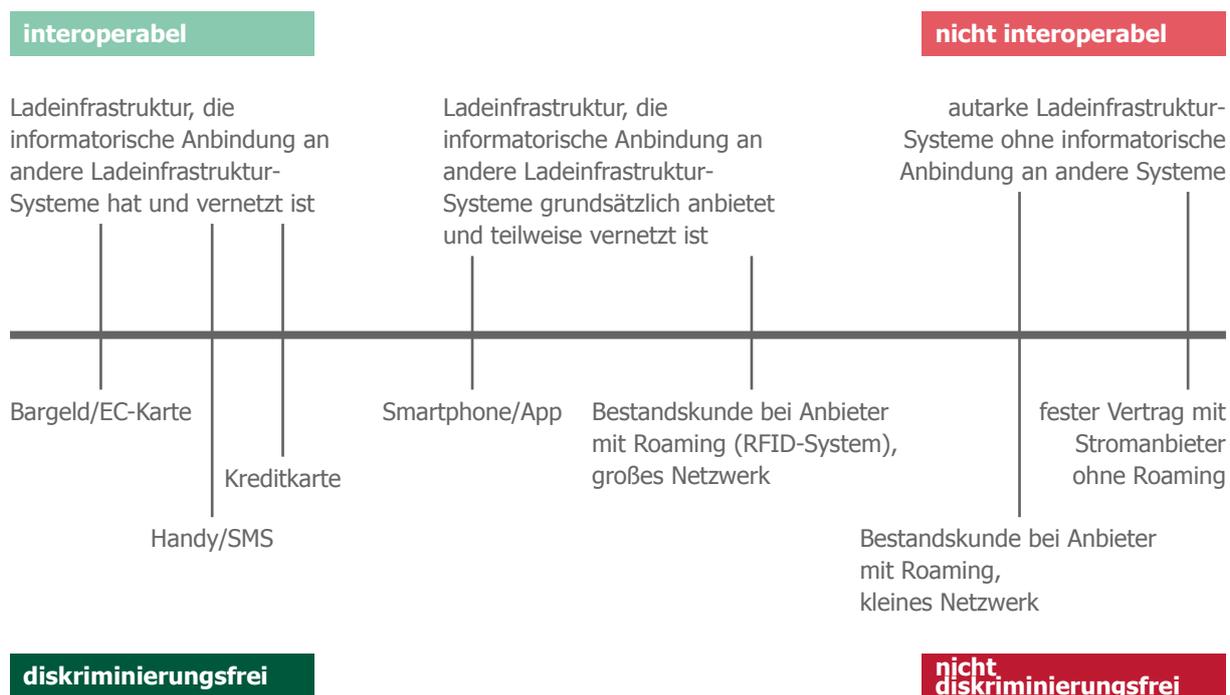


Abb. 26: Unterscheidung von Zugangsformen (eigene Darstellung nach BMVI 2014b: 27)

## 2.7.4 Ladeverhalten und -bedarfe

Da das Laden an den Parkvorgang gebunden ist, gilt es zunächst einmal Grundannahmen für diesen zu treffen bzw. festzuhalten. Jedes Fahrzeug hat mindestens einen regelmäßigen und mehrere unregelmäßige Parkstandorte. Die Standzeiten sind vom Wegezweck abhängig. Zuhause steht ein Fahrzeug regelmäßig und lange, in der Regel mindestens die ganze Nacht. Tagsüber werden am Arbeitsplatz des Fahrers lange Standzeiten erreicht. Geparkt wird im öffentlichen Raum an leicht abweichenden Orten. Werden die Parkzeiten durch Einkäufe, Erledigungen und Freizeitaktivitäten verursacht, sind sie eher kurz bis mittel und unregelmäßiger (vgl. Hildebrandt 2016: 53).

Die Ladebedarfe unterscheiden sich nach den Kriterien Art des Ladeortes (regelmäßiger/unregelmäßiger Parkort), Nutzung von Parkzeiten (Laden ohne/mit Zeitkosten) und Eigenschaften der Wegekette (Verlauf, Gesamtlänge, Länge einzelner Wege, Standzeiten zwischen einzelnen Wegen). Aus der Kombination dieser Parameter lassen sich ein Bedarf nach regelmäßiger Ladung, nach Zwischendurchladung und nach Schnellladung ableiten (vgl. ebd.: 54).

Der Bedarf nach regelmäßiger Ladung ergibt sich durch die technischen Eigenschaften eines Elektrofahrzeugs und durch die täglichen Wegekette. Beim üblichen Fahrverhalten muss das Elektroauto regelmäßig aufgeladen werden. Wie oft dies konkret erfolgen muss, ist abhängig von der verfügbaren Reichweite und einigen weiteren

Faktoren. Durchschnittlich wird aber spätestens jeden zweiten Tag geladen. Zur Bewältigung der täglichen Wegeketten reicht eine vollständig geladene Batterie. Durch eine Lademöglichkeit am regelmäßigen Parkort kann die Alltagsmobilität abgedeckt werden. Werden längere Standzeiten am Wohn- oder Arbeitsort hierfür genutzt, entstehen keine weiteren Zeitkosten für den Nutzer. Im Gegensatz zu den anderen Ladebedarfen fällt dieser Bedarf am selben Ort an, vorausgesetzt der regelmäßige Parkort ändert sich nicht. Eine verlässliche Deckung des regelmäßigen Ladebedarfs ist wesentliche Voraussetzung für die Anschaffung eines Elektroautos (vgl. Kreft 2020: 47). Eine regelmäßige Ladung kann auch im öffentlichen Raum auf Parkplätzen am Straßenrand oder speziell ausgewiesenen Flächen erfolgen. Bei den Nutzern handelt es sich um Laternenparker, die keinen Zugriff auf einen privaten Stellplatz am Wohnsitz haben (vgl. Hildebrandt 2016: 139f.). Eine regelmäßige Ladung im halböffentlichen Bereich gestaltet sich in der Umsetzung schwierig. Die einzige Option stellt die langfristige Vermietung von festen Ladeplätzen an einzelne Nutzer zu bestimmten Zeiten dar (vgl. ebd.: 163f.). Es ist davon auszugehen, dass kein Halter eines Elektrofahrzeugs seine Aktivitäten wie Schlaf oder Besprechungen/Termine beim Arbeitgeber abbricht, um das Fahrzeug nach Abschluss des Ladevorgangs umzuparken (vgl. Auer 2019: 53).

Der Bedarf nach Zwischendurchladung ist überwiegend nicht notwendig, um die täglichen Wegeketten zu bewältigen. Er leitet sich aus dem Umstand ab, dass während der Standzeiten beim Einkaufen und rund um Freizeitaktivitäten das Laden ohne zusätzliche Zeitkosten nebenbei erfolgen kann sowie durch ein Sicherheitsbedürfnis. Die Ladeleistung sollte an die Standzeiten angepasst sein. Je nach Aktivität werden unterschiedlich lange Standzeiten erreicht, wonach auch unterschiedliche Ladeleistungen in Frage kommen. Diese können sowohl über das AC- als auch über das DC-Laden abgedeckt werden (vgl. Kreft 2020: 48ff.).

Beim Bedarf nach Schnellladung gilt es zwischen zwei Fällen zu unterscheiden, nämlich der Schnellladung als Notladung und der Schnellladung an Langstrecken. Wenn die aktuelle Reichweite des Fahrzeugs nicht mehr ausreicht, um einen begonnenen Weg zu beenden, muss ein Zwischenstopp zum Laden eingelegt werden. Dies kann passieren, wenn zum Zeitpunkt des Starts die Batterie nicht vollständig geladen ist, weil zum Beispiel die vorherige Standzeit für eine ausreichende Ladung nicht ausreichte. Oder die Lademöglichkeit besetzt und somit nicht nutzbar war, ungeplante Aktivitäten erfolgen und auch bei technischen Störungen. Das Laden kostet den Nutzer aufgrund der Unterbrechung der Fahrt Zeit. Daneben gibt es Wege, deren Länge die Reichweite des vollgeladenen Elektrofahrzeugs von vorneherein überschreiten, was im Fernverkehr passieren kann. Der Ladebedarf tritt unregelmäßig oder unter nicht unmittelbar vorhersehbaren Umständen auf. Am Wohnort ist er wegen der Vorhersehbarkeit von Wegeketten und Kenntnis über verfügbare Lademöglichkeiten niedriger als bei unregelmäßigen Aufenthalten außerhalb dieses Gebiets (vgl. Hildebrandt 2016: 56f.).

Die Installation von Ladestationen an Tankstellen soll den Bedarf nach Schnellladung decken. Um die entstehenden Zeitkosten möglichst gering zu halten, müssen hohe Ladeleistungen vorgesehen werden (vgl. Kreft 2020: 49).

Es lässt sich ableiten, dass Ladevorgänge routiniert und im Hintergrund ablaufen sollten. Die Stellplatzsituation ist entscheidend für das Ladeszenario. Soll ein Ladevorgang an einer Tankstelle erfolgen, ist die Dauer eines regulären Tankvorgangs der Benchmark. Längere Ladedauern werden vom Nutzer nur akzeptiert, wenn die Zeit zur Erledigung anderer Dinge ausreicht. Ladedauer und Ladeort müssen aufeinander abgestimmt sein, ebenso gilt es die Regelmäßigkeit des Ansteuerns eines oder verschiedener Ladeorte zu berücksichtigen (vgl. Riedel, Schwedes 2017: 166).

Es ist davon auszugehen, dass je nach Art des Ladeortes und Use Cases unterschiedliche Ausprägungen der Tagesganglinie zu verzeichnen sind. Es ist vorstellbar, dass bei Kundenparkplätzen im halböffentlichen Bereich der Tagesverlauf je Wochentag gleichmäßiger und von weniger kurzfristigen Spitzen geprägt ist wie am Samstag, wenn Wochenendeinkäufe getätigt und Dienstleister vermehrt aufgesucht werden. Die verladene Energiemenge wird aufgrund der höheren Nutzerzahl und Geräten mit Ladeleistungen von mindestens 22 Kilowatt höher als im privaten Bereich sein. Die bisherigen Ausführungen erlauben die Schlussfolgerung, dass bei privaten Nutzern in den frühen Abendstunden nach Feierabend eine verstärkte Nutzung von Lademöglichkeiten auftritt, die Kurve entsprechend rasch ansteigt. Die Tagesganglinie von elektrischen Car-sharing-Fahrzeugen wird vermutlich Schwankungen unterlegen sein. Selbiges ist für gewerbliche und kommunale Flottenfahrzeuge vorstellbar, allerdings mit einer leichteren Identifizierung von Trends. Nach Eintreffen im Betrieb, sofern Fahrzeuge gleichermaßen dienstlich und privat genutzt werden, kann es eine morgendliche Spitze geben. Mittags sind die Fahrzeuge im Einsatz, eine Ladung erscheint unwahrscheinlich. Am Nachmittag könnten bei gesunkener Reichweite punktuelle Zwischenladungen vorgenommen werden. Zum Abend hin ist von einer weiteren stärkeren Spitze auszugehen. Die Energiemenge je Ladepunkt wird höher sein als am Wohnort. Im Fernverkehr ist aufgrund der hohen Tagesfahrleistung am Wochenende eine verstärkte Nutzung von Ladeinfrastruktur zu erwarten. Durch den Pendlerverkehr wird es wiederum werktags zu kleineren Spitzen am frühen Morgen und bei Rückreisefahrten kommen. Auf Fernstraßen werden die höchsten Energiemengen verladen werden. Diese Annahmen beruhen auf Ergebnissen eines vor acht Jahren durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. durchgeführten Verbundprojekts (2013: 60ff.), Prognosen der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur für das Jahr 2025 (NOW GmbH 2020: 53f.) und Beobachtungen für das Untersuchungsgebiet Hamburg. Eine aktuelle Tagesganglinie, differenziert nach Nutzergruppen und projektunabhängig, findet sich in der gängigen Literatur nicht.

Reale Fahrdaten wurden von 2014 bis 2017 in den Modellregionen und Schaufenstern Elektromobilität erhoben und ausgewertet. 860.000 Fahrten mit einer Fahrleistung von 6,7 Millionen Kilometern umfasst die Datenbasis. Die mittlere Fahrweite einer einfachen Fahrt lag bei BEV bei 7,2 Kilometern und bei PHEV bei 13 Kilometern (vgl. NOW GmbH 2018: 34). Die mittlere Tagesfahrleistung lag bei BEV bei 34 Kilometern und bei PHEV bei 60 Kilometern. In beiden Fällen ist die Fahrleistung bei Plug-in-Hybriden fast doppelt so hoch wie von Elektroautos. Zu Fahrzeugausfällen kam es in über der Hälfte der Fälle aufgrund von elektrischen oder mechanischen Defekten. Fahrzeugseitige Ladefehler oder eine unzureichende Ladung bildeten einen Anteil von elf Prozent an der Gesamtausfallquote (vgl. ebd.: 42). Auf Grundlage eines Minimaldatensatzes mit 156.600 Ladevorgängen wurde ermittelt, dass BEV im privaten und dienstlichen Bereich nach 20 Kilometern und im Einsatzkontext Flotte nach 28 Kilometern aufgeladen werden. PHEV legten unabhängig vom Einsatzkontext fast 70 Kilometer zurück, bevor sie geladen wurden, dabei beträgt ihre elektrische Reichweite im Schnitt nur 30 bis 50 Kilometer (vgl. ebd.: 43). Die Elektrofahrzeuge wurden selten im Grenzbereich der Reichweite betrieben. Der Ladezustand lag zu Beginn eines Ladevorgangs mehrheitlich bei 50 Prozent und darüber. Vier von fünf Ladevorgängen wurden zum vollständigen Laden der Batterie genutzt. Der regelmäßigen Ladung können die meisten Ladevorgänge zugeordnet werden. Zwischendurchladungen haben wesentlich kleinere Anteile, zu Notladungen ist es kaum gekommen (vgl. ebd.: 45). 45 Prozent der Ladevorgänge von Elektroautos endeten nach eineinhalb Stunden, 70 Prozent nach drei Stunden und 90 Prozent nach sechs Stunden Anschlusszeit. Bei den Plug-in-Hybriden endeten 85 Prozent der Ladevorgänge nach drei Stunden (vgl. ebd.: 46). An öffentlichen Ladestationen lag die durchschnittliche Ladedauer bei BEV bei 2,3 Stunden und bei PHEV bei 1,7 Stunden (vgl. ebd.: 50). Zum Einsatzkontext Carsharing wird die Aussage getroffen, dass überdurchschnittlich hohe Ladezeiten zu verzeichnen sind, da Fahrzeuge unabhängig vom Ladezustand zwischen zwei Buchungsvorgängen an eine Ladestation angeschlossen werden (vgl. ebd.: 47). Öffentliche AC-Ladestationen wurden durchschnittlich weniger als einmal pro Tag genutzt, öffentliche DC-Ladestationen hingegen durchschnittlich zweimal pro Tag (vgl. ebd.: 48).

## **2.8 Bereitstellung öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur**

In diesem Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen für die Bereitstellung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur betrachtet. Auf Vorstellung und Vergleich nationaler Erfahrungen wird dabei verzichtet.

### **2.8.1 Zentrale Bereitstellung**

Zunächst wird durch die Kommune die Entscheidung getroffen, welches Ziel mit der zu errichtenden Ladeinfrastruktur verfolgt werden soll. Bei einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur steht die Sicherstellung eines Mindestmaßes an Mobilität für Elektro-

fahrzeuge im Fokus. Es geht primär um die Anzahl der Standorte und deren Verteilung im Planungsgebiet (vgl. BMVI 2020b: 9). Für die Suchraumidentifizierung für das flächendeckende Ladenetz können eine flächenorientierte und eine straßenorientierte Methode angewandt werden. Bei der flächenorientierten Methode wird das zu versorgende Plangebiet in mehrere kleinere Gebiete unterteilt, die eine bestimmte Anzahl an Ladepunkten aufweisen sollen. Die Unterteilung erfolgt in Form eines Rastermusters oder einer Dirichlet-Zerlegung. Für die straßenorientierte Methode wird ein Maximalabstand, in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke oder Straßenkategorien, zwischen zwei Ladestandorten festgelegt, der nicht unterschritten werden soll (vgl. DIN e.V. 2020: 32). Wird die Ladeinfrastruktur anhand eines prognostizierten Ladebedarfs errichtet, spricht man von einer bedarfsorientierten oder bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur. Als Suchräume für die Errichtung der Ladeinfrastruktur gelten die Orte mit den höchsten prognostizierten Ladebedarfen. Bei der Prognose des örtlichen Ladebedarfs sollten das Bevölkerungspotenzial, Präferenzen der Nutzer und Verkehrsströme berücksichtigt werden (vgl. ebd.). Auch empfiehlt sich die Berücksichtigung intermodaler Verknüpfungen, um Elektromobilität als ergänzendes Angebot sinnvoll im Verkehrssystem zu etablieren. Das kann in Form von Mobilitätspunkten in Verbindung mit ÖPNV-Haltestellen oder Carsharing-Angeboten entstehen (vgl. BMVI 2014b: 46). Weitere Indikatoren können der Abbildung 27 entnommen werden.

Bevölkerung	Mobilität	Infrastruktur	weitere Indikatoren
Bevölkerungsdichte	Fahrzeugzulassungen	öffentlich zugängliche Bestands-LIS	Tourismus
Soziodemographische und sozioökonomische Indikatoren	Modal Split	private Bestands-LIS	Arbeitsplatzdichte
Siedlungsstruktur	Wirtschaftsverkehr	Auslastung Bestands-LIS	Points of Interest
	Quelle-Ziel-Daten	Stromnetzlage und Einrichtung Stromversorgung	Grundstückspreise
	Wegezweck	freie Kapazitäten Stromversorgungsinfrastruktur	Grundstückseigentumsverhältnisse
	Verkehrsstärken	Mobilfunkabdeckung	Flächennutzung
	Verkehrsmodelle	Anzahl Parkplätze	Barrierefreiheit, Zugänglichkeit
	ÖPNV und alternative Mobilitätsangebote	Auslastung Parkplätze	

Abb. 27: Mögliche Indikatoren bei der Suchraumidentifizierung (eigene Darstellung nach DIN e.V. 2020: 34)

Anforderungen und Stückzahlen an eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur sind für den Status Quo andere, als wenn eine auf die Zukunft ausgerichtete Ladeinfrastruktur geplant wird (vgl. ebd.: 47). Zumindest bei der Ermittlung nach Ladeangeboten zur regelmäßigen Ladung scheint es Konsens zu sein, den Bedarf mithilfe von Annahmen zum zahlenmäßigen Verhältnis von Ladeinfrastruktur zu Fahrzeugen zu beziffern (vgl. Hildebrandt 2016: 103). Die EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe gibt ein Verhältnis von 1:10 an, das heißt ein Ladepunkt sollte zehn E-Fahrzeuge versorgen. Eine Mischform der Positionierungsziele wird häufig beobach-

tet. Ein Teil der zu errichtenden Ladeinfrastruktur ist bedarfsorientiert, ein anderer Teil dient zur Abdeckung der verbliebenen, kaum bis gar nicht mit Ladepunkten ausgestatteten Gebiete (vgl. DIN e.V. 2020: 31).

An die Suchraumidentifikation schließt sich die Standortsuche an. Gemeint ist die konkrete Identifizierung eines Aufstellungsortes für die Ladesäule und ladenden E-Fahrzeuge. Die Festlegung von Standortkriterien kann durch die Kommune oder den CPO erfolgen, Unterstützung gibt es durch den Netzbetreiber. Kriterien zur Bewertung des Standortpotenzials können folgende sein: Flächenverfügbarkeit, Stellplatzverfügbarkeit, Erreichbarkeit, Sichtbarkeit, Points of Interest (POI), freie Netzkapazitäten, Zugänglichkeit des Stromnetzes, unterirdische Leitungen, Denkmalschutz, Lärmschutz (bei HPC-Stationen), Bäume, Verkehrssicherheit (vgl. ebd.: 35). Die Relevanz von Points of Interest ergibt sich aus dem Unterschied zwischen dem Betanken und Laden, nämlich der benötigten Zeit. Ab einem Aufenthalt von 15 Minuten sind Nutzer größtenteils bereit einen Ladevorgang zu starten (vgl. Klein, Scheler 2018: 33). Als Beispiele für POIs können Einkaufszentren, Supermärkte, Bekleidungs- und Elektrohandel, Fitnesscenter, Museum, Restaurant, Café, Universität, Friseur, Arzt oder die Apotheke genannt werden (vgl. Maitz 2019: 28f.).

Alle sich daran anschließenden Grundsatzentscheidungen, wie etwa die Festlegung der Ladetechnologie und Ladeleistung oder Wahl eines Betreibermodells, fallen in den Zuständigkeitsbereich des CPOs. Im Rahmen der nächsten Phase, des Melde- und Genehmigungsverfahrens, ist der CPO für Leitungsabfragen und Anträge verantwortlich (vgl. DIN e.V. 2020: 19f.). Für die Errichtung im öffentlichen Raum wird eine Sondernutzungserlaubnis benötigt. In einigen Bundesländern ist eine Baugenehmigung notwendig. Üblicherweise werden für den Netzanschluss Voranfragen beim Netzbetreiber gestellt, wo die Spannungsebene und zu erwartende Kosten abgefragt werden. Der Netzbetreiber kann gegebenenfalls die Netzverträglichkeit prüfen (vgl. ebd.: 36).

Sind die beantragten Standorte von der zuständigen Behörde genehmigt worden, folgt der Aufbau der Ladeinfrastruktur. Die Organisation und Beauftragung der Tiefbau- und weiteren Baumaßnahmen erfolgt durch den Eigentümer oder CPO. Mitgeplant werden sollte die Anbindung an ein Backend, mitgedacht werden die frühzeitige Erfüllung der Meldepflicht vor der Inbetriebnahme, etwa beim Netzbetreiber, der Bundesnetzagentur oder dem Eichamt. Außerdem wird durch die Kommune vor Inbetriebnahme die Verkehrssicherheit und Einhaltung der an die straßenrechtliche Sondernutzung gebundenen Bedingungen geprüft. Durch eine Fachkraft werden eine Eignungsprüfung, Gefährdungsbeurteilung und Betriebssicherheitsprüfung vollzogen (vgl. ebd.).

Beim technischen und wirtschaftlichen Betrieb der Ladeinfrastruktur erfährt der CPO Unterstützung durch einen Dienstleister, welcher beispielsweise regelmäßige Inspek-

tionen und Sicherheitsupdates der Software durchführt sowie die Kundenbetreuung und das Entstörungsmanagement übernimmt (vgl. ebd.: 20f.) (vgl. Abb. 28). Gegebenenfalls sind weitere anfallende Aufgaben eine Stellplatz- bzw. Belegungsüberwachung und das Berichtswesen gegenüber der Kommune (vgl. ebd.: 38).

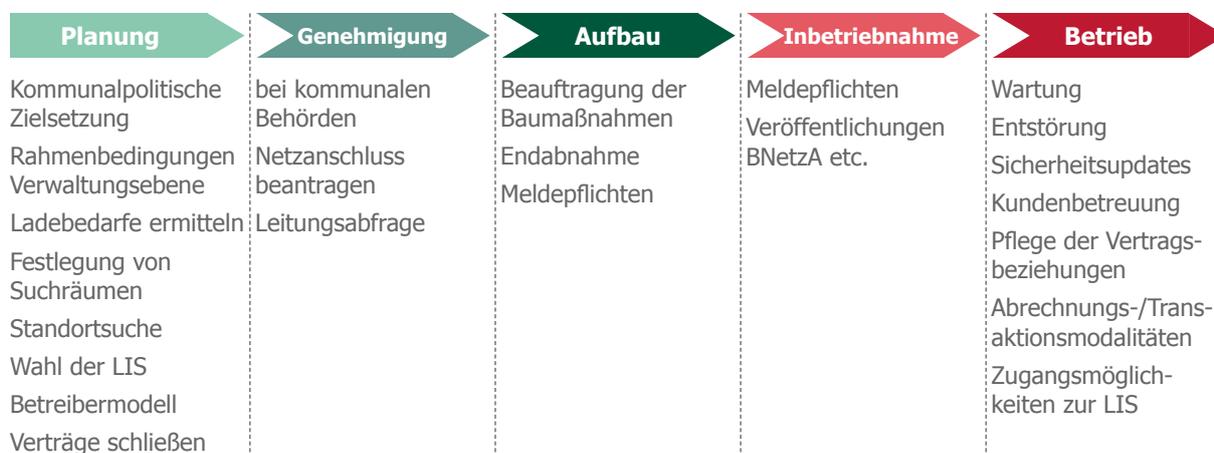


Abb. 28: Schritte des Ladeinfrastrukturerrichtungsprozesses (eigene Darstellung nach DIN e.V. 2020: 19ff.)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Kommune wichtige Weichenstellungen vornimmt und zu Beginn des Prozesses über Macht (d.h. Legitimität und Gestaltungsspielräume) verfügt. Sobald die Planung und zu treffende Entscheidungen sich auf einer Makroebene befinden, fallen sie in den Zuständigkeitsbereich des Ladesäulenbetreibers.

### 2.8.2 Dezentrale Bereitstellung

Neben der zentralen Bereitstellung durch die öffentliche Hand ist als Organisationsmodell auch die dezentrale Bereitstellung von Ladeinfrastruktur durch private Akteure möglich. Dabei treffen mehrere private Akteure in einem Gebiet sachliche, zeitliche und räumliche Entscheidungen zum Angebot getrennt voneinander und installieren parallel Ladeinfrastruktur. Sie stehen im Wettbewerb zueinander. Die räumliche Fokussierung liegt auf Nachfrageschwerpunkten, da an diesen potenziell höhere Einnahmen zu erwarten sind. Wählen mehrere Akteure diese Strategie, bedeutet es eine minimale räumliche Differenzierung zwischen den jeweiligen Ladepunkten der Betreiber (vgl. Kreft 2020: 38f.). Dieses Geschäftsmodell, nur eine limitierte und profitable Anzahl von Ladepunkten zu errichten, steht im Widerspruch mit dem Wunsch der Nutzer nach einer möglichst flächendeckenden Infrastruktur (vgl. BMVI 2014b: 47).

Im Gegensatz dazu berücksichtigt die öffentliche Hand die Interessen aller Nutzer, sodass keine alleinige Fokussierung auf Nachfrageschwerpunkte erfolgt und Gewinnerzielungsabsichten hinten angestellt werden. Es kann zum Aufbau von Ladestationen kommen, an denen aufgrund der Lage mit einer vergleichsweise niedrigen Auslastung zu rechnen ist, denen aber im Kontext der Flächenabdeckung eine Bedeutung zukommt. Ein zentraler Akteur sorgt für eine einheitliche Ausgestaltung der Schnittstellen

zwischen Ladeinfrastruktur und Nutzer sowie Ladeinfrastruktur und Elektroauto, während beim dezentralen Organisationsmodell durch die unkoordinierte Bereitstellung Transaktionskosten entstehen (vgl. Kreft 2020: 41f.).

### **2.8.3 Kosten**

Die Kosten lassen sich in die Kategorien Investitions- und Betriebskosten unterteilen. Die Investitionskosten (CAPEX) setzen sich aus den Posten der Hardware-, Netzanschluss-, Genehmigungs-, Montage- und Baukosten zusammen. Zu den laufenden Betriebskosten (OPEX) zählen Kosten für die Flächennutzung, das IT-System, Hotline-, Wartungs- und Entstörungskosten sowie Kosten für das Vertragsmanagement und die Abrechnung (vgl. DIN e.V. 2020: 15). Die Kosten hängen stark von der Art der Ladeeinrichtung ab. Grundsätzlich kann festgehalten werden, je höher die Leistung, desto höher sind auch die Kosten (vgl. Prognos AG, EnBW 2020: 23). Die Investitionskosten für einen öffentlichen AC-Ladepunkt mit elf oder 22 Kilowatt Leistung belaufen sich aktuell auf durchschnittlich 7.500 Euro. Die Betriebskosten liegen bei etwa 750 Euro pro Jahr. Bei einem öffentlichen DC-Ladepunkt mit 50 Kilowatt Leistung ist mit durchschnittlich 24.000 Euro Investitionskosten zu rechnen. Die Betriebskosten belaufen sich auf etwa 1.500 Euro pro Jahr (vgl. Doppelbauer 2020: 399). Die Investitionskosten sind also im Vergleich zu den laufenden Kosten hoch. Der Kostenunterschied zwischen AC und DC lässt sich damit begründen, dass beim DC-Ladeverfahren der Gleichrichter infrastrukturseitig verortet ist und für höhere Ladeleistungen auch leistungsfähigere Teile verbaut werden (vgl. Kreft 2020: 32). Die Angaben in der gängigen Literatur weisen jedoch hohe Spannweiten auf. Die CAPEX sind im Einzelfall stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Mehrkosten können durch Maßnahmen wie Kabelverlängerungen, Kabelverstärkungen, Wanddurchbrüche oder die Verlegung eines weiteren Stromanschlusses entstehen (vgl. Dt. Bundestag, Wiss. Dienste 2019: 7). Die bei DC-Ladeinfrastruktur zum Teil notwendige zusätzliche Erweiterung von Trafostationen kann Mehrkosten von 50.000 Euro bedeuten (vgl. Kreft 2020: 33). Vor der Erstinvestition fallen Transaktionskosten an. Dabei handelt es sich um Kosten der Information und Kommunikation, die oftmals nicht direkt monetär messbar sind. Diese entstehen insbesondere bei der Abstimmung von Entscheidungen in Koordinationsbereichen und Vertragsgestaltung (vgl. Reinke 2014: 142f.).

Die Finanzierung kann aus der Bepreisung der einzelnen Nutzung und aus kollektiv erhobenen Mitteln erfolgen. Wird die Ladeinfrastruktur von nur einem CPO betrieben, kann über Aufschläge bei der Bepreisung von Ladeinfrastruktur an Nachfrageschwerpunkten der Aufbau von gering ausgelasteten Ladepunkten mitfinanziert werden. Sind für das Ladeangebot mehrere Betreiber zuständig, führt die Finanzierung über die Bepreisung des einzelnen Ladevorgangs dazu, dass sich der Aufbau und Betrieb jedes Ladepunktes betriebswirtschaftlich rechnen muss. Die Option der Finanzierung aus kollektiv erhobenen Mitteln lässt sich umsetzen durch Grundgebühren, allgemeine

Haushaltsmittel der öffentlichen Hand oder Mittel aus der Erhebung von Kraftfahrzeugsteuern (vgl. Kreft 2020: 43f.).

Der Betrieb von öffentlichen Ladestationen ist derzeit in den meisten Fällen nicht wirtschaftlich. Eine kritische Masse wird nicht erreicht. Die Ladeinfrastrukturbetreiber versuchen in der aktuellen Marktphase zunächst einmal Marktanteile zu sichern (vgl. VSWG 2019: 19). Den hohen Investitions- und Betriebskosten liegen niedrige Strompreise gegenüber, wodurch sich eine lange Amortisationszeit ergibt (vgl. Auer 2019: 2). Die Strompreise sind niedrig, da sie sich oft an den Endkundenpreisen orientieren. „Von einem Markt für Ladestrom im volkswirtschaftlichen Sinne und einem auf Angebot und Nachfrage basierenden Ladestrompreis kann derzeit noch nicht gesprochen werden“ (VSWG 2019: 19). Einen weiteren Faktor für die schlechte Wirtschaftlichkeit öffentlicher Ladenetze stellen aufwendigere Anforderungen aus der Ladesäulenverordnung und die Notwendigkeit eines Roamingsystems dar. Die Aufwendungen lassen sich schwer kompensieren (vgl. ebd.). Eine Arbeitsgruppe der *Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität* kommt zu dem Ergebnis, dass bei Fortschreibung des Status Quo, was einer Auslastung von durchschnittlich 0,5 Stunden pro Ladepunkt pro Tag entspricht, eine Finanzierungslücke bis 2025 bundesweit bestehen bleibt. Ein wirtschaftlicher Betrieb wird erst danach möglich, vorausgesetzt die Ladeinfrastruktur ist auf den energetischen und den Leistungsbedarf der Fahrzeuge ausgelegt und es erfolgt eine schrittweise höhere Auslastung (vgl. BMVI 2020b: 2). Es ist davon auszugehen, dass die Investitionskosten aufgrund von Lern- und Skaleneffekten bei steigenden Stückzahlen in den kommenden Jahren sinken werden (vgl. Auer 2019: 43). Außerdem sinken die Kosten für das Backend pro Ladeinheit mit zunehmender Anzahl der Ladeeinheiten (vgl. Reinke 2014: 144). Dagegen wird der hohe Anteil der Netzanschlusskosten an den gesamten Investitionskosten auch bei möglichen Kostensenkungen einzelner Komponenten der Ladeinfrastruktur voraussichtlich bestehen bleiben (vgl. Kreft 2020: 33). Langfristig ist auch davon auszugehen, dass die Ladestrompreise steigen werden (vgl. VSWG 2019: 19).

Die vom Verbraucher an öffentlichen Ladestationen zu zahlenden Kosten werden in der Regel anhand der Ladezeit oder der Lademenge berechnet. Zudem wird eine pauschale, einmalige Aktivierungsgebühr oder monatliche Grundgebühr verlangt (vgl. Dt. Bundestag, Wiss. Dienste 2019: 8). Für die Elektrofahrer ergibt sich schließlich eine große Vielfalt von diversen Angeboten mit unterschiedlichen Tarifen. Laut des Vergleichsportals Verivox liegt der Preis an einer Normalladestation zwischen fünf und zehn Cent je Minute bzw. 25 und 40 Cent je Kilowattstunde und bei einer Schnellladestation zwischen 25 und 35 Cent je Minute bzw. 35 und 50 Cent je Kilowattstunde. Es ist festzustellen, dass die meisten EMPs kWh-basierte Tarife anbieten, wie es die eichrechtskonforme Abrechnung künftig auch vorschreibt (vgl. Prognos AG, EnBW 2020: 25).



Abb. 29 (Spiegel 2018)

# 3



## **ELEKTROMOBILITÄT UND LADE- INFRASTRUKTUR IN HAMBURG**

- 3.1 Politische Zielsetzung
- 3.2 Status Quo
- 3.3 Governance und Organisationsstruktur
- 3.4 Standortkonzept
- 3.5 Nutzer
- 3.6 Betrieb
- 3.7 Auslastung
- 3.8 Anwendungsfall Carsharing

Exkurs 1: Tesla

Exkurs 2: ELBE

# HAMBURG

## Staatsform

parlamentarische Republik, teilsouveräner Gliedstaat

## Lage

Norddeutschland,  
grenzt an Schleswig-Holstein und Niedersachsen

## Fläche

75.509 Hektar

## Fläche nach Nutzungsartenbereichen

Siedlung 46,5 % / Verkehr 12,4 % /  
Vegetation 32,9 % / Gewässer 8,2 %

## Bevölkerungsstand

1.899.160 Einwohner

## Bevölkerungsstand nach Altersgruppen

0-17 Jahre 16,5 % / 18-24 Jahre 7,8 % /  
25-29 Jahre 7,9 % / 30-49 Jahre 29,8 % /  
50-64 Jahre 19,8 % / 65 Jahre und älter 18,0 %

## Bevölkerungsdichte

2.515 Einwohner pro Quadratkilometer

## Wanderungsbewegungen

101.521 Zuzüge / 94.642 Fortzüge

## Haushalte

1.041.948

## Personen je Haushalt

1,8

## Wohngebäude

254.661

## Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (Wohnort)

784.913

## Leistungsempfänger nach SGB II

180.744

## Private Pkw

637.293

## Private Pkw je 1.000 der Bevölkerung

336

## Elektrofahrzeuge

3.395

## Straßennetz

rund 4.000 km Länge, aufgeteilt in 558 km Hauptverkehrsstraßen und rund 3.450 km Bezirksstraßen;  
drei ringförmige Straßenverbindungen Ring 1-3

Abb. 30-39 (Bildquellen siehe Verzeichnis)



### 3. ELEKTROMOBILITÄT UND LADEINFRASTRUKTUR IN HAMBURG

Die Bedeutung öffentlicher Ladeinfrastruktur im Elektromobilität-Gesamtsystem wurde in Kapitel 2 herausgearbeitet und daneben die technischen Fachbegriffe erklärt und das typische Organisationsmodell zur Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur vorgestellt. Beginnend mit diesem Kapitel wird sich im weiteren Verlauf der Arbeit dem Untersuchungsgebiet Hamburg gewidmet. Dabei erfolgt eine Zerlegung der Forschungsfrage in zwei Teilfragen. Zunächst wird das Hamburger Modell zum Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur vorgestellt. Hierfür werden die Kernelemente des Masterplans Ladeinfrastruktur wiedergegeben, der Bestand an Elektroautos und Ladepunkten gelistet, die beteiligten Institutionen mit ihren Zuständigkeiten benannt und die Organisationsstruktur skizziert sowie der Versuch unternommen eine Nutzercharakterisierung zu vollziehen. Außerdem werden durch die Datenauswertung generierte Ergebnisse hinsichtlich der Auslastung von öffentlichen Ladestationen abgebildet. Nach der Analyse der Daten und Prozessabläufe folgt mit Kapitel 4 die Interpretation dieser mit anschließender Vereinbarung von Konsequenzen, womit auf die zweite Teilfrage eingegangen wird. Ziel des Kapitels 3 ist demnach die Untersuchung der Ausgangsbedingungen und Umsetzung der Maßnahme, jedoch noch keine Ausübung von Kritik oder abschließende Bewertung. Zum Teil finden sich aber einige kritische Anmerkungen der Interviewpartner, auf die im späteren Verlauf der Arbeit Bezug genommen wird.

#### 3.1 Politische Zielsetzung

Die Themen Elektromobilität und Ladeinfrastruktur lassen sich in verschiedenen politischen Strategien und Plänen verankern, wie in Kapitel 2 dargelegt wurde. Welche Instrumente die Stadt Hamburg wählte wird im Folgenden veranschaulicht.

##### 3.1.1 Hamburger Klimaplan

Der Hamburger Klimaplan vom Dezember 2015 führt den Masterplan Klimaschutz (2013) und den Aktionsplan Anpassung an den Klimawandel (2013) inhaltlich und methodisch weiter. Beschrieben sind Ziele und Maßnahmen, um die Stadt auf die Auswirkungen des Klimawandels vorzubereiten sowie die Lebensqualität, Sicherheit und Gesundheit der Stadtbewohner als auch die wirtschaftliche Prosperität gewährleisten zu können. Die Resilienz der Stadt soll gesteigert werden (vgl. Hamburger Bürgerschaft 2015: 2). Im Vergleich zu 1990 sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen schrittweise um mindestens 80 Prozent bis 2050 reduziert werden. Die Zielmarke für das Jahr 2020 ist die CO<sub>2</sub>-Reduktion um 40 Prozent (vgl. ebd.: 7). Weiterhin wurden handlungsbezogene Ziele festgesetzt. Im Kontext dieser Arbeit gilt es das Handlungsfeld Mobilität näher zu beleuchten. Zur Reduzierung der mobilitätsbedingten Emissionen stärkt der Hamburger Senat die umweltfreundlichen Verkehrsträger. Es soll eine systematische Verknüpfung der erneuerbaren Energien und intelligenter Verkehrstechnik mit allen

Verkehrsbereichen sowie Nutzung der Potenziale innovativer Antriebstechnologien und Energieträger erfolgen. Bis 2020 soll der Anteil von Hybridautos auf zehn Prozent und bis 2030 auf 30 Prozent an den jährlichen Neuzulassungen gesteigert werden. Der Anteil von Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen soll bis 2020 auf fünf Prozent und bis 2030 auf 25 Prozent der jährlich neu zugelassenen Pkw steigen (vgl. ebd.: 37). Mit Ausnahme der Einsatzfahrzeuge von Polizei, Feuerwehr und des Landesamtes für Verfassungsschutz, sollte bis 2020 der Anteil elektrisch betriebener Pkw im Fuhrpark der Freien und Hansestadt Hamburg auf 50 Prozent erhöht werden. Auch in öffentlichen Unternehmen sollte der Anteil elektrisch betriebener Flottenfahrzeuge gesteigert werden, nämlich auf 35 Prozent im selben Zeitraum. Als weitere Punkte werden der Ausbau öffentlich zugänglicher Schnellladestationen für Elektrofahrzeuge, eine sukzessive Integration von emissionsarmen Antrieben in Taxiflotten und die Elektrifizierung von Angeboten im Bereich der komplementären Mobilität („switchh“) aufgeführt (vgl. ebd.: 38). Mit der ersten Fortschreibung des Hamburger Klimaplanes wurde das CO<sub>2</sub>-Minderungsziel strenger formuliert: Bis 2030 wird eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 55 Prozent gegenüber dem Basisjahr 1990 und bis 2050 um mindestens 95 Prozent angestrebt (vgl. BUE 2019: 4). Zusätzlich werden Sektorenziele festgelegt. Für den Sektor Verkehr lautet das Ziel bis 2030 eine Minderung um knapp 45 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen (vgl. ebd.: 5). Um die Klimaziele zu erreichen wurden auf Basis der Sektoren der Verursacherbilanz neue Transformationspfade entwickelt. Laut Verursacherbilanz verursacht der Verkehr 28 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen (vgl. ebd.: 10). Im Transformationspfad Mobilitätswende sind im Vergleich zu 1990 insgesamt 2,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 einzusparen (vgl. Abb. 40). Als Stellschrauben und Elemente zur Zielerreichung werden ein weitreichender Paradigmenwechsel im öffentlichen Personennahverkehr von einer nachfrage- hin zur angebotsorientierten Planung und die Elektrifizierung von Fahrzeugflotten genannt (vgl. ebd.: 29f.). Intensiv vorangetrieben werden soll der Ausbau der Ladeinfrastruktur im öffentlichen und privaten Raum bis Mitte der 2020er Jahre. Eine Steigerung der Zahl von Elektrofahrzeugen auf 14 bis 20 Prozent erscheint realistisch bzw. wird von der Politik angestrebt (vgl. ebd.: 30). Als beispielhafte Maßnahmen mit Relevanz für diese Arbeit werden die Ausweitung von switchh-Punkten (kontinuierlich), der Ausbau von e-Carsharing (kontinuierlich)

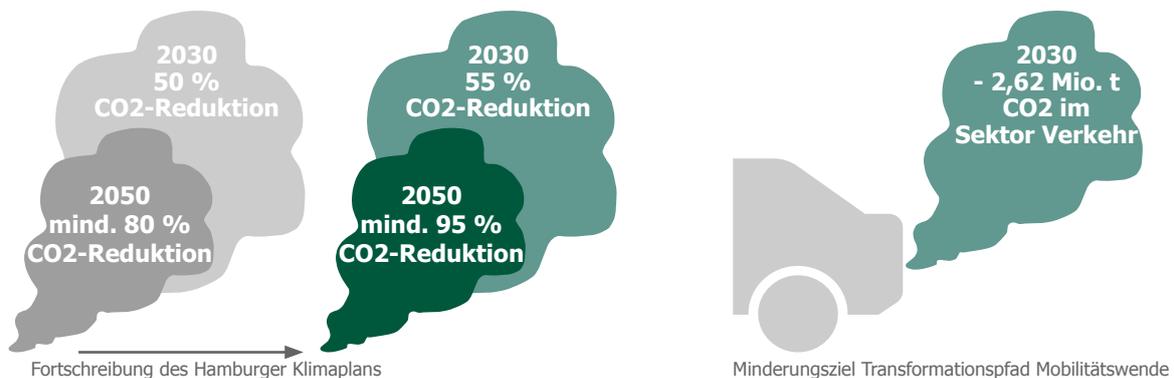


Abb. 40: Ziele des Hamburger Klimaplanes (eigene Darstellung)

oder die vollständige Umstellung von Carsharing-Flotten auf E-Fahrzeuge (2024), die vollständige Umstellung von Taxen, Ridesharing/Pooling- und On-Demand-Diensten zur Personenbeförderung auf E-Fahrzeug (2023) sowie ein rein elektrisch betriebener Fuhrpark der FHH (2030) vorgeschlagen (vgl. ebd.: 37f.; Anlage 3).

### **3.1.2 Luftreinhalteplan**

Nach geltendem EU-Recht führt eine Überschreitung der festgelegten Immissionsgrenzwerte dazu, dass die zuständige Behörde für die betroffenen Gebiete oder Ballungsräume Luftreinhaltepläne zu erstellen hat. Der Luftreinhalteplan muss geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität enthalten, um den Zeitraum einer Nichteinhaltung so kurz wie möglich zu halten. Die Freie und Hansestadt Hamburg legte 2004 den ersten Luftreinhalteplan vor. Dieser wurde 2012 erstmalig fortgeschrieben. Die 2. Fortschreibung erfolgte 2017. Zwar wurden die Grenzwerte für Feinstaub und der Tagesmittelgrenzwert für Stickstoffdioxid eingehalten, allerdings traten weiterhin Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwertes für Stickstoffdioxid auf (vgl. BUE 2017: 1). Im Rahmen der erarbeiteten Luftreinhaltestrategie wird auf eine Vielzahl von Initiativen und positiven Anreizen, um die Flottenveränderung hin zu emissionsarmen und -freien Antrieben voranzutreiben, gesetzt (vgl. ebd.: 10). Ziel ist es in Europa Vorbild für technisch-innovative Luftreinhaltung und Modellstadt für die Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland zu werden. Neben dem privaten Kraftfahrzeugverkehr soll auch eine Effizienzsteigerung des städtischen, regionalen und hafenbezogenen Wirtschafts- und Güterverkehrs sowie ein emissionsfreier Busverkehr erreicht werden. Wie auch im Klimaplan wird die Elektrifizierung des Fuhrparks der städtischen Verwaltung und öffentlicher Unternehmen sowie der Taxen und Carsharing-Flotten angesprochen (vgl. ebd.: 11). Für die Weiterentwicklung der Elektromobilität, als zentraler Schlüssel für die Verbesserung der Luftqualität, wird ein Ausbau der Ladeinfrastruktur beschlossen mit der Zielzahl von 1.000 Ladepunkten bis 2019 (vgl. ebd.: 12). Das Maßnahmenpaket Elektromobilität, eines von zehn im Luftreinhalteplan, enthält weitere Einzelmaßnahmen wie den Einsatz von Elektrofahrzeugen bei KEP-Diensten, konzeptionelle Verknüpfung neuer Mobilitätsangebote mit stadtentwicklungspolitischen Zielsetzungen im Rahmen des Vorhabens *e-Quartier Hamburg* oder Privilegien für E-Fahrzeuge (vgl. ebd.: 85). Angenommen wurde eine Erhöhung um 450 Prozent der Fahrleistung (km/a) durch Elektrofahrzeuge im Vergleich zum Basisszenario bis 2020 bzw. um 670 Prozent bis 2025 (vgl. ebd.: 89).

### **3.1.3 Lärmaktionsplan**

Der Lärmaktionsplan Hamburg 2013 benennt Lärmquellen und bietet ein strategisches Handlungskonzept zur langfristigen Reduzierung der vom Lärm betroffenen Personen durch Aufzeigen von Lösungsansätzen auf Basis von Pilotprojekten. Da die Stadtbewohner am stärksten durch Straßenverkehrslärm gestört oder belästigt werden, liegt der Schwerpunkt des Handlungskonzepts auf diesem Bereich (vgl. BSU 2013: o.S.).

Die Elektromobilität spielt auch in diesem Planwerk eine Rolle, da sie im Bereich der Fahrzeugtechnik, also an der Lärmquelle, direkt ansetzt. Als Modellprojekte werden die Verbundvorhaben *Wirtschaft am Strom* und das e-Quartier Hamburg aufgeführt (vgl. ebd.: 15).

### **3.1.4 Masterplan Ladeinfrastruktur**

Mit ihrem Ersuchen *An Erfolge anknüpfen – Elektromobilität weiterentwickeln* 2013 hat die Bürgerschaft den Hamburger Senat aufgefordert zeitnah einen Masterplan Ladeinfrastruktur mit einem Konzept für den Aufbau der Ladeinfrastruktur vorzulegen (vgl. Hamburgische Bürgerschaft 2014: 1). Dabei handelt es sich um ein informelles Instrument, welches durch den kommunalen Beschluss selbstbindend ist (vgl. HCU 2018: 67). Der 2014 beschlossene Masterplan Ladeinfrastruktur sieht einen bedarfsgerechten Aufbau der Ladeinfrastruktur auf Basis der erwarteten Fahrzeugzahlen in der Hansestadt vor. Zu den bereits bestehenden 138 Ladepunkten zum Zeitpunkt des Erlasses sollten bis Mitte des Jahres 2016 454 weitere Ladepunkte an 227 Standorten neu aufgebaut werden, wobei der Schwerpunkt auf Normalladeinfrastruktur für ein- und dreiphasiges Laden lag (vgl. Hamburgische Bürgerschaft 2014: 1). Die jährlichen Zielzahlen sahen wie folgt aus: 101 neue Ladepunkte in 2014 (19 DC, 82 AC), 183 neue Ladepunkte in 2015 (26 DC, 157 AC) und 170 weitere Ladepunkte im ersten Halbjahr 2016 (17 DC, 153 AC) (vgl. ebd.: 12f.). Als wesentliche umzusetzende Anforderungen führt der Masterplan Ladeinfrastruktur folgende auf: Ladesäulen für jedermann jederzeit nutzbar, Einführung eines Direktbezahlsystems per Handy-Lösung, differenzierte Abrechnung nach AC-/DC-Ladetarifen, diskriminierungsfrei für anbietende Vertriebe, Energieversorgung ausschließlich mit Grünstrom (vgl. ebd.: 1f.). Mindestens 50 Prozent des Ausbauziels sollte durch die Stromnetz Hamburg (SNH) als Generalunternehmer auf öffentlichem Grund umgesetzt werden. Bis zu 50 Prozent könnten von Dritten errichtet werden. Um eine marktstimulierende Wirkung zu entfalten und das privatwirtschaftliche Engagement aktiv zu unterstützen, wurde durch die Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI) ein entsprechendes Förderprogramm entwickelt. Investitionszuschüsse für den Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur konnten diejenigen erhalten, die die Qualitätskriterien erfüllten. Diese umfassen die zuvor aufgeführten Anforderungen sowie die Stadtbildverträglichkeit (Säulendesign, Standortumgebung), Berücksichtigung der Belange anderer Verkehrsteilnehmer sowie der Verkehrssicherheit, Normkonformität und technische Kompatibilität. Außerdem galt es eine zeitliche Begrenzung der Sondernutzung mit Rückbauverpflichtung zu akzeptieren (vgl. ebd.: 24).

Die Methodik zur Bedarfsermittlung ist in Abbildung 41 veranschaulicht. Dem stadtweiten Bedarf von 592 öffentlich zugänglichen Ladepunkten liegt ein rechnerischer Fahrzeughochlauf von 4.990 E-Fahrzeugen zugrunde. In diversen Zeitungsartikeln und auch in den geführten Gesprächen wurde die im Masterplan aufgeführte Zielzahl stets



Abb. 41: Methodik der Bedarfsermittlung (eigene Darstellung nach BMVI 2014b: 57)

auf 600 gerundet, so auch im weiteren Textverlauf dieser Arbeit. Die Prognose ging davon aus, dass mit einem Potenzial von fast 3.000 Fahrzeugen der Großteil der Elektrofahrzeuge in dem Zeitraum projektgebunden sein wird. Darunter fallen Anschaffungen im Rahmen der genannten Projekte Wirtschaft am Strom und e-Quartier Hamburg sowie *HAMBURG INTERMODAL*, *ePowered Fleets Hamburg–Elektromobilität in Flotten* sowie durch die Handelskammer und Handwerkskammer. Anschaffungen von privaten und gewerblichen Nutzern wurden auf bis zu 2.000 Fahrzeuge prognostiziert. Der Fahrzeughochlauf sah von 2014 auf 2015 mehr als eine Verdoppelung der Anzahl zugelassener Elektrofahrzeuge von 1.750 auf 3.600 vor und von 2015 auf 2016 eine Zunahme um weitere 1.390 Fahrzeuge (vgl. ebd.: 5f.). Bei der erwarteten Anzahl an Elektrofahrzeugen wurde eine Differenzierung nach sechs Nutzergruppen vorgenommen: Private Nutzer, Wirtschaftsunternehmen, Flex Carsharing, konventionelles Carsharing, kommunale Flotten und Taxen. Als größte Nutzergruppe wurden Wirtschaftsunternehmen angegeben, deren Anteil am Elektrofahrzeugaufkommen von 2014 bis 2016 auf 73, dann 68 und schließlich 66 Prozent geschätzt wurde. Die Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur wird als komplementär zur privat vorhandenen Ladeinfrastruktur auf dem Betriebsgelände gesehen (vgl. ebd.: 8). Nach Fahrzeugeinheiten stellen die privaten Nutzer die zweitgrößte Nutzergruppe für den Prognosezeitraum dar. Vorgesehen war eine Erhöhung des Anteils von neun Prozent 2014 auf 21 Prozent Mitte 2016. Als private Nutzer werden im Masterplan Ladeinfrastruktur private Haushalte verstanden, die Elektrofahrzeuge für ihre beruflich bedingte Mobilität als auch private Erledigungen einsetzen. Bei vorhandenen Lademöglichkeiten im Privatraum wird ebenfalls nur von einer komplementären Funktion der öffentlichen Ladeinfrastruktur ausgegangen. Die Gruppe der Laternenparker wurde in Hamburg aber als besonders ausgeprägt angenommen, etwa in den Stadtteilen Hoheluft (-Ost/-West), Eppendorf, Uhlenhorst oder Winterhude. Es handelt sich hierbei um Bewohner von Quartieren mit sehr hoher städ-

tebaulicher Dichte, die auf Grund ihrer sozioökonomischen Situation und ihrer Werteorientierung eine ideale Zielgruppe für Elektromobilität sind, jedoch angesichts der konkreten Wohn- und Quartierssituation keinen Zugang zu eigenen Lademöglichkeiten haben (vgl. ebd.: 7f.). Beim geschätzten Anteil am Elektrofahrzeugaufkommen bilden die kommunalen Flotten die drittgrößte Gruppe. Das Nutzungsprofil ist heterogen und reicht über Boten- und Terminfahrten bis zum innerstädtischen Lieferverkehr. Seit dem Jahr 2014 gilt bei der Beschaffung von Fahrzeugen im städtischen Fuhrpark eine Vorrangregelung für Elektrofahrzeuge. Die Nutzung öffentlicher Ladeinfrastruktur werde nur eine nachgeordnete Rolle einnehmen, die primäre Versorgung geschehe an der Dienststelle oder Betriebsstätte (vgl. ebd.: 8). Rund 300 Elektrofahrzeuge wurden insgesamt im Carsharing-Bereich erwartet. Während beim Flex Carsharing (= free-floating) zu erwarten war, dass die Ladung vorwiegend am öffentlichen Netz stattfindet, wird für das stationsgebundene Carsharing vornehmlich eine Lademöglichkeit an der Mietstation genutzt werden (vgl. ebd.: 9). Es wurde davon ausgegangen, dass erst perspektivisch verstärkt Elektrofahrzeuge in die Flotten der Carsharer integriert werden. Mit dem steigenden Angebot erhöhe sich auch die Anzahl der Anschlussvorgänge (vgl. ebd.: 16). Die kleinste Nutzergruppe bilden die Taxen. Es wurden 50 E-Taxen für Mitte 2016 geschätzt, die fast ausschließlich im öffentlichen und halböffentlichen Raum geladen werden und dafür die Schnellladeinfrastruktur nutzen (vgl. ebd.: 9) (vgl. Abb. 42). Die für den Masterplan erstellte Trendprognose rechnete für den Juni 2016 mit einem Stromabsatz von rund 391,5 Megawattstunden abgeleitet aus rund 26.500 Anschlussvorgängen an AC-Ladeinfrastruktur und rund 14.740 Anschlussvorgängen an DC-Ladeinfrastruktur (vgl. ebd.: 14).

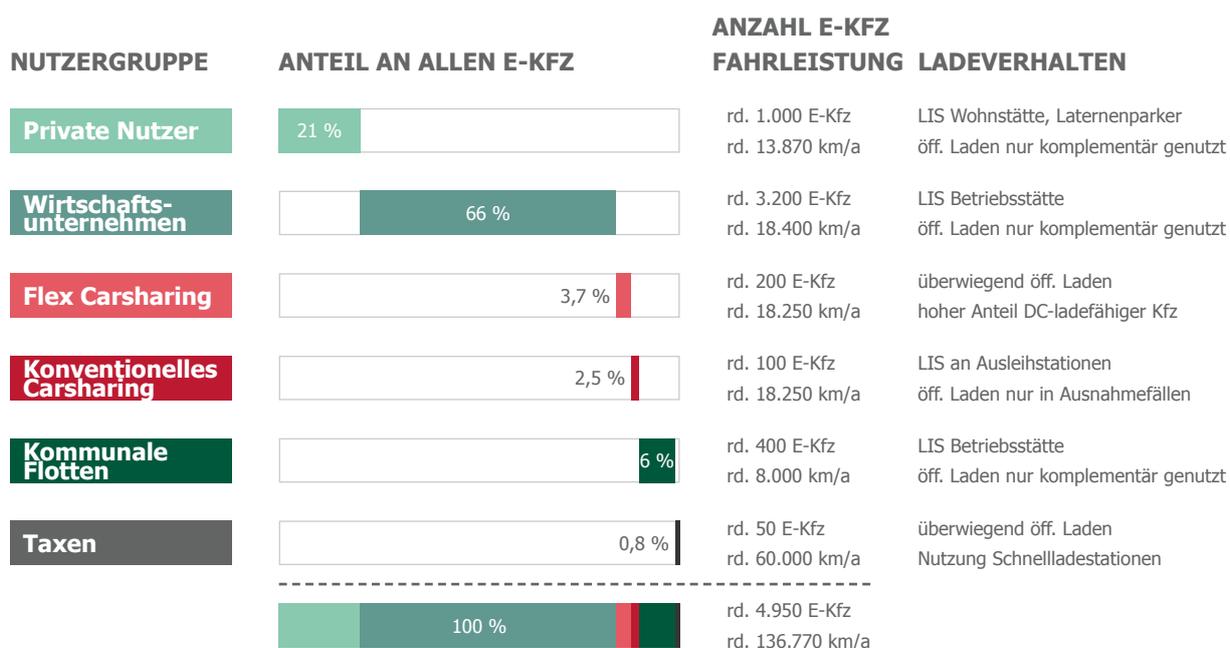


Abb. 42: Übersicht der Annahmen zur Fahrzeugverteilung, dem Fahr- und Ladeverhalten pro Nutzergruppe (eigene Darstellung nach Hamburgische Bürgerschaft 2014: 9)

Im Oktober 2017 wurde der 600. Ladepunkte in Betrieb genommen. Als nächstes Ausbauziel wurden 1.000 Ladepunkte bis 2019 formuliert, was einer weitergehenden quantitativen Abdeckung der Lademöglichkeiten im Stadtraum entspricht. Dieses Ziel wurde auch im Haushaltsplan 2017/2018 festgehalten (vgl. Pressestelle BWVI 2017).

Das erklärte Ziel der Hamburger Politik war es durch die Umsetzung des Masterplans das Henne-Ei-Problem zu durchbrechen. Dies beteuerten drei Interviewpartner ausdrücklich. Auf dem Kongress *eMobility Summit* 2013 äußerte sich der ehemalige Erste Bürgermeister der Hansestadt ähnlich dazu. „Es geht nicht mehr darum, Schaufenster für Lösungen des Jahres 2020 zu sein – es geht darum, sie heute umzusetzen“, „Wir müssen nicht mehr ausstellen und probieren, wir können es heute machen“ (Frost, Mortsiefer 2013) oder „Weg vom Modell. Stattdessen sollten wir es einfach machen“ (Volk 2016: 7) sind Olaf Scholz's Aussagen, die häufig zitiert werden. Mit den Begriffen Schaufenster und Modell wird sich auf das in 2.5.4 umrissene Förderprogramm des Bundes bezogen, bei welchem Hamburg als Modellregion Elektromobilität ausgewählt wurde. Langes diskutieren und abwägen führe zu nichts, daher habe sich die Politik entschieden dieses Thema anzugehen. Elektromobilität sollte gefördert sowie Rahmenbedingungen zur tatsächlichen Generierung des Fahrzeughochlaufs geschaffen werden. Die Stadt müsste in Vorleistung gehen und Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum bereitstellen, um hemmende Faktoren der Elektroautoanschaffung betreffend abzubauen. Wer etwas ausprobieren, erfahre schneller, ob es funktioniert. Nutzer dürften keine Angst haben mit ihren Fahrzeugen liegen zu bleiben. Sie sollen jederzeit und überall die Möglichkeit erhalten ihr Elektroauto zu laden. Die Handhabung soll leicht und verständlich sein (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die aufzubauende Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum ist dabei immer nur zum komplementären Laden gedacht. Die grundsätzliche Ladung würde auf dem Privatgelände oder Betriebshöfen erfolgen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Bei der Umschreibung der Funktion des öffentlichen Ladenetzes in Hamburg wurde über Reichweitenverlängerung, ein Nicht-Liegenbleiben, Notfallladen und Opportunity charging gesprochen (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

## 3.2 Status Quo

### 3.2.1 Elektroautos

Im Jahr 2014, als der Masterplan Ladeinfrastruktur beschlossen wurde, waren 430 Elektroautos in Hamburg zugelassen. Bis 2016 erhöhte sich die Zahl der Elektroautos auf 858. Zu diesem Zeitpunkt verkehrten weiterhin 2.854 Hybridautos, wobei unklar ist, wie viele davon Plug-in-Hybride sind (vgl. Statistikamt Nord 2020). 1.387 Elektroautos und 5.053 Hybridautos, davon 1.116 Plug-in-Hybride, führt die Statistik für das

Jahr 2018 auf (vgl. KBA 2018). 2019 verkehrten bereits 2.233 Elektroautos und 1.686 Plug-in-Hybride auf Hamburgs Straßen. Werden auch die nicht extern ladefähigen Hybridfahrzeuge hinzugezählt, steigt der Bestand dieser Antriebsarten auf über 10.000 an (vgl. KBA 2019) (vgl. Abb. 43). Im Jahr 2020 waren knapp 804.200 Pkw in Hamburg zugelassen, davon sind 529.621 Benziner, 250.058 Dieselaautos, 15.353 Hybridautos, 5.622 mit Gas betrieben und 3.395 vollelektrisch. Von den 15.353 Hybridautos sind 2.502 Plug-in-Hybride. Damit ergibt sich in Summe eine Zahl von 5.897 ladefähigen Pkw. Elektroautos haben einen Anteil von 0,4 Prozent am Fahrzeugbestand. Hybridautos insgesamt haben einen Anteil von 1,9 Prozent und explizit die Plug-in-Hybride von 0,3 Prozent am Fahrzeugbestand (vgl. KBA 2020b). Betrachtet man den Zeitraum vom Beschluss des Masterplans bis zum Bearbeitungsstart der vorliegenden Arbeit (d.h. 2014-2020), so hat sich der Anteil an vollelektrischen Pkw in Hamburg um 690 Prozent erhöht.

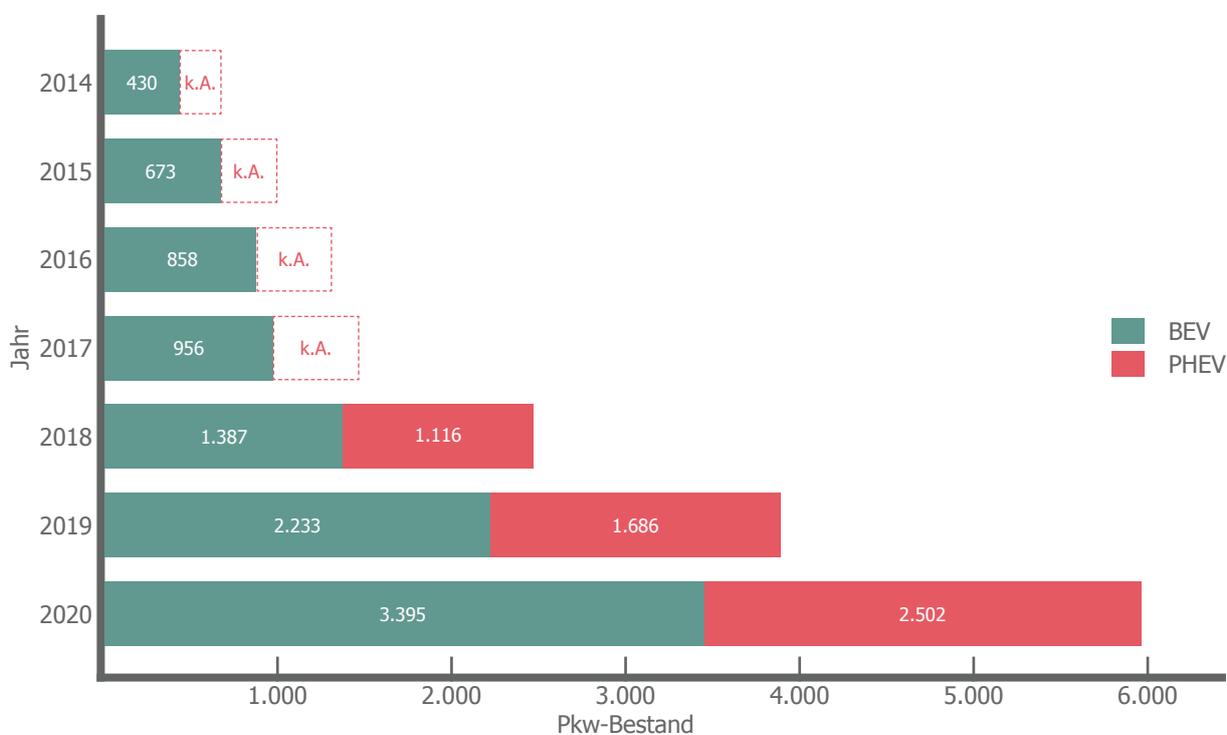


Abb. 43: Entwicklung des Bestands an BEV und PHEV in Hamburg (eigene Darstellung, Daten Statistikamt Nord 2020)

### 3.2.2 Öffentliche Ladeinfrastruktur

Die bereinigten Datensätze, die in der Arbeit Anwendung finden, führen bis einschließlich 31. Dezember 2019 486 Ladestandorte mit 1.038 öffentlichen Ladepunkten auf. Auf AC entfallen 421 Standorte bzw. 844 Ladepunkte und auf DC 65 Standorte bzw. 194 Ladepunkte. 419 der 486 Ladestandorte sind mit Normalladestationen mit einer Ladeleistung von bis zu 44 Kilowatt ausgestattet. Dabei sind jeweils zwei Ladepunkte mit einer Typ 2-Steckdose (22 Kilowatt) verbaut. Abweichend davon findet sich noch eine Ladestation mit einer maximalen Ladeleistung von 22 Kilowatt (ein Ladepunkt am

Heegbarg 31) sowie eine mit einer maximalen Ladeleistung von 88 Kilowatt (vier Ladepunkte am Stormarnplatz 3). In den 65 Schnellladestationen sind je ein DC-Ladepunkt (50 Kilowatt) und ein AC-Ladepunkt verbaut (elf Kilowatt); die maximale Anschlussleistung liegt bei 61 Kilowatt. Der DC-Ladepunkt ist mit zwei Konnektoren ausgestattet, weshalb auch von Triple- oder Multichargern gesprochen wird und die Standorte mit drei Ladepunkten in Statistiken hinterlegt werden. Die beiden DC-Konnektoren sind ein angeschlagenes CCS-Ladekabel und ein CHAdeMO-Ladekabel. Es sind nicht beide zur selben Zeit nutzbar. 33 Ladestandorte bzw. 82 Ladepunkte befinden sich auf privatem statt öffentlichem Grund, sind aber durchgängig öffentlich zugänglich.

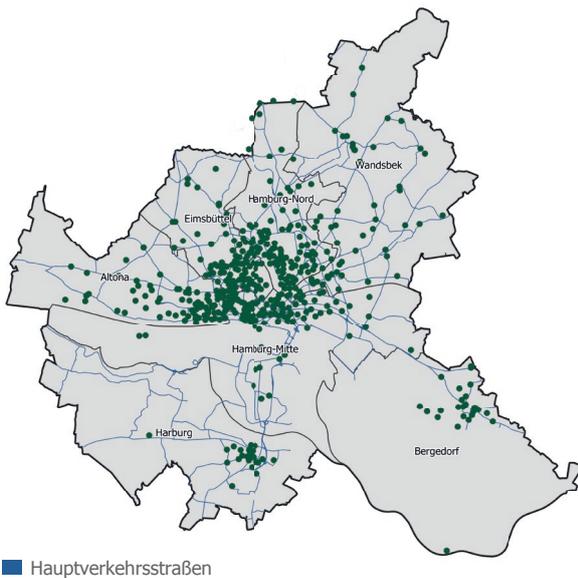


Abb. 44: Normalladestationen Hamburg (eigene Darstellung)

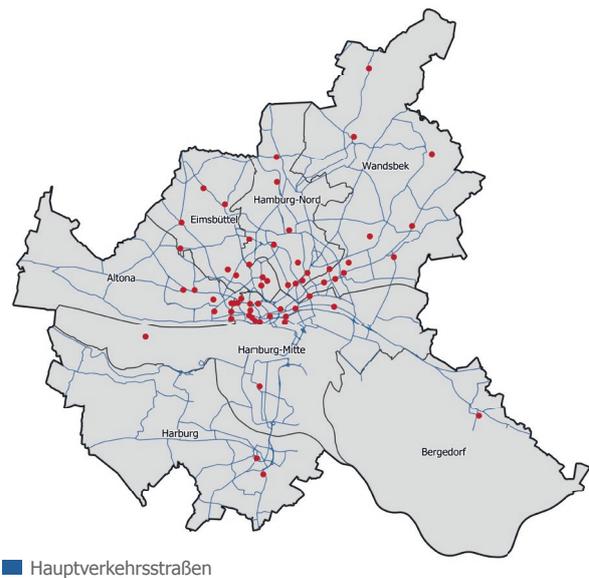


Abb. 45: Schnellladestationen Hamburg (eigene Darstellung)

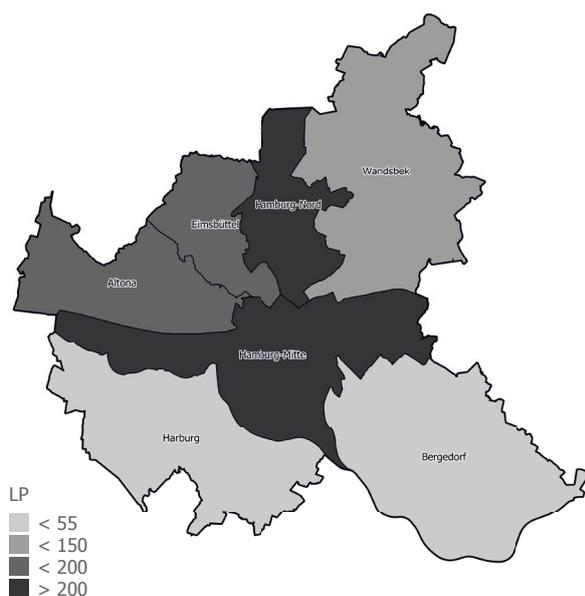


Abb. 46: Ladepunktdichte nach Bezirken (eigene Darstellung)

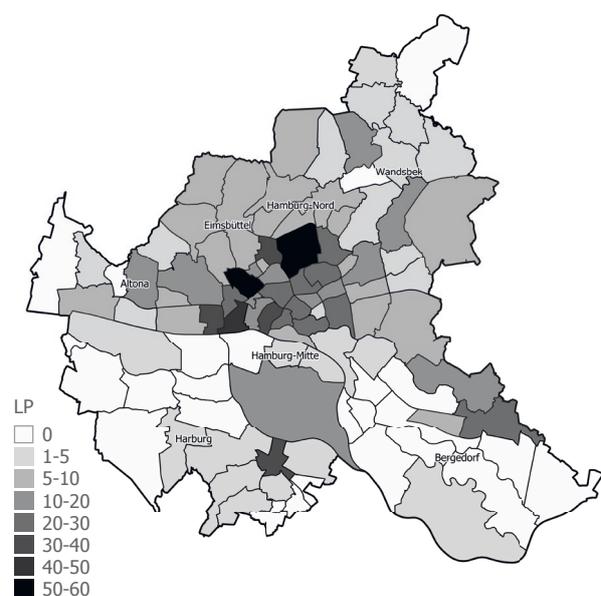


Abb. 47: Ladepunktdichte nach Stadtteilen (eigene Darstellung)

Tab. 3: Ladeinfrastruktur nach Bezirken  
(eigene Darstellung)

Bezirk	Anzahl Ladestationen	Anzahl Ladepunkte
Altona	85	177
Bergedorf	26	53
Eimsbüttel	77	164
Hamburg-Mitte	107	236
Hamburg-Nord	116	245
Harburg	26	54
Wandsbek	49	109

Tab. 4: Ladeinfrastruktur nach Stadtteilen (Top Ten)  
(eigene Darstellung)

Stadtteil	Anzahl Ladestationen	Anzahl Ladepunkte
Winterhude	29	60
Eimsbüttel	26	54
Altona-Altstadt	20	43
Ottensen	19	38
Harburg	18	37
Neustadt	18	43
Eppendorf	16	33
St. Pauli	15	35
Rotherbaum	15	33
Hamburg-Altstadt	14	30

Die Verteilung über die sieben Hamburger Bezirke ist ungleichmäßig. Mit 116 Standorten bzw. 245 Ladepunkten ist der Bezirk Hamburg-Nord am besten versorgt. An zweiter Stelle mit ebenfalls Zahlen im dreistelligen Bereich folgt mit 107 Standorten bzw. 236 Ladepunkten der Bezirk Hamburg-Mitte. Das Schlusslicht bilden die bevölkerungsärmsten Bezirke Bergedorf und Harburg mit 26 Standorten und 53 bzw. 54 Ladepunkten (vgl. Abb. 46, Tab. 3). Die Verteilung der Lademöglichkeiten innerhalb der Bezirke ist ebenfalls ungleichmäßig, da auf jeweils nur zwei Stadtteile 31 bis 81 Prozent aller Ladepunkte entfallen. Diese Entwicklung fällt vor allem in Bergedorf und Harburg auf. Auf der Stadtteilebene wird das Ranking angeführt von Winterhude, Eimsbüttel, Altona-Altstadt, Neustadt und Ottensen (vgl. Tab. 4). Diese verfügen über 22 Prozent aller stadtwweit vorhandenen öffentlichen Ladepunkte. Diese Stadtteile sind zentrumsnah und im oder am Rand des Ring 2 zu lokalisieren. Anhand der Stadtteilprofile, herausgegeben vom Statistikamt Nord für das Berichtsjahr 2019, kann weiterhin festgehalten werden, dass diese über eine überdurchschnittliche Bevölkerungsdichte verfügen. Außerdem ist in der Mehrzahl der Fälle der Anteil Sozialversicherungspflichtig Beschäftigter über und der Anteil von Leistungsempfängern nach SGB II unter dem Hamburger Schnitt. Dies lässt auf eine einkommensstärkere Bevölkerung schließen, die gerade in der Markteintrittsphase von Elektroautos als prädestiniert und gewillter zum Umstieg eingestuft wurde. Zudem liegt die Pkw-Dichte in den fünf Stadtteilen unter dem Hamburger Schnitt. Im Übrigen sind elf bis 19 und in einem Fall sogar 36 Prozent der zugelassenen Elektroautos im jeweiligen Bezirk in diesen Stadtteilen auszumachen. Erweitert man das Stadtteilranking um die Plätze sechs bis zehn, so kann festgestellt werden, dass bis auf den Stadtteil Harburg alle anderen an einen der zuvor gelisteten Stadtteile grenzen. Insgesamt ist eine Ballung im Zentrum und Nordwesten feststellbar. 26 der 104 Hamburger Stadtteile sind mit keinem Ladepunkt ausgestattet (vgl. Abb. 47). Davon liegen jeweils zehn in den Bezirken Bergedorf und Harburg.

Die verbleibenden sechs entfallen auf durch Wohnnutzung geprägte Stadtteile in den Stadtrandlagen in Wandsbek und Altona sowie auf durch Hafen- und Industrieanlagen geprägte Stadtteile in Hamburg-Mitte. Stadtteile, die nicht über mehr als fünf Standorte mit Ladesäulen verfügen, befinden sich sowohl in belebten und beliebten Lagen, wie etwa der HafenCity oder Blankenese, als auch in Bereichen an der Landesgrenze, wie etwa Sülldorf, Schnelsen oder Rahlstedt. Werden AC- und DC-Ladestationen gesondert betrachtet, so wird anhand der Karten deutlich, dass sich die Schnelllader bevorzugt an Hauptverkehrsstraßen innerhalb des Ring 2 befinden, während die Normallader auch in Randzonen installiert sind (vgl. Abb. 44-45).

Die Angaben für die Anzahl öffentlicher Ladepunkte in Hamburg Ende 2020 sind bei den gesichteten Literaturquellen unterschiedlich. Neben der geläufigen Auskunft von „über 1.000 Ladepunkte“ finden sich die Zahlen 1.070, 1.116, 1.130 und 1.161. Dabei wird nicht immer eindeutig darauf verwiesen, ob Ladepunkte im halböffentlichen Bereich mitberücksichtigt wurden. Das Ladesäulenregister der BNetzA führt 21 Standorte mit 42 Ladepunkten mit einem Inbetriebnahmedatum im Jahr 2020 in Hamburg auf. Drei Standorte sind doppelt aufgeführt und vier Standorte schon deutlich früher installiert, aber in drei von vier Fällen zeitweise vom Netz genommen worden. Im Rahmen dieses Datenbereinigungsprozesses bleiben noch 14 neue Standorte mit 28 Ladepunkten. Dabei handelt es sich ausschließlich um Normalladestationen. Werden diese Zahlen mit denen für das Jahr 2019 addiert, so ergibt sich eine Gesamtzahl von 500 öffentlichen Ladestandorten mit 1.066 Ladepunkten mit dem Stand 31. Dezember 2020.

### **3.2.3 Halböffentliche Ladeinfrastruktur**

Dem Datensatz der Bundesnetzagentur wurden auch die halböffentlichen Ladepunkte entnommen. Insgesamt stehen 103 Ladepunkte an 45 Standorten in Hamburg zur Verfügung. Als CPO treten 25 Unternehmen auf, die sich folgenden Kategorien zuordnen lassen: Dienstleister im Bereich Elektromobilität und Ladeinfrastruktur (z.B. innogy eMobility Solutions GmbH), Autohändler (z.B. Auto Wichert GmbH), Energieversorgungsunternehmen/Tankstellen (z.B. Shell Deutschland Oil GmbH), Einzelhandel (z.B. Lidl Dienstleistung GmbH & Co. KG), Hotel (z.B. Privathotel Lindtner Hamburg GmbH) und sonstige (Baugemeinschaft, Parkbetreiber, Bank). Die APCOA PARKING Deutschland GmbH, Europas führender Parkbetreiber, betreibt mit 24 Ladepunkten die meisten im halböffentlichen Bereich. Diese befinden sich in Parkhäusern im Hamburger Zentrum oder an POIs wie dem Fischmarkt. Betreiber von zwölf Ladepunkten ist die Allego GmbH. Die Bereitstellung von Ladelösungen zählt zum Kerngeschäft des Unternehmens. In dem Betreiberfall ist eine Konzentration auf Bereiche mit hohem Verkehrsaufkommen in Autobahnnähe oder beim Großhandel bemerkbar. Alle weiteren CPOs sind für den Betrieb von einem bis sechs Ladepunkten verantwortlich. Ein Drittel der Ladepunkte (35) im halböffentlichen Bereich befindet sich im Bezirk Hamburg-Mitte, ein Fünftel (20) im Bezirk Wandsbek. 34 der 45 Standorte sind mit Normalladeein-



Abb. 48: Anzahl an Elektrofahrzeugen und öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Hamburg mit Stand 12-2020 auf Basis verwendeter Datensätze (eigene Darstellung)

richtungen ausgestattet. Die maximale Anschlussleistung liegt je nach Standort bei elf, 22, 44, 88, 93 oder 350 Kilowatt. Die Hochleistungslader befinden sich auf Tankstellengelände. Durch die Verschneidung der Daten ergibt sich die Zahl von 1.169 öffentlich zugänglichen Ladepunkten in der Hansestadt im Jahr 2020. Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft kommt zu einem fast identischen Ergebnis im Rahmen des unter 2.4.3 genannten Städte-Rankings: 1.161 Ladepunkte (vgl. Mester 2021).



Abb. 49: APCOA-Parkhaus mit Ladestation (APCOA Parking 2021)



Abb. 50: Allego Ladestation im Bezirk Harburg (Chargemap o.J.)



Abb. 51: Lidl Ladestation im Bezirk Eimsbüttel (Chargemap o.J.)

### 3.2.4 Private Ladeinfrastruktur

Die bis zum November 2019 gemeldeten Anschlüsse an das Niederspannungsnetz im privaten Bereich verteilen sich auf 451 Ladepunkte in 205 Objekten. Ladevorrichtungen mit Leistungen von mehr als 3,4 bis elf Kilowatt sind lediglich anmeldspflichtig, darüber liegende Leistungen zudem genehmigungspflichtig. Für Errichtung, Betrieb und Störungsbehebung sind die privaten Eigentümer zuständig. Der Netzanschluss muss bei der Stromnetz Hamburg beantragt werden. Zugelassen sind Ausführungen in AC und DC gleichermaßen. Vor der Antragsausfüllung muss der Interessent Ladebedarfe abschätzen, die Elektroinstallation und Möglichkeit intelligenten Ladens prüfen sowie den Strombedarf kalkulieren. Die Anfragen werden auf technische Restriktionen und offene Netzurückwirkungen geprüft, in der Regel aber nicht abgelehnt. Rückstellungen von Anfragen können durch notwendige Verstärkungen im anschließenden Netz oder aufgrund von organisatorischen Restriktionen erfolgen. Die SNH übernimmt auf Wunsch der Interessenten die Erweiterung des Stromanschlusses (vgl. Hamburgische

Bürgerschaft 2019: 2f.). Eine Verortung der privaten Ladepunkte ist nicht möglich. Im Interview mit [REDACTED] wurde die Vermutung geäußert, dass die Zahl privater Ladepunkte, durch Abgleich der zugelassenen Elektroautos in Hamburg, bei mindestens 2.000 liegen wird (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

### 3.3 Governance und Organisationsstruktur

#### Beteiligte Akteure und Institutionen

„Die hauptverantwortliche Steuerungs- und Organisationskompetenz im Bereich der Elektromobilität liegt bei der Stadtregierung, welche sich auf den Senat und die regierenden Bürgermeister verteilt. Hier werden politische Ziele formuliert und Themenschwerpunkte gesetzt“ (HCU 2018: 42). Drei Interviewpartner lobten die klare politische Positionierung Hamburgs zur Elektromobilität. Insbesondere das entschlossene Handeln des damaligen Ersten Bürgermeisters Olaf Scholz sei eine treibende Kraft gewesen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Das Thema habe ihn persönlich bewegt und er wollte es vorangetrieben haben (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Faktisch betonte Scholz immer wieder bei Befragungen durch Journalisten und auf Gipfeltreffen, dass die Elektromobilität gefördert werden müsse, um einen Durchbruch zu erzielen und Herausforderungen der Zukunft begegnen zu können. Hindernisse und Schwierigkeiten politischer Natur beim Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur habe es nicht gegeben (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).



Abb. 52: Scholz nimmt 600. Ladepunkt in Betrieb (BWVI 2017)



Abb. 53: Olaf Scholz (Welt 2017)

Als zuständige Verwaltungseinheit ist die Behörde für Wirtschaft und Innovation (BWI) mit dem Referat *Umweltbezogene Wirtschaftspolitik und alternative Antriebe* in der Abteilung *Innovation und Cluster* zu nennen. Bis zu ihrer Neugründung als eigenständige Landesbehörde im Sommer 2020 waren ihre Agenden in die Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation eingegliedert. Die BWI bildet die federführende Entscheidungsinstanz im Bereich der Elektromobilität. Ihre Rolle im untersuchten Prozess beschrieben die befragten Mitarbeiter als Auftraggeber, Entscheider, Initiator, Koordi-

nator, Besteller, Finanzier und Weichensteller, aber auch als Unterstützer und Begleiter (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Es sei darauf geachtet worden, dass für alle Prozessbeteiligten die übergeordnete Position und Verantwortungsbereiche der BWI klar waren. Die Aufgabe der BWI bestand konkret darin ein Konzept für den Aufbau der notwendigen Ladeinfrastruktur für das angekündigte gesteigerte Elektrofahrzeugaufkommen zu erarbeiten, um das Henne-Ei-Problem durchbrechen zu können (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Die hySOLUTIONS GmbH ist die Koordinierungsstelle für alle Aufgaben und Projekte im Bereich der Elektromobilität sowie der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Hamburg. Die Gesellschafter der hySOLUTIONS GmbH sind: Hamburger Hochbahn AG mit 56 Prozent, Stromnetz Hamburg und Vattenfall Europe mit jeweils 12,5 Prozent, VHH Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein mit fünf Prozent, Handelskammer Hamburg und Handwerkskammer Hamburg mit jeweils vier Prozent sowie die Hamburg Port Authority und Gasnetz Hamburg mit jeweils drei Prozent (vgl. Hamburger Hochbahn AG 2020). Ausdrücke wie „verlängerte Werkbank“ (Interview [REDACTED], siehe Anhang II) oder „verlängerter Arm“ (Interview [REDACTED], siehe Anhang II) wurden bei der Rollenzuweisung verwendet. hySOLUTIONS fungiere als Schnittstelle zwischen Politik und Wirtschaft. Mit ihrer fachlichen Expertise durch langjährige Erfahrung unterstütze sie die Stadt und bereite häufig auch Entscheidungen vor; sei richtungsweisend. In der Elektromobilitätslandschaft werde das Unternehmen oftmals als Vertreter der Stadt wahrgenommen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Darüber hinaus zählt zu den Aufgaben von hySOLUTIONS die Etablierung eines branchenübergreifenden Netzwerks und Kontaktpflege etwa in Bundesministerien, Akquisition von Fördermitteln und Betreuung von Förderverfahren (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Am Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur ist hySOLUTIONS insoweit beteiligt, als das sie am Masterplan Ladeinfrastruktur mitgearbeitet haben und bei der Standortfindung Vorschläge benennen oder bewerten (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Die Stromnetz Hamburg GmbH ist Stromverteilnetzbetreiber und kommunales Unternehmen der Freien und Hansestadt Hamburg. Öffentliche Unternehmen müssen nicht nur gängige betriebswirtschaftliche Zielsetzungen wie Umsatzrentabilität oder Eigenkapitalverzinsung beachten, sondern auch ein öffentliches Interesse verwirklichen. Zielsetzungen werden zur Steuerung der Unternehmen formuliert. Das Zielbild der Stromnetz Hamburg besteht aus vier Oberzielen, zu denen unter anderem die Unterstützung der Energiewende in der Hansestadt zählt (vgl. Pfarrherr, Haupt 2019: 16). Die SNH übernimmt im Auftrag der Stadt die Rolle des Ladesäulenbetreibers. Diese wurde gewählt, da sie eine stadteigene Gesellschaft ist (vgl. Interview [REDACTED]).

█, siehe Anhang II). Als Generalunternehmer koordiniert die SNH den Aufbau und beschäftigt für das Vorhaben weitere Partner als Nach- bzw. Subunternehmer. Zudem agiert diese über das entwickelte SNH-IT-Backend als Roaming-Plattform. Die SNH wirkte nach eigenen Aussagen proaktiv am Masterplan Ladeinfrastruktur und der Entwicklung des Hamburger Modells mit (vgl. Interview █, siehe Anhang II).

Das Zugangskonzept zur Ladeinfrastruktur wird über das SNH-Backend operativ umgesetzt. Nutzer können entweder eine von ihrem Elektromobilitätsprovider ausgehändigte RFID-Karte nutzen oder per SMS oder über die E-Charging App den Ladevorgang verrechnen (vgl. Interview █; Interview █, siehe Anhang II). Einer Pressemitteilung Ende des Jahres 2020 kann entnommen werden, dass mehr als 70 Kartenanbieter oder Elektromobilitätsprovider im IT-Backend der SNH eingebunden sind (vgl. Pressebox 2020). In den für diese Arbeit verwendeten Datensätzen werden 30 unterschiedliche EMP-Partner den ab 2017 verzeichneten Ladevorgängen zugeordnet. Darunter fallen zum Beispiel Vattenfall InCharge, EWE Go, EnBW oder New Motion. Der EMP schließt mit der SNH als Netzbetreiber einen Zugangsvertrag (vgl. Interview █, siehe Anhang II). Eine Übersicht zeigt die Abbildung 54.

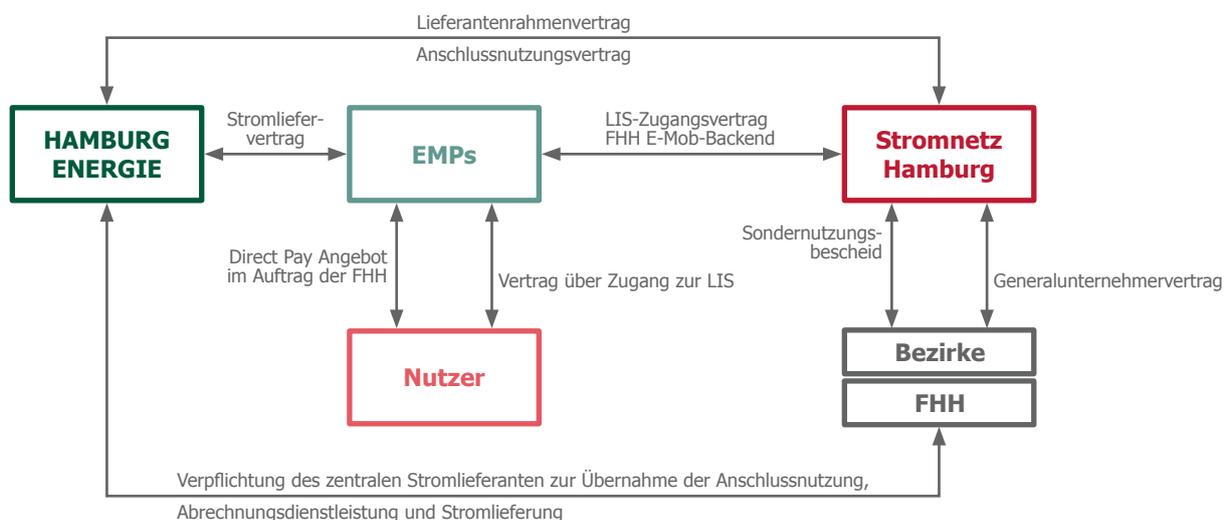


Abb. 54: Vertragsmodell im Hamburger Umsetzungsmodell (eigene Darstellung nach Volk 2016: 15)

HAMBURG ENERGIE ist als 100-prozentiges Tochterunternehmen von HAMBURG WASSER vollständig im Besitz der FHH. Das Unternehmen wurde mit der zentralen Stromlieferung für die öffentliche Ladeinfrastruktur betraut. Der Strom stammt aus erneuerbaren Anlagen. Sie sind als Ökostromversorger ausgezeichnet. HAMBURG ENERGIE verrechnet mit den EMPs die Energieverbrauchsmengen. Darüber hinaus berät HAMBURG ENERGIE Unternehmen bei der Elektrifizierung ihres Fuhrparks und installiert Ladeinfrastruktur, wie etwa bei OTTO (vgl. Interview █, siehe Anhang II).

Das Verkehrsplanungsbüro ARGUS wurde 2014 von der BWVI beauftragt in Zusammenarbeit mit hySOLUTIONS ein Standortbestimmungsmodell zur Ermittlung geeigneter Standorte für Ladestationen in Hamburg zu entwickeln (vgl. Rothfuchs, Scheler 2017a: 23).

Das 100-prozentige städtische Tochterunternehmen Hamburg Verkehrsanlagen GmbH (HHVA) ist im Auftrag der SNH für den technischen Betrieb, die Instandhaltung, Wartung und Störungsannahme verantwortlich. Nutzer der öffentlichen Ladeinfrastruktur können bei Problemen den 24/7-Notdienst kontaktieren (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

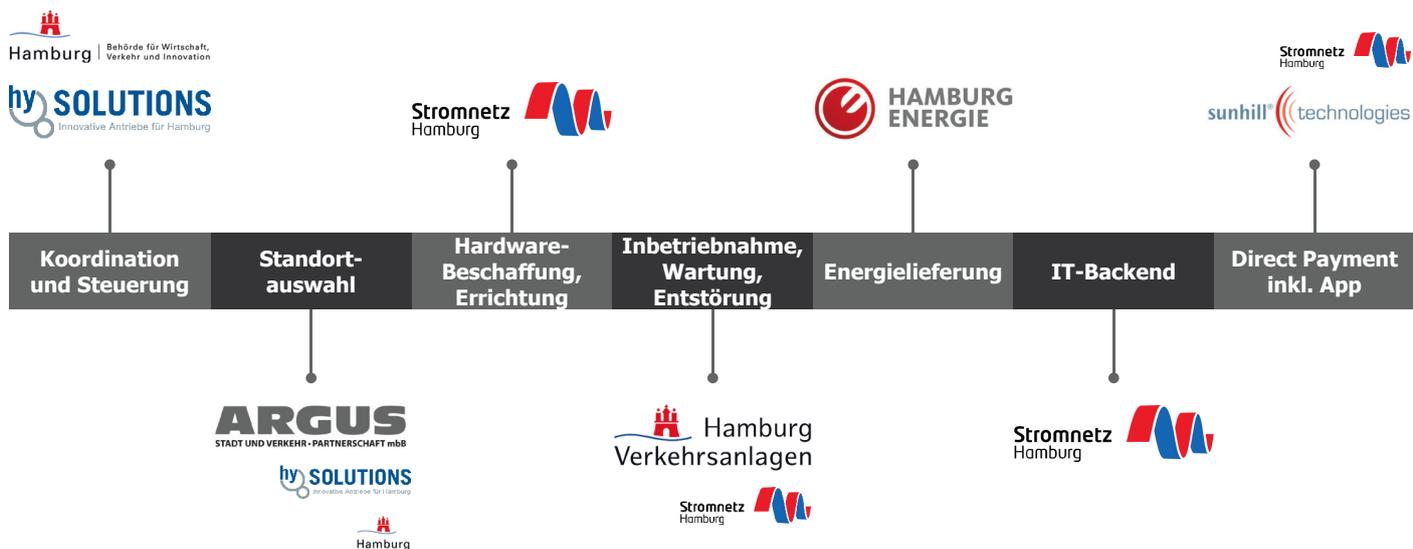


Abb. 55: An der Umsetzung des Masterplans Ladeinfrastruktur Beteiligte (eigene Darstellung nach Zisler 2018: 7)

Die Hamburger Hochbahn AG ist das Verkehrsunternehmen der Hansestadt. Seit 2020 werden nur noch emissionsfreie Busse angeschafft. Die U-Bahnen und bereits im Einsatz befindliche Elektrobusse fahren mit zertifiziertem Ökostrom. Die HOCHBAHN hat sich zum Ziel gesetzt, bis Ende dieses Jahrzehnts klimaneutral zu sein (vgl. Hamburger Hochbahn AG 2021). Das Unternehmen realisiert seit 2013 intermodale Mobilitätsstationen, früher bekannt unter dem Namen switchh, heute unter hvv switch. An 78 Standorten, entweder im Bereich von Haltestellen (17 an der Zahl) oder in dicht besiedelten Quartieren, wird ein einfacher Zugang zu Mobilitätsdiensten, vorzugsweise ÖPNV, Car- und Bikesharing, geboten. Es erfolgt eine Zusammenarbeit mit SHARE NOW, cambio und StadtRAD. Vier hvv switch-Punkte verfügen derzeit über Ladesäulen, an welchen die elektrisch betriebenen Flottenfahrzeuge der Carsharer geladen werden können. Langfristig sei die Elektrifizierung aller Standorte angedacht (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die HOCHBAHN stellt also den ÖPNV sukzessiv auf Elektromobilität um und wirkt am Aufbau der halböffentlichen Ladeinfrastruktur mit.



Abb. 56-58: hvv switch (Werwitzke 2021)

Der Landesbetrieb Verkehr (LBV) ist neben der Ausstellung des Führerscheins für die Parkraumbewirtschaftung, Ausnahmen vom Straßenverkehrsrecht und das Flottenmanagement inklusive der Elektromobilitätsentwicklung verantwortlich. Als proaktiver Partner unterstützt der LBV die Behörde für Verkehr und Mobilitätswende (BVM) bei der weiteren Mobilitätsentwicklung (vgl. LBV 2021: 2). Der LBV stellt hySOLUTIONS Daten zu den Einsatzfeldern von Elektroautos in Hamburg bereit (vgl. Interview ██████████, siehe Anhang II).

Außerdem sind die Hamburger Hochschulen durch Forschungsinitiativen im Bereich Elektromobilität als weitere Akteure aufzuführen. So übernahm beispielsweise die HafenCity Universität im Rahmen des Projekts e-Quartier die Aufgabe des Aufbaus einer Stadtstrukturtypisierung zur Bewertung und Auswahl von Standorten zur systematischen Integration von Elektromobilität in Wohnquartieren (vgl. HCU o.J.). In Zusammenarbeit mit der Universität Hamburg wurde im Rahmen des Verbundprojekts *SINGER Sino-German Electromobility Research* ein fachlicher Austausch mit der chinesischen Stadt Shenzhen initiiert, der unter anderem Untersuchungen zu neuen Materialstandards für die in Elektroautos verwendeten Lithium-Ionen-Batterien oder die Definition von Stadtentwicklungsmaßnahmen zum Umstieg auf Elektromobilität und dem Ausbau von Ladeinfrastruktur beinhaltete (vgl. NOW GmbH o.J.b). Die Helmut-Schmidt-Universität ist aktuell zuständig für die wissenschaftliche Begleitung der Umsetzung eines netzdienlichen Ladens im Rahmen des Projekts *ELBE* (vgl. HSU 2021) (dazu mehr in Exkurs 2). Auch die Technische Universität Hamburg und die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg sind an Forschungsprojekten zum Themenspektrum dieser Arbeit beteiligt.

### **Projektorganisation und Kommunikation**

Das Projektcontrolling dient nach der DIN 69901 der Sicherung des Erreichens der Projektziele durch Ist-Datenerfassung, Soll-Ist-Vergleich, Analyse von Abweichungen, Bewertung der Abweichungen mit Korrekturvorschlägen, Maßnahmenplanung sowie Steuerung der Durchführung von Maßnahmen.

Bei der Interviewfrage welche Controllinginstrumente zum Einsatz kamen, wurde von den Beteiligten häufig das Fachboard genannt. Fachboards werden zur Wahrnehmung der fachlichen Aufgaben eingerichtet. Das Fachboard bedient sich dabei verwaltungsinterner oder externer Kompetenzen und bezieht die operative Ebene mit ein. Über das Fachboard wurde laut Interviewpartnern im monatlichen Turnus der aktuelle Ausbaustand der Ladeinfrastruktur analysiert sowie potenzielle Hemmnisse und Lösungsansätze in Bezug auf die Zielerreichung sowie das Störungsmanagement diskutiert. Involviert waren die BWI, SNH, hySOLUTIONS, HHVA und HAMBURG ENERGIE (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Das Finanzcontrolling liegt im Zuständigkeitsbereich der BWI. Es hat zum Inhalt die Planung, Überwachung und Steuerung der Zahlungsströme. Gegenstand dessen ist zum Beispiel die Rechnungsstellung für geleistete Lieferungen und Dienstleistungen, Erbringung eines Verwendungsnachweises bei Zuwendungen und langfristige Erfassung des Betriebsmittelbedarfs (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Die Interviewpartner erweckten allesamt den Eindruck, als sei im Rahmen der Projektvorbereitung auf die Erarbeitung eines detaillierten, bestimmenden Kommunikationsplans verzichtet worden. Vielmehr gab es in Abhängigkeit von den zu erreichenden Adressaten unterschiedliche Transportmedien und Kommunikationsmethoden, über deren Einsatz Einigkeit herrschte. Ohne es direkt benannt zu haben, lässt sich zwischen den Zeilen lesen, dass es Status Reports bezogen auf einen bestimmten Zeitpunkt im Projektlauf und Forecast Reports mit Prognosen zum Projektstatus gegeben haben wird. Unterschiedlich besetzte Gruppen von Personen tauschten sich in regelmäßig wiederkehrenden Terminen zu unterschiedlichen Sachinformationen aus. Es wurden in Bezug auf die Zusammensetzung drei heterogene Konstellationen skizziert, wobei die BWI und/oder hySOLUTIONS immer Bestandteil waren. Zur Anwendung kamen E-Mails, Einzelgespräche, informelle Abstimmungen bei dringender Erfordernis, Telefonkonferenzen, Teammeetings und eine Zwischenevaluation. Entscheidungen von großer Reichweite und die Strategie tangierend wurden ausdrücklich ausgenommen von informellen oder bilateralen Abstimmungen. Diese habe es nur bei untergeordneten Fragestellungen oder Schwierigkeiten bei der Standortumsetzung gegeben (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Die FHH befinde sich in einem permanenten Erfahrungsaustausch zum Aufbau von Ladeinfrastruktur mit allen Bundesländern. Insbesondere bei der Erschließung neuer Themen- und Geschäftsfelder bietet der Erfahrungstransfer Vorteile wie einen zielgerichteten Wissensaufbau, Identifikation von Wissenslücken, höhere Innovationsfähigkeit und Optimierungspotenziale. Man stehe in direktem Kontakt mit den Städten Berlin, München, Frankfurt oder Kiel. Hamburg habe jedoch zu einem Zeitpunkt mit dem

Aufbau von Ladeinfrastruktur begonnen, wo es keine vergleichbaren Entwicklungen in Europa gegeben hätte, auf die man sich hätte berufen können. In der Praxis gibt es verschiedene Konzepte. Im Fokus steht dabei die Entscheidung, ob die öffentliche Ladeinfrastruktur teilweise oder umfänglich in Eigen- oder Fremdleistung erbracht werden soll. Während andere sich für Verfahren zur Ausschreibung der kommunalen Ladeinfrastruktur an Dritte (Konzessionsnehmer) und Insellösungen entschieden, wählte Hamburg den Weg der Erbringung der Leistungen aus Eigenleistung. Entsprechend konnten kaum Informationen zur Entscheidungsunterstützung für den Aufbau und Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur durch andere Städte bereitgestellt werden. Es habe nicht so viel gegeben, was man von anderen hätte lernen können, lautet das Fazit einiger Interviewpartner. Diese Bilanz wird zumindest für die Strategieentwicklung gezogen. Bei praktischen Fragestellungen, wie zur Beschilderung der Ladestationen oder Abschleppvorgängen beim unberechtigten Parken, sei der Austausch hingegen zielführender und produktiver (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

### 3.4 Standortkonzept

Bei der Standortsuche für das öffentliche Ladenetz kommen sowohl öffentliche als auch halböffentliche Standorte in Betracht. Durch eigene Rechtsetzung oder Anwendung bestehender Regelungen kann die Stadt Vorgaben nur für die im Eigentum der Freien und Hansestadt Hamburg stehenden Flächen erlassen. Bei halböffentlichen Flächen ist dies nicht möglich. Bei der Erschließung von Standorten im öffentlichen Raum ist aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit und vielfältiger Nutzungskonkurrenzen eine besondere Sorgfalt in die Abwägung mit kollidierenden Interessen und beim Nachweis der Verhältnismäßigkeit der Flächeninanspruchnahme zu legen (vgl. Hamburgische Bürgerschaft 2014: 25).

Der Masterplan Ladeinfrastruktur sieht einen bedarfsgerechten Aufbau vor. Bedarfsgerecht wurde von den Befragten umschrieben als der Nachfrage nach Elektromobilität entsprechend und gesamtstädtisch verfügbar, sowohl in Hinblick auf die Anzahl der Ladestationen, also auch die Standorte. Es sollte keine zielgruppenspezifische Ausrichtung geben (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Die Bewertungsmatrix in der ersten bzw. Vorphase des Ladeinfrastrukturaufbaus im Jahre 2010 (dazu mehr in 3.6) fasst unter der grundsätzlichen Standorteignung Ausschlusskriterien zusammen und prüft unter der relativen Standorteignung bestimmte Kriterien aus der Anbieter- wie auch Nutzerperspektive. Beispiele für Ausschlusskriterien sind Verstöße oder sonstige Inkompatibilität in Bezug auf geltendes Planungsrecht oder spezielle Schutznormen. Es handelt sich um eine ja-/nein-Abfrage. Ein potenziel-

ler Ladestandort wurde nur solange behandelt, bis er durch ein Ausschlusskriterium durch das Raster fiel. Im nächsten Schritt wurde eine gleichgewichtete Bewertung aus Anbieter- und Nutzersicht vorgenommen. Die gelisteten Kriterien innerhalb der Blöcke der Anbieter- und Nutzerperspektive sind unterschiedlich gewichtet, wobei in beiden Fällen die Attraktivität des Standortes hinsichtlich Lage, Zentralität und Wahrnehmbarkeit am stärksten berücksichtigt wird. Weitere Faktoren aus Anbietersicht waren ein geringer elektrotechnischer Aufwand und aus Nutzersicht eine gute Erreichbarkeit. Es konnten ein bis fünf Punkte pro Merkmal vergeben werden. So ergibt sich eine Gesamtpunktzahl von maximal 45 Punkten (vgl. Hamburgische Bürgerschaft 2014: 26). Eine vollständige Übersicht zur Bewertungsmatrix liefert die Tabelle 5.

Tab. 5: Bewertungsmatrix der Ausbauphase 2010 (eigene Darstellung nach Hamburgische Bürgerschaft 2014: 26)

<b>Grundsätzliche Standorteignung</b>	<b>ja</b>	<b>nein</b>
<b>Hinderungsgründe in Hinblick auf...</b>		
A1 ... die Verfügbarkeit der Fläche		
A2 ... die bauliche und technische Eignung der Fläche		
A3 ... städtebauliche Belange		
A4 ... den Status der Fläche in der Bauleitplanung		
A5 ... spezielle Schutznormen (Denkmalschutz, Naturschutz, Grünflächenverordnung, Binnenaltsterverordnung)		
<b>Relative Standorteignung</b>		
<b>... aus Anbieterperspektive</b>	<b>50 %</b>	<b>Bewertung 1-5</b>
B1 geringer baulicher Aufwand	10 %	
B2 geringer elektrotechnischer Aufwand	10 %	
B3 geringer Aufwand Verwaltungsverfahren	5 %	
B4 Attraktivität/Repräsentativität der Lage, Wahrnehmbarkeit	20 %	
B5 Erweiterbarkeit	5 %	
<b>... aus Nutzerperspektive</b>	<b>50 %</b>	<b>Bewertung 1-5</b>
C1 Erreichbarkeit, Erkennbarkeit, Zugänglichkeit	10 %	
C2 Attraktivität als Ladestandort/Zentralität	25 %	
C3 Verknüpfung zum ÖPNV	10 %	
C4 geringer Parkdruck durch andere Fahrzeuge	5 %	
<b>Gesamtpunktzahl</b>		

Für die nächste Phase des Ladeinfrastrukturaufbaus ab 2014 wurde ein Standortbestimmungsmodell erarbeitet. Durch die Aufstellung von Ladesäulen vor Rathäusern und symbolträchtigen Orten wird eine politische Haltung präsentiert, die mit Blick auf die öffentliche Debatte zwar positiv zu bewerten ist, für die alltägliche Nutzung aber wenig zielführend erscheint. Mit dem Standortmodell sollte eine gleichmäßige Versorgung des Stadtgebietes gewährleistet werden (vgl. Rothfuchs, Scheler 2017b: 53). Dies geschah auch vor dem Hintergrund steigender Anfragen nach Ladestationen aus der Nutzerschaft.

Die Prämisse war ein umsetzungsorientiertes Produkt zu schaffen, welches eine Leitlinie oder Entscheidungshilfe durch empfehlende Handlungsanweisungen bietet. Repräsentativität sollte bei der Standortplanung herbeigeführt werden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die zuvor angewendeten Kriterien für eine Standortbewertung und -auswahl wurden in den Grundzügen beibehalten und durch weitere Parameter ergänzt, die vorangestellt wurden. Als Ergebnis eines mehrstufigen Analyse- und Rechercheverfahrens, durch Hinzuziehen von Literaturhinweisen, Evaluationsergebnissen und Wünschen der Nutzer, wurden für Hamburg folgende Standortkriterien zur Standortpotenzialbewertung identifiziert: Wohndichte, Gewerbedichte, Freizeitdichte, Points of Interest und ÖPNV-Verknüpfung (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Der Bedarf nach öffentlicher Ladeinfrastruktur ist in Gebieten mit einer niedrigen Wohn- und Gewerbedichte als gering einzustufen, weil tendenziell eher Möglichkeiten zur Installation privater Ladeinfrastruktur bestehen. Vor diesem Hintergrund wurden Standorte mit einer hohen Wohn- oder Gewerbedichte bevorzugt. Die Kriterien der Freizeitdichte und Nähe zu Points of Interest sind eingeflossen, da an diesen Standorten das Laden in alltägliche Wegeketten und Erledigungen integriert werden kann. Dazu zählen im Hamburger Fall Einkaufszentren, Supermärkte, Universitäten, Büchereien, Sportzentren, Schwimmbäder, Museen, Theater, Zoos, Behörden, Ämter und Sehenswürdigkeiten. Da Untersuchungen und Pilotprojekte gezeigt haben, dass Kunden von e-Carsharing häufig mehrere Verkehrsträger auf einem Weg nutzen und die intermodale Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsträger zu den langfristigen politischen Zielen der FHH zählt, sind Ladestationen in direkter Nähe zu Bus-, Bahn- und Leihrad-Stationen höher zu bewerten. Dies begründet die Berücksichtigung des Faktors ÖPNV-Verknüpfung bzw. -Angebotsqualität (vgl. Rothfuchs, Scheler 2017b: 54). Bei der Entwicklung des Modells wurden bestehende Ladepunkte im halböffentlichen Bereich berücksichtigt, sofern die dafür notwendigen Standortdaten vorlagen bzw. ARGUS zur Verfügung gestellt wurden. Private Ladepunkte hingegen wurden nicht berücksichtigt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Als Arbeitswerkzeug zur Identifikation möglicher Ladestandorte wurde ein Geoinformationssystem genutzt, welches die Parameter verknüpft und ein Verständnis komplexer städtischer Gefüge ermöglicht. Die verwendeten Datensätze sind in Hamburg frei verfügbar, es wurde auf das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) und OpenStreetMap zurückgegriffen. Für die Bewertung wurde das Stadtgebiet in Rasterzellen mit einem Durchmesser von circa 300 Metern unterteilt. Für die Standortkriterien wurden Einzelpunkte vergeben. Bei der Punktvergabe wurde sich auf Richtwerte aus Fachanweisungen bezogen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die Gesamtbewertung für eine Rasterzelle wurde durch die Addition der einzelnen Scores berechnet. Eine Rasterzelle konnte bis zu zwölf Punkte erhalten. Je höher die Punktzahl, desto höher die zu erwartende Nachfrage an Ladestationen (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Standortpotenzialbewertung ab 2014 (eigene Darstellung nach Klein, Scheler 2018: 34)

Strukturgröße (Einheit)	Datenquelle	Score 0	Score 1	Score 2
Wohndichte (ha BGF/km <sup>2</sup> )	ALKIS	< 30	30-75	> 75
Gewerbedichte (ha BGF/km <sup>2</sup> )	ALKIS	< 10	10-100	> 100
Freizeitdichte (ha BGF/km <sup>2</sup> )	ALKIS	< 7,5	7,5-50	> 50
Points of Interest: Einkaufsmöglichkeiten (m Distanz Centroid Rasterzelle bis POI)	OpenStreetMap	< 150	150-300	> 300
Points of Interest: e-mobilitätsaffine Ziele (m Distanz Centroid Rasterzelle bis POI)	OpenStreetMap	< 150	150-300	> 300
ÖPNV-Angebotsqualität (Takt Min. Hauptverkehrszeit)	HAFAS	> 10	5-10	< 5
<b>Gesamtpunktzahl</b>				

Im nächsten Schritt erfolgte die Verdichtung der hoch bewerteten Rasterzellen zu Clustern, es entstand eine Heatmap (vgl. Klein, Scheler 2018: 34) (vgl. Abb. 59). Je nach Lage wurde der Suchradius innerhalb des jeweiligen Clusters auf 500 (innerhalb des Ring 2) oder 750 Meter (außerhalb des Ring 2) festgelegt. Zu diesem Zeitpunkt erfolgte eine Überlagerung mit dem politisch vereinbarten Kontingent von Ladepunkten für den jeweiligen Bezirk (vgl. Interview ██████████, siehe Anhang II). Es wurde kein konkreter Bedarf quantifiziert, vielmehr ging es um eine ungefähre Gleichverteilung über die Bezirke (vgl. Interview ██████████, siehe Anhang II). Die Makrosuchräume wurden mit Hilfe von Luftbildanalysen über Google Maps und die Funktion Street View analysiert. Auf straßenräumlicher Ebene wurden Faktoren wie etwa die konkurrierende Nutzung des öffentlichen Raumes berücksichtigt. So ergaben sich konkrete Standorte, die grundlegend geeignet für die Aufstellung von Ladesäulen sind (vgl. Interview ██████████, siehe Anhang II). Bei der Identifikation der Suchräume wurden drei Ansätze parallel verfolgt. Individuelle Standortwünsche einzelner Nutzer, die von hySOLUTIONS gesammelt wurden und Förderanträge wurden mit offenen Suchräumen überlagert und auf ihre Eignung im Sinne einer gesamtstädtischen Strategie untersucht. Zudem wurden Steckbriefe für die identifizierten Cluster erstellt und an die zuständigen Bezirksämter zur Sammlung geeigneter Standortvorschläge übermittelt (vgl. Rothfuchs, Scheler 2017b: 54).

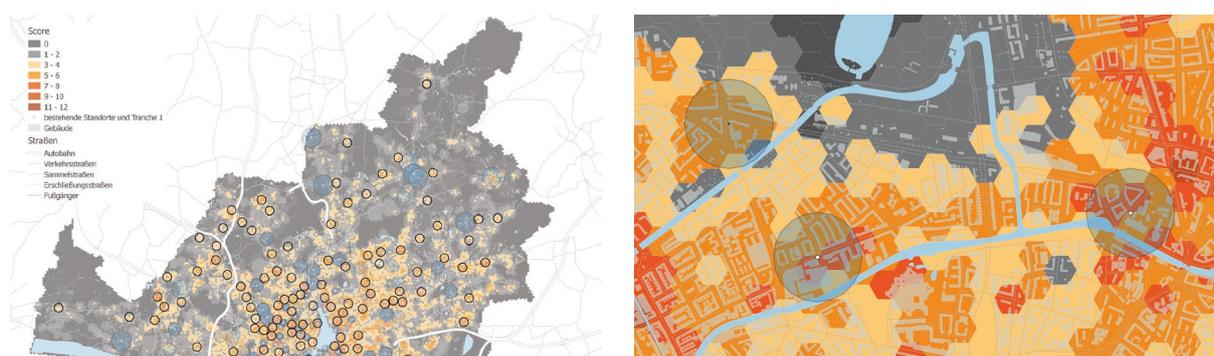


Abb. 59: Heatmap mit Suchräumen für Ladestandorte in Groß- und Kleinansicht (ARGUS 2016)

Im weiteren Verfahren wurden die generierten Standorte bei einer Begehung vor Ort dokumentiert. Vermaßt wurden die Länge und Breite der Parkstände, Bordsteinkanten und angrenzenden Geh- oder Radwege inklusive der Sicherheitstrennstreifen. Notiert wurden außerdem die Positionen von und Abstände zu Abflurrinnen, Trümmen, Schächten, Stromkästen, Straßenlaternen und Verkehrszeichen. Der Standort wurde fotografisch festgehalten. Ein technischer Lageplan wurde von den Erheberrn gezeichnet, der die erhobenen Informationen und die Positionierung der Ladesäule enthält (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Außerdem wurde jeweils ein Steckbrief erstellt. Dieser enthält folgende Angaben: Standortadresse, Postleitzahl, Stadtteil, Koordinaten, Liegenschaft (öffentlich/privat), Lagekategorie (1-3), zuständiges Polizeikommissariat, städtebauliche Sensibilität (Denkmalschutz); Entfernungen zu S-/U-Bahn-/Bus- und StadtRAD-Stationen, Art der baulichen Nutzung (festgestellte Bebauungspläne), POI bis 200 und 500 Meter; Baulastträger, aktuelle Flächennutzung, Aufstellung und Bewirtschaftung der Parkstände, Materialität (z.B. Asphalt, Kopfsteinpflaster, Sandfläche), Bewertung der Sichtbarkeit und Anfahrbarkeit sowie des Parkdrucks; geplante Art der Ladeeinrichtung (AC/DC), Position der Ladesäule (Stirnseite/Längsseite), mögliche Konflikte, erforderliche Maßnahmen (z.B. Poller als Anfahrtschutz) (vgl. Abb. 60).

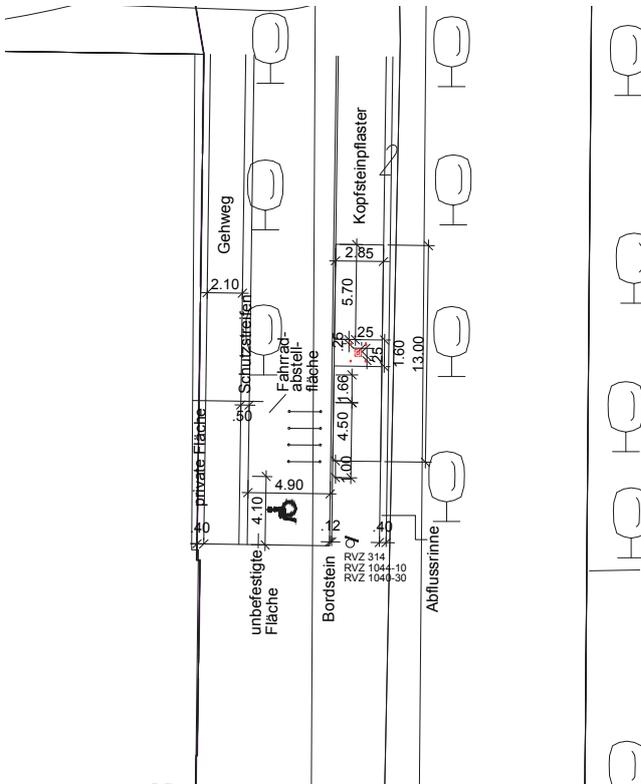
Bei der Bewertung des erhobenen Standortes wird wieder zwischen der Anbieter- und Nutzerperspektive unterschieden, allerdings mit einer anderen Gewichtung. Auf die Anbieterperspektive entfällt ein Gewicht von 20 Prozent. Punkte werden vergeben für den baulichen Aufwand (Errichtung einer Nase, eines Fundaments oder auf Gehwegplatten) und elektrotechnischen Aufwand. Zur Bewertung des letztgenannten Punktes werden die Anschlusskosten von der Stromnetz Hamburg geschätzt (vgl. Abb. 60). Die Nutzerperspektive hat mit einer Wichtung von 80 Prozent höhere Relevanz. Hierbei wird insbesondere der Beitrag zum Gesamtnetz geprüft und mit Punkten bewertet. Ein Standort kann das Bestandsladenetz erweitern oder eine stark nachgefragte Ladestation verstärken. Darüber hinaus finden die Kriterien der Standortpotenzialbewertung hier wieder Anwendung. Es werden Punkte für die Wohndichte, Gewerbedichte, ÖPNV-Verknüpfung und POIs vergeben. Eine gute Erreichbarkeit, Erkennbarkeit und Zugänglichkeit sowie ein hoher Parkdruck versprechen zusätzliche Punkte und steigern die Attraktivität des Standortes (vgl. BWVI, hySOLUTIONS, ARGUS o.J.: 2) (vgl. Tab. 7). Gemäß des beigefügten Beispiels durch Abbildung 60 beträgt die Höchstpunktzahl drei. Die kostengeschatzten Standorte wurden mithilfe der erstellten Planunterlage und der Steckbriefdaten in einem Arbeitskreis bestehend aus der BWVI, hySOLUTIONS und ARGUS unter städtebaulichen und kostenrelevanten Aspekten diskutiert und für eine weitere Umsetzung ausgewählt. Ein Sondernutzungsantrag wurde von ARGUS erstellt, an die Stromnetz Hamburg weitergeleitet und von dieser schließlich beim zuständigen Bezirk eingereicht. Wird die beantragte Sondernutzung genehmigt, kann mit der baulichen Herstellung begonnen worden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

**ALTONA.222** Museumstraße 23



<b>Status</b>	
<b>Bearbeitungs-schritte</b> ✓ Standortmerkmale eingetragen ✓ Standortfotos hochgeladen ✗ Lageplan hochgeladen ✗ Kostenblatt hochgeladen ✗ Umsetzungsstatus eingetragen	<b>Umsetzungs-status</b> Keine Standortentscheidung festgelegt (Nachrücker April)  <b>Standort-bewertung</b> 2,45 von 3,00 Punkten
<b>Lage   Verortung</b>	
<b>PLZ / PK</b> 22765 / 21 <b>Stadtteil</b> Ottensen <b>Liegenschaft</b> k.A.	<b>Koordinaten</b> 53°32'56.52" N, 9°56'3.27" O <b>Städtebauliche Sensibilität</b> Hoch <b>Lagekategorie</b> Lagekategorie 2
<b>Umliegende Nutzungen   Entfernungen</b>	
<b>S- / U-Bahn / Bus / StadtRAD</b> 350m / 2,6km / 250m / 120m <b>POI bis 200m</b> Museum, Theater, Schule, Park, Kita, Verwaltung	<b>Umgebendes Gebiet</b> WA, MK, Fläche für Gemeinbedarf, Grünfläche <b>POI bis 500m</b> Einkaufszentrum, Gastronomie, Einzelhandel, Ärzte, Sport, Hotel, Banken, Kirche, Schule, Kita
<b>Fläche</b>	
<b>Nutzung</b> Parkplatz <b>Bewirtschaftung</b> Freies Parken <b>Aufstellung</b> Längsparken <b>Parkdruck</b> Ja	<b>Baulastträger</b> Freie und Hansestadt Hamburg, Tiefbauamt des Bezirks Altona <b>Materialität</b> Kopfsteinpflaster <b>Sichtbarkeit</b> Gut <b>Anfahrbarkeit</b> Gut

<b>Geplante Flächennutzung</b>	
<b>Ladeinfrastruktur</b> AC <b>Mögliche Konflikte</b> keine <b>Kampfmittelverdecktsfläche</b>	<b>Position der Ladesäule</b> <b>Erforderliche Maßnahmen</b> 4 Poller <b>Herstellungskosten</b> k.A.
<b>Sonstiges</b>	
<b>Bemerkung</b> <b>Stand (Erhebung)</b> 02.05.2018	<b>Bearbeiter</b> MZ/KK/DK <b>Stand (Datenbank)</b> Erste Eintragung: 10.04.2018 11:21:32 Letzte Aktualisierung: 02.05.2018 11:55:09



**ARGUS** **Standortbestimmung E-Ladesäulen**  
Museumstraße 23

Zeichnungsnummer: 2014275-00-286 | Maßstab: 1:250 | Bearbeiter: MZ/KK/DK | Datum: 02.05.2018

<b>Kundenname:</b> Straße : Museumstraße Hs.Nr. : 9023	<b>Projekt-Nr.:</b> <b>Bearbeiter:</b> A. da Silva
<b>Menge</b>	
<b>EUR pro (m) oder Einheit</b>	
<b>Anschluss an das Verteilernetz und an die Kundenanlage</b> inkl. Schaltarbeiten, Dokumentation, Qualitätssicherung, Behördengenehmigungen	997,00 1 997,00
<b>Demontage eines Hausanschlusses im Haus und Trennen am Netz</b> inkl. Schaltarbeiten, Erdarbeiten, Dokumentation, Behördengenehmigungen	684,60 St. -
<b>Demontage eines Hausanschlusses im Zuge einer Verstärkung</b>	278,60 St. -
<b>OB-Demontage / Kleinverbraucherdemontage</b>	486,70 St. -
<b>Bauleistungen</b>	
<b>EUR pro (m) oder Einheit</b>	
<b>Basistelleneinrichtung, Baustellensicherung</b> bei Tiefbau bis EUR 500,-	79,20 St. -
<b>Kabellegung mit Kabelgraben</b> ohne Oberfläche	34,50 m -
(Graben herstellen, Kabel legen und einsanden, Aushub lagenweise verdichten, Oberfläche wiederherstellen)	
mit Standardoberfläche 1"	50,10 46 m 2.254,50
mit Rad-Gehwegesphal	148,70 m -
mit Straßensphal bis 22cm	290,40 m -
<b>Kabellegung ohne Kabelgraben</b>	
Röhre liefern, legen und Kabel einziehen	10,25 m -
in vorhandene Röhre einziehen	4,70 m -
anschnellen oder auf Kabelbahn legen	16,20 1 m 16,20
ohne Oberfläche	92,00 St. -
mit Standardoberfläche 1"	158,50 1 St. 158,50
mit Rad-Gehwegesphal	419,20 St. -
mit Rad-Gehwegesphal	155,90 1 St. 155,90
<b>Verbindungsmuffe herstellen</b>	
Mauerdurchbruch herstellen u. Abdichtung einbauen	70,80 St. -
Kernbohrung herstellen und Abdichtung einbauen (bis 40cm Wandstärke)	185,00 St. -
Abdichtung der Hausanschlusseinführung in vorhandene Röhre einbauen	26,80 St. -
Straßenquerung (bis 110mm Durchmesser, ohne Aufgrabung)	89,40 m -
Zuschlag für Straßensphal je cm	13,00 m -
Stundensatz für Mehrarbeit	48,50 Std. -
EV für OB herstellen inkl. Material	1,00 EUR -
<b>Material</b>	171,70 St. -

<b>Kabel</b>			
10mm <sup>2</sup>	2,36	m	-
35mm <sup>2</sup>	3,60	46 m	165,60
95mm <sup>2</sup>	7,40	m	-
150mm <sup>2</sup>	13,00	m	-
<b>Abzweig- oder Verbindungsmuffe</b>	104,80	St.	104,80
<b>Abdichtmaterial</b>	89,40	St.	-
<b>Hausanschlusskasten Jordan oder KH00 inkl. Sicherungen</b>	61,30	St.	-
<b>Hausanschlusskasten KH1 inkl. Sicherungen</b>	178,90	St.	-
<b>Pauschalen für Kurzanschlüsse inkl. Material</b>			
<b>Neuanschluss/Verstärkung</b> pauschal bis 13m	1610,50	St.	-
<b>Kabel-länge</b> inkl. Kabelgraben, Montagegrube, Kabellegung	1840,60	St.	-
<b>Schaltarbeiten, Montage, ohne Demontage Altanschluss</b>	1994,00	St.	-
mit Rad-Gehwegesphal	610,90	St.	-
(Verteilerschrank, Netzstation, Freileitung)	904,90	St.	-
über 100A bei oberirdischem Anschluss**	1161,00	St.	-
bei unterirdischem Anschluss	685,10	St.	-
<b>Baustrom im Vorwege zum Neuanschluß</b>	1498,00	St.	-
<b>Kleinverbraucher</b> bis 5m Grabenlänge, Montagegrube inkl. Legung u. Montage (Telefonzelle usw)	997,00	St.	-
<b>Kleinverbraucher-Anschluss</b> demontieren und wieder anschließen	452,40	St.	-
<b>VS - Neu, bzw. VS - Tausch</b>	552,40	St.	-
<b>Ausweichen des Hausanschlusskastens KH1</b>	552,40	St.	-
<b>Summe netto EUR</b>		<b>3.852,50 EUR</b>	
<b>zuzüglich Umsatzsteuer 19%</b>		<b>731,98 EUR</b>	
<b>Summe brutto EUR</b>		<b>4.584,48 EUR</b>	

Abb. 60: Steckbrief, technischer Lageplan und Kostenschätzung für ein Standortbeispiel (ARGUS, SNH 2018)

Tab. 7: Bewertungsmatrix erhobener Standorte ab 2014 (eigene Darstellung)

<b>Standortbewertung</b>		
<b>Anbieterperspektive</b>	<b>20 %</b>	<b>Bewertung</b>
B1 geringer baulicher Aufwand	10 %	
B2 geringer elektronischer Aufwand	10 %	
<b>Nutzerperspektive</b>	<b>80 %</b>	<b>Bewertung</b>
C1 Beitrag zum Gesamtnetz	25 %	
C2 Wohn- und Gewerbedichte im Umfeld	10 %	
C3 Verknüpfung zum ÖPNV	10 %	
C4 Points of Interest im Umfeld	20 %	
C5 Erreichbarkeit, Erkennbarkeit, Zugänglichkeit	5 %	
C6 Parkdruck durch andere Fahrzeuge	10 %	
<b>Gesamtpunktzahl</b>		

Auf die Rückfrage, womit abgelehnte Standorte bzw. Sondernutzungsanträge begründet wurden, nannten die Interviewten fünf Faktoren, die in der Regel von einer weiteren Person bestätigt wurden. Besonders hervorzuheben gilt es die Netzanschlusskosten, welche bei einzelnen Standorten das wahlentscheidende Kriterium waren (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die Unterteilung der Kosten des elektrotechnischen Aufwands wurde bei der Standortbewertung in Klassen von maximal 2.000 bis über 10.000 Euro einsortiert. Vom zentralen Stromlieferanten wurden die tatsächlichen Netzanschlusskosten auf 5.000 bis 30.000-40.000 Euro beziffert (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Als weiterer Ablehnungsgrund wurden Bäume bzw. die zu erwartenden Wurzelschäden durch die Baumaßnahmen genannt. Handelt es sich um einen städtebaulich besonders sensiblen Bereich durch Ensembleschutz oder Bau- und Gartendenkmäler, ist auch mit Ablehnungen zu rechnen gewesen, da sich die Ladesäule optisch nicht in die nähere Umgebung einfügt und damit das Gesamtbild stören kann (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Der Flächen- und Nutzungsdruck im Straßenraum wurde ebenfalls aufgeführt. Zum Beispiel reichte bei einigen Standorten die Rest Gehwegbreite insbesondere vor U-Bahnhöfen nicht aus (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Des Weiteren wurden Standorte von den zuständigen Polizeikommissariaten ausgeschlagen. Erklärt wurde dies mit einem hohen Parkdruck (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Es sei aber auch spürbar gewesen, dass die persönliche Einstellung und Haltung gegenüber der Elektromobilität eine Rolle bei der Entscheidung Einzelner spielte (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Durch gesammelte Erfahrungen wurde von ARGUS eine Anleitung zur Positionierung der Ladesäulen angefertigt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die Ladesäule ist an der Stirn- oder Längsseite zwischen zwei Parkständen zu posi-

tionieren, die zur Orientierung und Auffindbarkeit möglichst am Anfang oder Ende einer Parkreihe liegen (vgl. BWVI, hySOLUTIONS, ARGUS o.J.: 2). Lagen, die Umwegfahrten erfordern, etwa im Einbahnstraßensystem, sollten vermieden werden. Es wurden keine neuen Parkplätze ausgewiesen oder neue Parkplatzgrößen definiert im Rahmen des Ladeinfrastrukturaufbaus (vgl. Interview ██████████, siehe Anhang II). Die EAR 05 (Empfehlungen für die Anlagen des ruhenden Verkehrs) und die ReStra (Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen) definieren die Grundmaße für Pkw-Parkstände. Bei der Längsaufstellung beträgt die Regelbreite 2,10 Meter und die -länge 5,20 Meter (ohne Markierung) bzw. 5,70 Meter (mit Markierung). Parkbuchten mit Schrägaufstellung haben in der Regelbauweise einen Aufstellwinkel von 60 gon, eine Regelbreite von 2,50 Meter und eine -tiefe von 4,55 Meter. Bei der Senkrechtaufstellung beträgt die Regelbreite 2,50 Meter und die -tiefe 4,35 Meter. Bei der Schräg- und Senkrechtaufstellung ist ein Überhangstreifen von 0,70 Metern vorzusehen, den es von Bebauung freizuhalten gilt. Parkstände in Längs- und Senkrechtaufstellung lassen eine direkte Verbindung zwischen den meist seitlich hinten angeordneten Ladesteckdosen an den Fahrzeugen und den Ladesäulen zu. Bei der Schrägaufstellung erscheint das rückwärts einparken im laufenden Verkehr schwierig und beim vorwärts einparken ist eine lange Kabelführung erforderlich. Die Ladesäule kann entweder auf dem Gehweg oder einer Nebenfläche mit Trennung durch ein Hochbord von den ladenden Fahrzeugen, zwischen zwei Parkständen mit einer sogenannten Nase oder ebenerdig auf Nebenflächen mit Anprallschutz positioniert werden (vgl. Abb. 61). Das Fundament einer AC-Ladesäule beträgt 0,5 x 0,5 Meter und einer DC-Ladesäule 0,75 x 0,5 Meter. Poller als Anprallschutz werden in einem Abstand von 0,25 Metern platziert. Die Nase, eine Art Hochbordinsel, ist etwa 1,45 Meter lang. Zu Radwegen ist ein Sicherheitsabstand von 0,25 bis 0,5 Metern einzuhalten. Die Restgehwegbreite darf 1,50 Meter nicht unterschreiten (vgl. BWVI, hySOLUTIONS, ARGUS o.J.: 2).



Abb. 61: Positionierung der Ladesäulen: auf dem Gehweg mit Hochbord, Nase, ebenerdig mit Anprallschutz (ARGUS o.J.)

### 3.5 Nutzer

Beim Masterplan Ladeinfrastruktur wurde eine Differenzierung nach sechs Nutzergruppen vorgenommen und ihr Fahr- und Ladeverhalten abgeschätzt. Auf die Frage, inwieweit sich diese Prognose bewahrheitet hätten und wer die Hauptnutzer von öffentlichen Ladestationen in Hamburg sind, konnten die Experten nur bedingt antworten. Der Stromnetz Hamburg ist bekannt, welcher Ladevorgang durch welche RFID-Kartennummer ausgelöst wird, sofern keine Direktbezahlmöglichkeiten genutzt werden. Der Karten-ID werden aber keine personenbezogenen Angaben wie Name, Adresse oder ähnliches zugeordnet. Lediglich dem EMP sei eine derartige Zuordnung gestattet (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Entsprechend ist eine Eingruppierung in Branchen auch nicht möglich. Es kann lediglich unterschieden werden zwischen einem Carsharing-Fahrzeug und allen anderen Fahrzeugen, worunter die Pkw von Privatpersonen und als Teil gewerblicher oder kommunaler Flotten fallen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Eine systematische Nutzerbefragung gab es in Hamburg nicht. Dies bestätigten mehrere Interviewpartner. Eine Studie zu den Nutzern des öffentlichen Ladenetzes sei geplant gewesen, wurde aufgrund fehlender Finanzierungsmittel aber nicht realisiert. Man sei bemüht gewesen in Foren mitzuschneiden, was Nutzer bewegt und dringende Anliegen oder Probleme sind. Außerdem habe es einen Austausch mit Vertretern verschiedener Nutzergruppen gegeben, um Ladebedarfe beim Projektstart abzuklären (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Von dem befragten SNH-Mitarbeiter wurde der Free-Floater SHARE NOW als größter User der öffentlichen Ladeinfrastruktur betitelt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Man wisse, dass die Carsharer aufgrund der längeren erlaubten Standzeiten vermehrt Normalladestationen anfahren. Innerhalb der zwei Stunden sei die Wahrscheinlichkeit einer Neuanmietung größer als bei Schnellladestationen, wo Elektroautos nur für die Dauer von einer Stunde abgestellt werden dürfen. Außerdem würden im Tagesverlauf wechselnde Hotspots auffallen. Die Flottenfahrzeuge würden morgens vornehmlich in den Innenstadtbereichen und abends eher in den Außenbereichen abgestellt werden. Beginnen Ladevorgänge mitten in der Nacht, sei davon auszugehen, dass es sich um Fahrzeuge der Carsharer handelt, die von externen Dienstleistern umgeparkt und angeschlossen werden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Weitere Angaben zum Anwendungsfall Carsharing folgen in Kapitel 3.8.

In der Metastudie *Anforderungen an das Stromnetz durch Elektromobilität in Hamburg* wurden Ladeprofile für das Jahr 2030 definiert. Für private Fahrzeuge wird angenommen, dass 85 Prozent der Ladevorgänge Zuhause, vornehmlich nachts, stattfinden.

Der Leistungsbedarf steigt ab 16 Uhr massiv an. Die 15 Prozent der Ladevorgänge an öffentlichen Ladesäulen finden hingegen tagsüber statt (vgl. Schulz 2016: 22). Bei Fahrzeugen gewerblicher und kommunaler Flotten wird angenommen, dass Fahrzeuge zu 70 Prozent nachts an Haussteckdosen, zu 15 Prozent tagsüber auf dem Betriebs- hof mit höheren Ladeleistungen und zu weiteren 15 Prozent tagsüber an öffentlichen Schnellladesäulen geladen werden. Der Leistungsbedarf ist um ein vielfaches höher im Vergleich zu den privaten Nutzern, die Spitzenlast tritt aber zu einem ähnlichen Zeitpunkt auf (vgl. ebd.: 23). Für die Nutzergruppe Carsharing wird eine durchweg bestehende Grundlast mit verstärktem Laden in der Mittagszeit und am Abend an öffentlichen Normalladestationen definiert (vgl. ebd.: 25). Es ist anzunehmen, dass das Ladeverhalten aktuell ähnlich, der Leistungsbedarf aber wesentlich niedriger ist im Vergleich zu den Zukunftsprognosen.

### 3.6 Betrieb

Nachdem bereits Rahmenbedingungen für den Betrieb von Ladeinfrastruktur aufgeführt und Zuständigkeiten benannt wurden, folgt an dieser Stelle die Auseinandersetzung mit praktischen Fragestellungen. Dabei geht es um die anfallenden Kosten, den Zeitpunkt der Inbetriebnahmen, Wartungszyklen und Ausfälle von Ladestationen.

#### Kosten

Die Kosten bei AC-Ladestationen wurden im Masterplan mit 5.600 Euro für die Hardware und weiteren 2.000 Euro für die Installation beziffert. Bei DC-Ladestationen wurden 24.600 Euro für die Hardware und weitere 4.000 Euro für die Installation aufgeführt. Eine Aufgliederung der Investitionskosten in die einzelnen Komponenten wie Ladeeinrichtung, Netzanschluss, Backendanschluss, Fundament/Erddararbeiten und Markierung der Stellfläche wird nicht vorgenommen und konnte nachträglich auch nicht eruiert werden. Die Betriebskosten im Zeitraum von 2014 bis zum ersten Halbjahr 2016 wurden auf knapp eine halbe Millionen Euro angesetzt (vgl. Hamburgische Bürgerschaft 2014: 24). Die Preise bewegen sich gegenwärtig auf einem ähnlichen Niveau. Die Investitionskosten wurden von einem Interviewpartner für Normalladeeinrichtungen auf 10.000 Euro und für Schnellladeeinrichtungen auf 25.000 bis 30.000 Euro geschätzt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Zu den Betriebskosten liegen keine aktuellen Zahlen vor. Bei AC-Ladestationen beliefen sich diese 2016 auf 1.500 Euro jährlich. Der Break-even-Point (dt. Gewinnschwelle) wurde auf Basis dieser Kosten auf 4,1 Ladevorgänge zur Deckung der laufenden Kosten und auf 9,6 Ladevorgänge zur Deckung der Gesamtkosten veranschlagt (vgl. Volk 2016: 25). Der Break-even-Point ist 2020 insgesamt noch nicht erreicht, einzelne Ladestationen würden sich aber bereits rentieren (vgl. Werwitzke 2021).

Welche Ladekosten für den Nutzer beim Laden am öffentlichen Netz in Hamburg ent-

stehen, hängt von der Bezahlart und der Preisgestaltung des EMPs, zu dem eine Vertragsbeziehung besteht, ab. Bei den Optionen Laden per SMS und Laden per App werden 2,01 Euro Direct Pay-Zuschlag + 0,31 Euro je Kilowattstunde veranschlagt. Verfügen Nutzer beispielsweise über eine RFID-Karte des Anbieters EnBW, so zahlen diese im Standardtarif 0,39 Euro je Kilowattstunde beim AC-Laden und 0,49 Euro je Kilowattstunde beim DC-Laden. Wer bei Plugsurfing registriert ist, zahlt für das AC-Laden 0,49 Euro je Kilowattstunde und für das DC-Laden 0,69 Euro je Kilowattstunde (vgl. GoingElectric 2021).

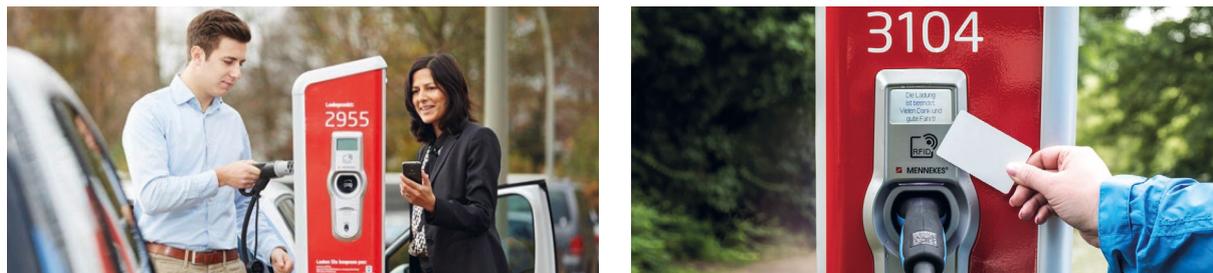


Abb. 62-63: Zugangs-/Bezahlformen: Direct Pay und per RFID-Karte (electrive.net 2016, 2018)

### **Aufbau und Inbetriebnahme**

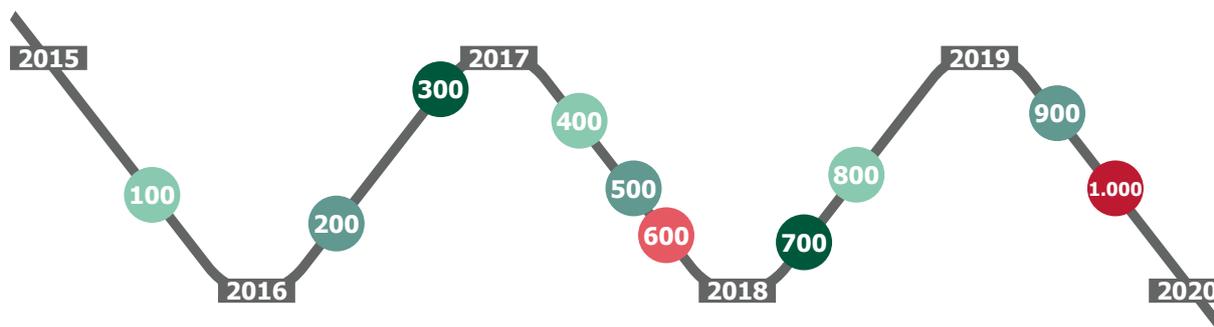
Zwischen dem 4. Quartal 2010 und dem 4. Quartal 2011 wurden 100 öffentliche Ladepunkte in Hamburg aufgebaut (Projekt *hh=more*). Dies geschah im Straßenraum oder auf P + R-Flächen. Die Installation haben jeweils zur Hälfte HAMBURG ENERGIE und Vattenfall Europe Innovation übernommen. Vattenfall Verkehrsanlagen wurde von den Eigentümern mit dem technischen Betrieb beauftragt. Zu diesem Zeitpunkt waren außerdem 34 halböffentliche Ladepunkte in Betrieb, es folgten vier weitere bis zum 3. Quartal 2012 (vgl. Hamburgische Bürgerschaft 2014: 9f.). Bis 2015 gab es praktisch keinen Ausbau. Ein neues Marktmodell wurde im März 2015 etabliert (vgl. Börger 2016: 9). Die Zuständigkeitsverteilung wurde in Kapitel 3.3 skizziert.

Im Jahr 2015 wurden gemäß der vorliegenden Datenpakete 85 Standorte als Teil des öffentlichen Ladenetzes von der SNH in Betrieb genommen. Im nächsten Jahr reduzierte sich die Zahl neuer Inbetriebnahmen auf 63 Standorte. Am intensivsten war der Aufbau 2017 mit 168 neuen Standorten. 2018 wurden weitere 97 Standorte in Betrieb genommen und 2019 73 Standorte. Wie vielen Ladepunkten dies entspricht, kann der Abbildung 64 entnommen werden. Vergleicht man das Datum der Inbetriebnahme der 486 berücksichtigten Standorte zeigt sich, dass jeder fünfte Standort im Monat September (108 Standorte, 22,2 %) eröffnet wurde. An zweiter Stelle folgt der Monat August (65 Standorte, 13,4 %) und an dritter Stelle der Monat März (49 Standorte, 10,1 %). Auffällig ist, dass in vier von fünf Jahren jeweils im 3. Quartal die meisten Standorte in Betrieb genommen wurden. Insgesamt ist ein Ausbauswerpunkt jeweils in der zweiten Jahreshälfte während der Projektlaufzeit zu identifizieren (vgl. Tab. 8).

Tab. 8: Anzahl in Betrieb genommener Ladestationen nach Jahren und Quartalen (eigene Darstellung)

Jahr	Q1	Q2	Q3	Q4
2015	0	2	65	18
2016	8	18	24	13
2017	34	27	67	40
2018	30	20	20	27
2019	13	6	44	10

Abb. 64: Anzahl in Betrieb genommener Ladepunkte nach Jahren (eigene Darstellung)



Die Interviewpartner versuchten auf Nachfrage hin diesen Sachverhalt zu deuten. Da sie erstmalig auf diesen Tatbestand aufmerksam gemacht wurden, konnten nur Hypothesen aufgestellt werden. Begründbar wäre dies zum einen mit den langen Vorlaufzeiten im Rahmen der Standortprüfung. Von der Standortwahl, über die Beantragung, bis zur Genehmigung und Umsetzung verginge ein halbes bis ein ganzes Jahr. Gerade in einigen der sieben Hamburger Bezirke würde lange auf eine Standortgenehmigung gewartet werden (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Zum anderen sei witterungsbedingt keine ganzjährige Installation möglich. Von November bis März, genauer gesagt bei Temperaturen unter fünf Grad Celsius sowie Frost, werden keine Tiefbau- und Kabelarbeiten durchgeführt (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). In den Sommermonaten während der Schulferien könnte es zu einem weiteren Einbruch aufgrund personeller Ressourcen kommen. So entstehe ein Ausbauswerpunkt im Zeitraum nach den Sommerferien bis November (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Außerdem wurde der Verdacht geäußert, dass es an Wartezeiten bei der Auslieferung der Hardware oder einer Bündelung von Aufträgen durch die Subunternehmer liegen könnte (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Der bisherige Ausbau, mit dem Masterplan Ladeinfrastruktur in Verbindung stehend, lässt sich in zwei Phasen gliedern. Mit den ersten rund 600 Ladepunkten sollte ein annähernd flächendeckendes Ladenetzwerk zur Grundversorgung auf Basis wahrscheinlicher räumlicher Nachfrageschwerpunkte geschaffen werden. Die Installation weiterer

400 Ladepunkte in der nächsten Phase diene einer Nachverdichtung (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die Zielzahl von insgesamt 1.000 öffentlichen Ladepunkten lässt sich nicht durch den Fahrzeughochlauf oder tatsächliche Entwicklungen zum damaligen Zeitpunkt begründen. Die Ladebedarfe hätten keine so hohe Zielmarke erfordert. Im Vordergrund stand letztendlich die Erfüllung eines politischen Ziels (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

### **Wartung und Ausfall**

Die Ladesäulen werden alle sechs Monate von HHVA gewartet. Die Ladesäulen sind in dem Zeitraum von etwa 45 Minuten nicht für Nutzer anfahrbar. Eine größere Wartung mit Überprüfung aller wichtigen Komponenten wird alle zwei Jahre durchgeführt und nimmt bis zu zweieinhalb Stunden in Anspruch. Kommt es zu Störungen im Regelbetrieb werden diese nach der Störungsmeldung innerhalb von vier bis sechs Stunden bearbeitet. Störungsmeldungen werden rund um die Uhr angenommen. Aktuell nicht nutzbare Ladesäulen werden den Nutzern über die App und die dynamische Standortkarte auch als solche angezeigt. Neben den temporären Ausfällen während der Wartung und Reparaturmaßnahmen kann auch ein fortwährender Ausfall durch Baustellen und damit die nicht gewährte Anfahrbarkeit hinzukommen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Den für die Arbeit genutzten Datensätzen kann außerdem entnommen werden, dass es durch ein Repowering, das heißt einen Ersatz durch modernere und leistungsfähigere Anlagen, zu zeitlich begrenzten Ausfällen kommt. An mindestens zwölf Standorten im Stadtgebiet ist dies der Fall. Die jeweiligen Ladestandorte waren für Nutzer für die Dauer von knapp einem Monat (z.B. Traberweg 2) bis zu fünf Monate nicht erreichbar (z.B. Englische Planke 16).

Laut drei Interviewpartnern ist die Schnellladeinfrastruktur störungsanfälliger als die Normalladeinfrastruktur. Begründet wurde dies zum einen mit der jungen Technologie und einem entsprechend noch nicht ausgereiften Prozess, zum anderen mit der höheren Komplexität und Anforderungen hinsichtlich der verbauten Komponenten. Es hätte mehr „Kinderkrankheiten“ zu überwinden gegeben. Nichtsdestotrotz sei die Ladeinfrastruktur zuverlässig und man mit dem Betrieb zufrieden (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Außerdem sei die zeitlich begrenzte Nichtverfügbarkeit verschmerzbar, da man sich freiwillig für eine Erweiterung der Schnellladeinfrastruktur um einen AC-Ladepunkt entschieden hätte (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Im Rahmen der Datenauswertung wurde unter Nutzung der einzeln aufgeführten Ladevorgänge im Rohdatensatz des Ladesäulenbetreibers und der Übersicht der monatli-

chen und jährlichen Ladevorgänge die Folgerung gezogen, dass mindestens fünf Ladestationen 2019 abgeschaltet wurden. Über mehrere Monate hinweg wurde an diesen kein Ladevorgang verzeichnet, außerdem sind diese Standorte über das Geoportal Hamburg unter dem entsprechenden Layer nicht auffindbar. Bei den Standorten am Gertrudenkirchhof 10 und Sand 13 befinden sich im Umkreis von 300 Metern drei bzw. fünf weitere Ladestationen. Die Hypothese wurde formuliert, dass eine zu starke Überschneidung der Einzugsbereiche vorlag. Bei dem Standort in der Flora-Neumann-Straße 3 besteht eine alternative Lademöglichkeit in 330 Meter Entfernung. Längere Distanzen von 390 Metern bzw. 625 Metern müssten Elektrofahrer in Kauf nehmen, die zuvor die Standorte am Maienweg 132 und Im Grünen Grunde 1c angesteuert haben. Die Zahl der jährlichen Ladevorgänge liegt bei allen aufgeführten Ladestationen über dem Mittelwert des jeweiligen Jahres. Eine geringe Nutzung wurde daher nicht verantwortlich gemacht für eine Abschaltung. Außerdem finden sich Ladestationen in den Datensätzen, wo zwar gestartete Ladevorgänge, beispielsweise bei der Schwarze Straße 11 und dem Ausschläger Weg 100, verbucht wurden, allerdings diese alle auf den Service von Hamburg Verkehrsanlagen und nicht auf gewöhnliche Elektrofahrer entfallen. Im weiteren Arbeitsverlauf stellte sich jedoch durch den Abgleich mit der dynamischen Standortkarte heraus, dass diese Ladestandorte lediglich temporär nicht zur Verfügung standen (vgl. Abb. 65). Auf der Standortkarte auf dem Geoportal Hamburg waren sie auch nach der Wiederfreigabe für Nutzer weiterhin nicht aufgeführt (Stand 29.03.2021) (vgl. Abb. 66). Auf diesen Umstand wird in 4.4 nochmals Bezug genommen.

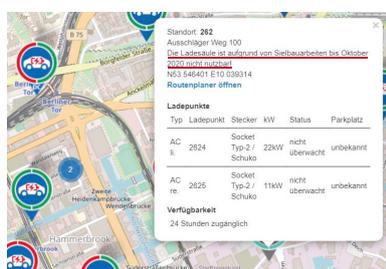


Abb. 65: Ladesäule aktuell nicht nutzbar (eigene Bildschirmaufnahme von E-Charging Hamburg 2021)

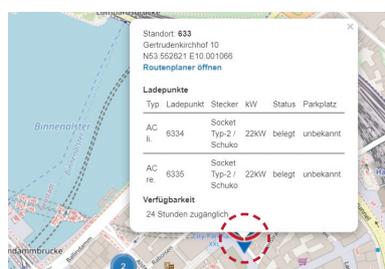
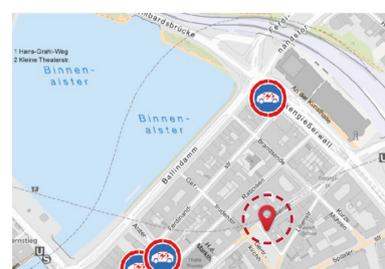


Abb. 66: Unterschiedliche Standortangaben auf verschiedenen Kartendiensten (eigene Bildschirmaufnahmen von E-Charging Hamburg 2021 und Geoportal Hamburg 2021)



### 3.7 Auslastung

Der Leitfaden enthielt für die Experten einige Fragen zur Auslastung. Auf Fragen zu Durchschnittswerten, wie etwa der durchschnittlichen Anzahl jährlicher Ladevorgänge je Ladestation oder der durchschnittlichen verladenen Energiemenge, konnten die Experten nicht antworten. Anders sah es bei der Performance der Standorte aus, hierzu wurden Aussagen mit dem gleichen Inhalt getätigt. Neben den innenstadtnahen Standorten würden auch dezentrale Standorte teils intensiv genutzt werden und hätten damit die Erwartungen übertroffen. Als konkrete Beispiele wurden Wandsbek und

Rahlstedt genannt (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Jede Ladesäule habe ihre eigene „DNA“, pauschalisierte Erklärungen seien daher nicht möglich und es müsste einzelfallbezogen die Ursache analysiert werden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Zwei bis vier Stammkunden, die regelmäßig an denselben Ladestationen im Wohnumfeld laden, sind ein erster Erklärungsansatz für die hohe Auslastung an Standorten, an welchen von einer geringeren Nachfrage aufgrund der peripheren Lage ausgegangen wurde (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Gleichzeitig könne die Auslastung niedriger als erwartet an Standorten sein, wenn die Ladeplätze durch widerrechtlich parkende Fahrzeuge belegt sind und entsprechend keine Ladevorgänge gestartet werden würden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Außerdem hätten die Auslastungszahlen in der Vergangenheit bestimmte Transformationsprozesse abgebildet. Wenn sich Unternehmen mit großen Flotten Elektroautos zulegen und die dafür benötigten Lademöglichkeiten noch nicht zur Verfügung stehen, würden sich neue temporäre Hotspots im öffentlichen Ladenetz herausbilden. Auch durch den ehemaligen Ridesharing-Dienst CleverShuttle, mit Elektro- und Wasserstoffautos betrieben, oder das Projekt e-Quartier hätten sich lokale Nachfrageschwerpunkte für bestimmte Zeiträume geformt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). In manchen Fällen würden auch keine Erklärungsansätze für die Performance gefunden werden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Weiterhin wurde die Information übermittelt, dass DC-Ladestationen im Vergleich zu AC-Ladestationen übermäßig stark genutzt werden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). An den Ladeinfrastrukturbetreiber wurde die Frage gerichtet, mit welchen Faktoren die Auslastung korreliert. Diese Frage habe man sich nicht gestellt, Auswertungen dieser Art würden nicht vorliegen. Auch Rückschlüsse auf die durch ARGUS aufgestellten Scoring-Werte werden nicht gezogen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Ob sich diese Interviewaussagen belegen lassen, zeigt die folgende Auswertung der Events, Belegungszeit und abgegebenen Energiemenge. Hierbei finden beide Datenpakete Anwendung. Bei der Vorstellung der Ladestationen mit der jeweils stärksten oder schwächsten Performance je Kategorie für das Jahr 2019 werden nur diejenigen betrachtet, die seit mindestens 2017 bzw. länger als ein Jahr in Betrieb sind.

### **3.7.1 Anzahl Ladevorgänge**

Im Jahr 2017 wurden insgesamt 75.813 Ladevorgänge verzeichnet. Der Mittelwert lag bei 241 Ladevorgängen je Ladestandort. Die Zahl verdoppelte sich innerhalb des nächsten Jahres auf 151.286 Ladevorgänge. Der Mittelwert lag 2018 bei 367 Ladevorgängen je Ladestandort. 2019 wurden 242.662 Ladevorgänge gestartet, was immer noch einer Erhöhung um 60,4 Prozent im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Der Mittelwert lag bei 500 Ladevorgängen je Ladestandort. Damit wurden in dem berücksichtigten

Zeitraum knapp eine halbe Millionen Ladevorgänge an den öffentlichen Ladestationen in Hamburg erreicht. Für 2020 wurde kurz vor Abschluss des Jahres geschätzt, dass die Zahl der Ladevorgänge bei über 300.000 liegt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Einer Präsentation von hySOLUTIONS ist zu entnehmen, dass die Zahl der Ladevorgänge für 2020 mit 312.200 noch etwas über den im Interview genannten Prognosen lag (vgl. Werwitzke 2021). Die moderatere Erhöhung (28,7 Prozent) lässt sich mit dem stark von der Corona-Pandemie beeinflussten Mobilitätsverhalten begründen. Nichtsdestotrotz konnte die Zahl der Ladevorgänge kontinuierlich gesteigert werden.

2017 entfiel die geringste Zahl der Ladevorgänge auf den Monat Januar mit 4.341 und die höchste auf den Monat Dezember mit 10.275. Demnach konnte die Zahl von Jahresanfang bis Jahresende mehr als verdoppelt werden. Ein beständiger Anstieg ist im Jahresverlauf zu verzeichnen mit einem stärkeren Aufschwung ab dem Monat Mai. Im Mittel gab es monatlich 28 Ladevorgänge pro aktivem Ladestandort. Die wenigsten Ladevorgänge 2018 wurden mit 10.533 im Mai und die meisten mit 16.339 im November gestartet. In den Sommermonaten ist ein Abschwung zu verzeichnen. Die Zahl der Ladevorgänge liegt monatlich konstant über 10.000, wobei am Jahresende das Niveau höher ist als zu Jahresbeginn. Im Mittel gab es monatlich 35 Ladevorgänge an den zum damaligen Zeitpunkt betriebenen Ladestationen. 2019 wurden die wenigsten Ladevorgänge mit 15.625 im Februar und die meisten mit 26.852 im Dezember verbucht. Im August 2019 wurden erstmals über 20.000 monatliche Ladevorgänge erreicht. Zwar ist auch hier ein kontinuierlicher Anstieg im Jahresverlauf erfolgt, allerdings mit leichten

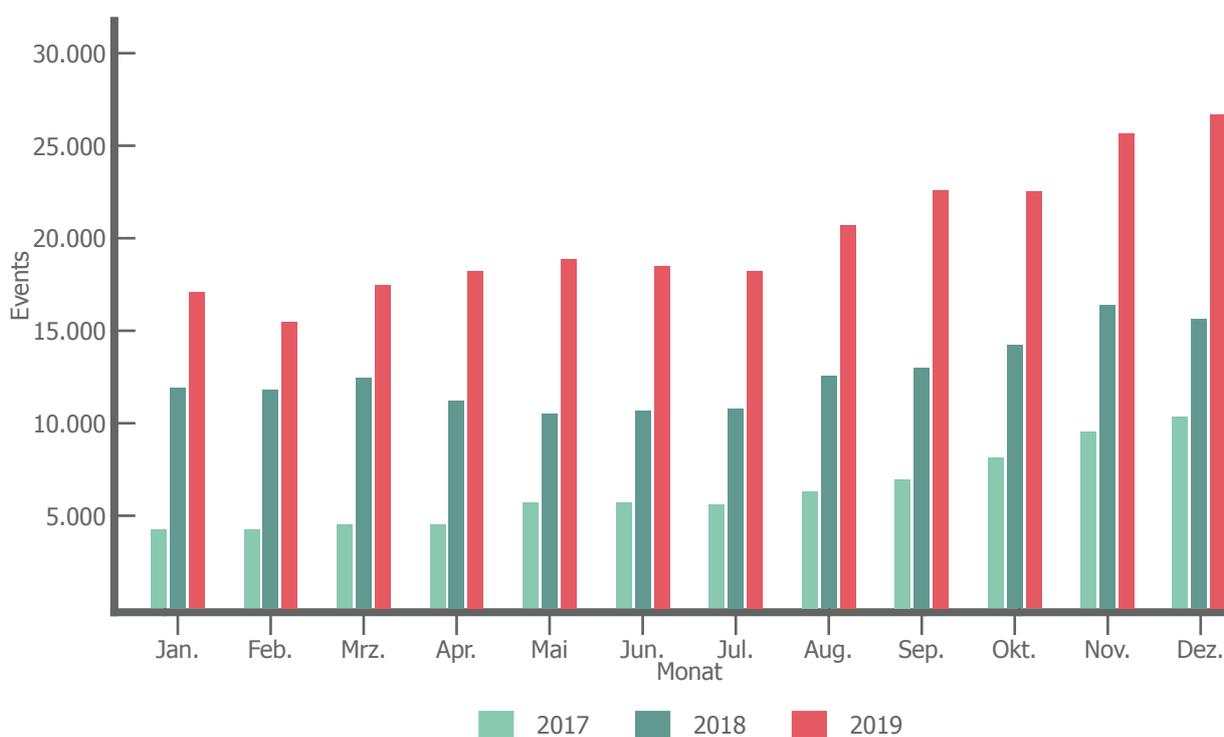


Abb. 67: Gestartete Ladevorgänge an öffentlichen Ladestationen in Hamburg 2017-2019 (eigene Darstellung)

Schwankungen. Das Balkendiagramm für dieses Jahr entspricht einer Mischung der beiden Vorjahre. Im Mittel gab es monatlich 46 Ladevorgänge pro aktivem Ladestandort. Durch die Gegenüberstellung der Bezugsjahre lässt sich folgender Trend ablesen: In den Wintermonaten am Jahresende erhöht sich die Zahl der Ladevorgänge gegenüber dem 1. Halbjahr (vgl. Abb. 67).

Für das Jahr 2020 kann die Jahresentwicklung anhand eines veröffentlichten Diagramms, erstellt von hySOLUTIONS, abgelesen werden. Die wenigsten Ladevorgänge wurden demnach im April mit unter 15.000 und die meisten im Dezember mit 37.300 verzeichnet. Während in den ersten beiden Monaten des Jahres noch +25.000 Ladevorgänge gezählt wurden, gab es im März einen Einbruch. Nach dem Tief im April gab es ein konstantes monatliches Wachstum (vgl. Werwitzke 2021). Der sich in den Vorjahren herauskristallisierende Trend wurde damit erneut bestätigt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Entwicklung 2020 stark von externen Faktoren, zurückzuführen auf die Corona-Pandemie, beeinflusst wurde.

Die zehn Ladestationen mit den meisten Ladevorgängen 2017 konnten 799 (Henrietenstraße 77) bis 1.249 (Kattrepel 20) Elektroautos versorgen. Jeder achte gestartete Ladevorgang im öffentlichen Ladenetz wurde an diesen zehn Ladestationen verzeichnet. Bis auf einen Standort wurden diese bereits 2015 in Betrieb genommen und sind mit AC-Ladeinfrastruktur ausgestattet. Die Hälfte der Standorte befindet sich im Innenstadtbereich (z.B. Altstädter Straße 2 oder am Hachmannplatz 1). Die restlichen lassen sich in urbanen Quartieren wie dem Schanzenviertel (z.B. Lagerstraße 32) und der Osterstraße oder in unmittelbarer Nähe zu U-Bahn-Stationen und Points of Interest lokalisieren (z.B. Wandsbeker Königstraße 11). 2018 wurde jedes elfte Elektrofahrzeug an einer der zehn Ladestationen mit der höchsten Zahl an Ladevorgängen geladen. Konkret wurden 1.148 (Hachmannplatz 1) bis 1.675 Events (Luruper Hauptstraße 138) dort verbucht. Sechs von zehn Standorten waren bereits im Vorjahr in den Top Ten vertreten. Auch hier wurde der Großteil der Standorte bereits in einem frühen Stadium umgesetzt. Drei wurden jedoch erst im Vorjahr installiert und konnten in kurzer Zeit viele Nutzer gewinnen. Erneut ist eine Konzentration im Hamburger Stadtkern feststellbar (z.B. Alter Fischmarkt 11 oder Theodor-Heuss-Platz 7). Die restlichen drei Hotspots bilden sich am Flughafen (Flughafenstraße 1), einem Einkaufszentrum im Nordwesten (Luruper Hauptstraße 138) und einer Einkaufsstraße im Osten (Wandsbeker Königstraße 11). Im Jahr 2019 haben an den Ladestationen mit den meisten Ladevorgängen zwischen 1.464 (Am Kaiserkai 53) und 3.199 Elektroautos geladen (Große Bergstraße 262) (vgl. Tab. 9). Sechs der Standorte sind dem Bezirk Hamburg-Mitte zugehörig und jeweils zwei den Bezirken Hamburg-Nord und Altona. Die Hälfte der Standorte verfügt über DC-Ladesäulen, die 2017 installiert wurden. Zu diesen zehn beliebten Standorten gehören welche, die auch in den vorherigen Jahren stark nachgefragt wurden (z.B. Osakaallee 6) sowie sich schlagartig herausbildende „Boomer“, wo insbesondere der

Tab. 9: Höchste Anzahl an Ladevorgängen 2019 (eigene Darstellung)

Ladestation	Events
Große Bergstraße 262	3.199
Flughafenstraße 1	2.783
Luruper Hauptstraße 138	2.737
Flughafenstraße 1	2.533
Beim Grünen Jäger 8	1.949
Alter Fischmarkt 11	1.921
Osakaallee 6	1.897
Kattrepel 20	1.637
Große Bäckerstraße 8	1.539
Am Kaiserkai 53	1.464

Tab. 10: Niedrigste Anzahl an Ladevorgängen 2019 (eigene Darstellung)

Ladestation	Events
Walter-Rudolphi-Weg 16	91
Jütländer Allee 47	90
Havighorster Weg 2	72
Reinbeker Redder 283	70
Kurt-A.-Körber-Chaussee 35	69
Katenweide 1	68
Wallgraben 46	65
Lohbrügger Landstraße 73a	61
Holtenklinker Straße 137	48
Margit-Zinke-Straße 32	34
Ausschläger Weg 100, Schwarze Straße 11, Im Grünen Grunde 1c, Erik-Blumenfeld-Platz 9	0 oder nur durch HHVA gestartet

Standort Große Bergstraße 262 zu nennen ist. Die Lokalisierung unterstreicht die zuvor herausgearbeiteten Schwerpunkte. Standorte im Innenstadtbereich, Einkaufsstraßen, an Verkehrsknoten und mit vielen POIs, etwa durch Gastronomie und Einzelhandel, werden häufig von Elektroautos zum Laden aufgesucht. Bei den zehn Ladestationen mit den wenigsten verzeichneten Ladevorgängen 2019, nämlich unter 100, handelt es sich wiederum um Standorte, die über den gesamten berücksichtigten Zeitraum kaum nachgefragt wurden. Dabei gibt es sowohl Ladestationen mit Zunahme der Events (z.B. Havighorster Weg 2) als auch mit einer Abnahme (z.B. Wallgraben 46). Sieben der zehn Standorte befinden sich im Bezirk Bergedorf (vgl. Tab. 10).

Bei der Entflechtung der jährlichen Ladevorgänge in Bezug auf die Art der Ladeeinrichtung zeigt sich, dass zwar absolut gesehen mehr Normalladestationen genutzt werden, sich aber prozentual die Anteilsverhältnisse bei den Schnellladestationen im Vergleich zur Gesamtzahl der Standorte schrittweise erhöhen. So entfielen 2017 14,3 Prozent der Ladevorgänge auf DC-Ladestationen, 2018 bereits 17,3 Prozent und 2019 19,8 Prozent. Entsprechend reduzierte sich der Anteil der an AC-Ladestationen gestarteten Ladevorgänge im gleichen Zeitraum von 85,7 Prozent, über 82,7 Prozent auf schließlich 80,2 Prozent. Demnach ist die Nachfrage an Schnellladestationen größer. Dies bestätigt auch eine durch hySOLUTIONS vorgenommene Auswertung für 2020, wo erneut leicht überproportional mit Gleichstrom geladen wurde (vgl. Werwitzke 2021).

Setzt man die Summe der verbuchten Ladevorgänge 2019 ins Verhältnis zur Anzahl der installierten 1.038 öffentlichen Ladepunkte, so ergibt sich die Belegungszahl von 0,64 E-Fahrzeugen pro Tag pro Ladepunkt. Bezogen auf die Anzahl der 486 Ladestationen

ergibt sich die Belegungszahl von 1,36 Fahrzeugen pro Tag pro Ladesäule. Ein Blick auf die einzelnen Standorte offenbart, wie heterogen die Situation ist. So gibt es auf der einen Seite Standorte mit täglich 20 geladenen Fahrzeugen pro Ladesäule (z.B. Große Bergstraße 262 oder Flughafenstraße 1) und auf der anderen Seite Standorte, die teilweise über einen Monat von keinem einzigen Elektroauto angesteuert werden (z.B. Holtenklinker Straße 137 oder Margit-Zinke-Straße 32).

Die standortbezogene Anzahl der Ladevorgänge liegt für 2020 nicht vor. Es ist lediglich bekannt, dass die am häufigsten genutzte Ladestation durchschnittlich 8,4 Ladevorgänge pro Tag aufweist und sich in einem Subzentrum in einem Hamburger Außenbezirk befindet (vgl. Werwitzke 2021).

### **3.7.2 Verbindungsdauer**

In Summe waren die Ladesäulen 2017 196.803 Stunden belegt. Im Durchschnitt waren die Ladesäulen 630 Stunden im Jahr belegt, was 26 Tagen entspricht. Pro Tag lag die durchschnittliche Belegungszeit also bei einer Stunde und 43 Minuten. Bei den zehn Ladestationen mit der längsten Verbindungsdauer 2017, zwischen 2.293 (Pappelallee 41) und 3.760 Stunden (Bebelallee 1), bewegt sich der Mittelwert in einer Spanne von drei Stunden (Osakaallee 6) und sieben Stunden (Bebelallee 1). Im nächsten Jahr waren die Ladesäulen insgesamt für 524.215 Stunden in Gebrauch. Der Durchschnitt pro Standort lag bei 1.272 Stunden, was 53 Tagen entspricht. Pro Tag wurde ein Standort für die durchschnittliche Dauer von drei Stunden und 29 Minuten zum Laden genutzt. Die zehn Standorte mit der längsten Verbindungsdauer 2018 waren in 365 Tagen für insgesamt 4.225 Stunden (Heinrich-Barth-Straße 18) bis 5.163 Stunden (Maienweg 132) bzw. im Mittel für vier Stunden (Henriettenstraße 77) bis acht Stunden (Fährhausstraße 27) belegt. 2019 wurden die Ladesäulen in Summe für 825.975 Stunden durch Elektrofahrzeuge zum Laden aufgesucht. Im Durchschnitt hatten die verzeichneten jährlichen Ladevorgänge je Standort eine Dauer von 1.703 Stunden, was einer Belegung über zwei Monate entspricht. Pro Tag und Standort lag die durchschnittliche Belegungszeit bei vier Stunden und 39 Minuten. Die Ladestationen waren also nur etwa ein Fünftel des Tages in Nutzung. Bei den AC-Ladevorgängen ist der Tagesdurchschnitt mit fünf Stunden und 10 Minuten wesentlich höher als bei den DC-Ladevorgängen mit einer Stunde und 22 Minuten. Fahrzeuge des e-Carsharings blockierten im Durchschnitt für fünf Stunden einen Ladepunkt zum Laden, während der Durchschnitt bei Nicht-Carsharing-Fahrzeugen für 2019 bei nur drei Stunden lag. Eine weitere Unterscheidung nach BEV und PHEV ist nicht möglich. Auch hier wurden die zehn Ladestationen mit der stärksten und schwächsten Performance betrachtet. Die Spanne bei den Standorten mit der längsten Verbindungsdauer liegt bei einer jährlichen Belegung von 5.351 (Schleidenstraße 6) bis 6.484 Stunden (Papenhuder Straße 33) bzw. einem Mittelwert pro Ladevorgang von drei Stunden und zwölf Minuten (Osakaallee 6) bis sieben Stunden und 17 Minuten (Papenhuder Straße 33)

Tab. 11: Längste Verbindungsdauer 2019 (eigene Darstellung)

Ladestation	Verbindungsdauer hh:mm:ss	Mittelwert hh:mm:ss
Papenhuder Straße 33	6484:30:09	07:17:09
Warnstedtstraße 10	6114:17:22	05:19:17
Osakaallee 6	6094:16:05	03:12:39
Hegestraße 80	6005:42:33	06:42:37
Röntgenstraße 47	5993:43:26	06:15:47
Grindelhof 58	5906:58:11	04:13:09
Alsterdorfer Straße 261	5743:08:29	05:03:44
Jungfrauenthal 8	5610:56:40	05:10:51
Fährhausstraße 27	5465:00:56	07:03:39
Schleidenstraße 6	5351:04:27	07:03:34

(vgl. Tab. 11). Dies liegt in allen Fällen über der erlaubten Standzeit gemäß der Hinweisschilder an den Ladeplätzen. Sechs der zehn Standorte befinden sich im Bezirk Hamburg-Nord, drei weitere im Bezirk Eimsbüttel. Die räumliche Analyse zeigt, dass diese Standorte sich entweder in dicht bebauten Wohnquartieren mit Points of Interest befinden (z.B. Grindelhof 58 oder Jungfrauenthal 8), die Flächen als Mischgebiet ausgewiesen sind und viele Büros sich dort niedergelassen haben (z.B. Osakaallee 6) oder Gewerbegebiete bzw. -parks in unmittelbarer Nähe sind (z.B. Alsterdorfer Straße 261 oder Röntgenstraße 47). Zudem wird anhand der Zuordnung der EMA-ID und Carsharing ja/nein bei dem Datensatz mit den einzeln verbuchten Ladevorgängen deutlich, dass diese Ladestandorte beliebt bei gewerblich genutzten Fahrzeugen (Angaben zur VAT-Nummer = Umsatzsteuer-ID enthalten) sowie Carsharing-Nutzern sind. Daraus lässt sich ableiten, dass lange Verbindungszeiten an den Ladestationen durch die Lage am Wohn- oder Arbeitsort entstehen können. Darüber hinaus wurden auch die zehn Standorte, die die kürzesten Belegungszeiten hatten, näher beleuchtet. Die Spanne bei diesen liegt bei einer jährlichen Belegung von nur 23 (Winsener Straße 36) bis 137 Stunden (Marienthaler Straße 1) bzw. einem Mittelwert pro Ladevorgang von 27 Minuten (Marienthaler Straße 1) bis drei Stunden und 22 Minuten (Margit-Zinke-Straße 32) (vgl. Tab. 12). In sieben von zehn Fällen konnte eine jährliche Steigerung an den Ladestationen erreicht werden. In den anderen drei Fällen war die Verbindungsdauer 2018 höher als im Jahr 2019. Die Hälfte dieser Standorte sind mit Schnellladestationen ausgestattet, an welchen die Abstellzeit nicht eine Stunde übersteigen darf. Dies scheinen die Nutzer also größtenteils zu befolgen. Mit vier von zehn Standorten befinden sich die meisten im Bezirk Bergedorf, drei weitere liegen im Bezirk Hamburg-Mitte. Mit acht von zehn Standorten wird die Mehrheit der Ladestationen kaum bis gar nicht von e-Carsharing-Fahrzeugen angesteuert. Die Standorte lassen sich lokalisieren in der Nähe von Krankenhäusern (z.B. Veringstraße 173 am Wilhelmsburger Krankenhaus Groß-Sand), an Seen oder Grünflächen bzw. Freizeitorten (z.B. Winsener Straße

36 am Harburger Stadtpark) sowie an Supermärkten (z.B. Christoph-Probst-Weg 28 bei Aldi und Edeka). Dabei handelt es sich um Orte mit kürzeren Verweildauern, da sie lediglich für einen Besuch, Spaziergang oder zum Einkaufen aufgesucht werden.

Tab. 12: Niedrigste Verbindungsdauer 2019 (eigene Darstellung)

Ladestation	Verbindungsdauer hh:mm:ss	Mittelwert hh:mm:ss
Marienthaler Straße 1	137:24:09	00:27:00
Jenfelder Allee 80	129:34:19	00:57:10
Lohbrügger Landstraße 73a	127:45:54	02:13:31
Christoph-Probst-Weg 28	126:15:42	00:49:50
Margit-Zinke-Straße 32	114:36:03	03:22:14
Manshardtstraße 177	101:45:29	00:51:41
Veringstraße 173	96:14:37	00:39:33
Reinbeker Redder 283	92:26:34	01:19:14
Havighorster Weg 2	88:05:38	01:13:25
Winsener Straße 36	23:03:36	00:41:13
Ausschläger Weg 100, Schwarze Straße 11, Im Grünen Grunde 1c, Erik-Blumenfeld-Platz 9	0 oder nur durch HHVA gestartet	-

### 3.7.3 Abgegebene Energiemenge

Der Energieverbrauch im öffentlichen Ladenetz lag 2017 bei 487 Megawattstunden. Im Jahresdurchschnitt wurden 1,5 Megawattstunden Strom je Standort verbraucht. An den zehn Ladestationen mit der meisten abgegebenen Energie an Elektroautos wurden 5,2 (Hachmannplatz 1) bis 8,1 Megawattstunden (Osakaallee 6) gezählt. Neun von zehn Standorten wurden 2015 in Betrieb genommen, acht von zehn sind mit Normalladeinfrastruktur ausgestattet. 2018 lag der Energieverbrauch bei knapp 1.500 Megawattstunden. Der Jahresdurchschnitt pro aktivem Ladestandort lag bei 3,6 Megawattstunden. Die Spanne bei den zehn Standorten mit der größten Energieabgabe liegt zwischen 11,1 (Am Kaiserkai 53) und 22,4 (Luruper Hauptstraße 138) Megawattstunden. An acht von zehn dieser Standorte wurden jeweils über 1.000 Ladevorgänge verzeichnet. Wie im Vorjahr auch wurde die Mehrzahl der Standorte bereits 2015 in Betrieb genommen und ist AC zuzuordnen. Im Jahr 2019 erhöhte sich der Energieverbrauch im öffentlichen Ladenetz auf 2.780 Megawattstunden. Durchschnittlich wurden 5,8 Megawattstunden Strom an einem Standort über das Jahr verbraucht. Auf den Tag heruntergerechnet entspricht dies pro Standort 15,8 Kilowattstunden. Unternimmt man eine Unterscheidung nach der Art der Ladeeinrichtung, so kann der Tagesdurchschnittswert für AC auf 14,6 Kilowattstunden und für DC auf 23,0 Kilowattstunden beziffert werden. An den zehn Ladestationen mit dem größten Energieverbrauch 2019 wurden 17,3 (Bornkampsweg 17) bis 39,3 Megawattstunden (Große Bergstraße 262) gezählt (vgl. Tab. 13).

Tab. 13: Höchste abgegebene Energiemenge 2019 (eigene Darstellung)

Ladestation	abgegebene Energie kWh
Große Bergstraße 262	39.329,27
Luruper Hauptstraße 138	29.327,25
Beim Grünen Jäger 8	27.785,29
Osakaallee 6	21.777,39
Alter Fischmarkt 11	20.334,29
Seilerstraße 16	18.839,77
Jungfrauenthal 8	18.327,38
Am Kaiserkai 53	17.742,21
Hachmannplatz 1	17.374,31
Bornkampsweg 17	17.267,47

Tab. 14: Niedrigste abgegebene Energiemenge 2019 (eigene Darstellung)

Ladestation	abgegebene Energie kWh
Jütländer Allee 47	783,26
Eiffestraße 450	759,56
Manshardtstraße 117	671,83
Lohbrügger Landstraße 73a	583,47
Walter-Rudolphi-Weg 16	556,10
Kattenweide 1	538,60
Margit-Zinke-Straße 32	398,20
Holtenklinker Straße 137	378,10
Reimbeker Redder 283	340,02
Havighorster Weg 2	286,24
Ausschläger Weg 100, Schwarze Straße 11, Im Grünen Grunde 1c, Erik-Blumenfeld-Platz 9	0

Sechs der Standorte waren auch im Vorjahr im Ranking vertreten, die drei Standorte Hachmannplatz 1, Jungfrauenthal 8 und Osakaallee 6 sogar konstant im Verlauf von 2017 bis 2019. Sechs der Standorte zählen auch zu denjenigen mit den meisten jährlichen Ladevorgängen. Die Betrachtung des stadträumlichen Umfelds zeigt, dass fast ausnahmslos eine hohe POI-Dichte vorliegt, unabhängig von der Art der baulichen Nutzung. Dies trifft auf Wohngebiete (z.B. Beim Grünen Jäger 8 oder Jungfrauenthal 8) als auch auf Kerngebiete (z.B. Seilerstraße 16 oder Hachmannplatz 1) zu. Die meisten der Standorte befinden sich im Bezirk Hamburg-Mitte. Drei von zehn sind mit Schnellladestationen ausgestattet. Die Standorte mit der geringsten abgegebenen Energiemenge 2019, nämlich unter 0,8 Megawattstunden, sind in der Regel als Reines Wohn- oder als Gewerbegebiet im Bebauungsplan ausgewiesen und befinden sich mit sechs von zehn Ladestationen größtenteils im Bezirk Bergedorf (vgl. Tab. 14). Die mittlere Last ist um 12 Uhr an der öffentlichen Ladeinfrastruktur am höchsten und um 08 Uhr am niedrigsten (vgl. VDE 2019: 16) (vgl. Abb. 68).

Durch ein Interview konnten für das Jahr 2020 eine durchschnittliche AC-Ladung von 13,3 Kilowattstunden und eine durchschnittliche DC-Ladung von 19,6 Kilowattstunden ausfindig gemacht werden (vgl. Interview ██████████, siehe Anhang II). Unbekannt bleiben der Gesamtenergieverbrauch und die je Ladestation verladene Energiemenge.

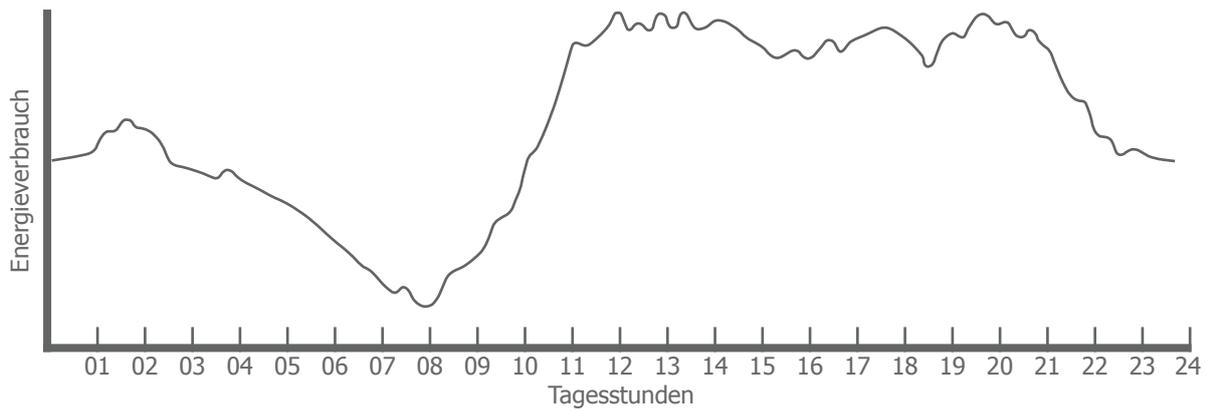


Abb. 68: Mittlere Last an der öffentlichen Ladeinfrastruktur (eigene Darstellung nach VDE 2019: 16)

Werden die Einzelergebnisse der Kapitel 3.7.1 bis 3.7.3 verknüpft, so lassen sich vier grundlegende Anwendungsfälle bestimmen: „Anhalten und Laden“ – kurze Gelegenheiten von unter einer Stunde werden zum Aufladen genutzt. „Parken und Laden“ – Orte, die länger besucht werden, werden für eine Dauer von bis zu acht Stunden zum Aufladen verwendet. „Wohnen und Laden“ – im Wohnumfeld wird das Fahrzeug für bis zu 24 Stunden an der Ladestation angeschlossen. „Carsharing-Fahrzeug abstellen und Laden“ – beim Erreichen des Zielortes wird beim e-Carsharing-Auto ein Ladevorgang gestartet, der mit der nächsten Anmietung beendet wird.

### 3.8 Anwendungsfall Carsharing

SHARE NOW, ein Joint Venture zwischen car2go und DriveNow, ist mit drei Millionen Kunden, 16 Standorten und rund 11.000 Fahrzeugen der europäische Marktführer im free-floating-Carsharing. Fahrzeuge können mit einigen Ausnahmen an jedem Ort innerhalb des Geschäftsgebiets stationsungebunden angemietet und wieder abgestellt werden. In vier Städten ist die Flotte vollelektrisch (z.B. in Stuttgart), in vier Städten teilelektrifiziert. In Hamburg hält der Anbieter 1.100 Fahrzeuge für seine über 290.000 Kunden bereit, davon sind 400 elektrisch betrieben (vgl. SHARE NOW 2021a: 1ff.). Dabei handelt es sich um die Modelle smart EQ fortwo und BMW i3, welche den Nutzer ab 19 Cent pro Minute kosten. Ladestationen werden den Nutzern im Autodisplay oder der SHARE NOW App angezeigt. Der Carsharer hat keine Liste, sondern eine Karte der Partnerladestationen veröffentlicht. Eine stichprobenartige Kontrolle ergab, dass diese identisch mit den öffentlichen Ladestationen sind. In Hamburg kooperiert der Carsharer mit dem Anbieter EnBW, der die Ladekarten bereitstellt. Im Interview mit SHARE NOW wurde geäußert, dass öffentliche Ladestationen jedoch zum Teil nicht nutzbar sind, was technische und operative Gründe habe. Ein Aufbau eigener Ladestationen wird als (vorerst) nicht notwendig angesehen und entsprechend auch nicht forciert (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Über einen Mechanismus werden Anreize zum Laden gesetzt. Wird das Elektroauto bei einem Batteriestand von weniger als 60 Prozent geladen, erhält der Nutzer fünf Euro auf sein Konto gutgeschrieben.

Dieses Guthaben kann innerhalb von 30 Tagen für alle Mieten verwendet werden (vgl. SHARE NOW 2021b). Ein ladendes Fahrzeug wird in der App erst wieder sichtbar, wenn ein Batteriestand von 80 Prozent erreicht ist. So ergeben sich Standzeiten an den Ladestationen, die von der Ladedauer und Nachfrage abhängig sind. SHARE NOW äußerte im Gespräch, dass seine Nutzer sich aus pragmatischen Gründen und fallbezogen für ein vollelektrisches Fahrzeug entscheiden würden. In der App werde geschaut, welches Auto am nächstgelegenen ist und dieses werde dann gewählt. Umweltbezogene Aspekte würden da keine Rolle spielen, Fahrspaß und Neugier seien relevanter (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Weitere Flex Carsharing-Anbieter in Hamburg sind SIXT share, WeShare und MILES mit kleineren Flotten im Vergleich zu SHARE NOW. Der Autovermietungskonzern SIXT bietet seit April 2019 auch Carsharing an. Die Flotte zählt in Hamburg 450 Fahrzeuge, davon 50 elektrisch betriebene. Der Renault Zoe und BMW i3 können ab neun Cent pro Minute angemietet werden. In der SIXT App werden den Nutzern die Partnerladestationen angezeigt. Wie im vorherigen Fall lässt der Abgleich der Ladekarte mit dem Ladenetz der SNH den Rückschluss zu, dass an den öffentlichen Ladestationen geladen wird. Auch hier werden die Nutzer für einen gestarteten Ladevorgang belohnt. Die Höhe des Gutscheins berechnet sich dabei anhand der Differenz des Ladestandes zu Mietbeginn und -ende, wobei immer mit einer Vollladung (100 %) gerechnet wird. Eine Differenz von zehn Prozent entspricht einem Euro. Eine Neuankündigung ist erst möglich, wenn das Fahrzeug vollständig geladen ist. Wenn ein Elektroauto von der Ladesäule auf die Straße gebracht wird, spart der Nutzer vier Cent pro Minute während seiner Fahrt (vgl. SIXT.de 2021).

Seit Ende Februar 2021 ist WeShare, der erste vollelektrische Carsharing-Dienst mit Free-Float-System, in Hamburg aktiv. 800 VW ID.3 werden ab 19 Cent pro Minute angeboten. Die Partnerladestationen werden den Nutzern in der WeShare App angezeigt, können aber auch über die Plugsurfing App identifiziert werden. Geladen werden kann an den öffentlichen Ladestationen, auf einem Betriebshof des Ridesharing-Anbieters



Abb. 69: Elektrische Carsharing-Fahrzeuge an einer Ladestation (eigene Aufnahme)

Moia und an den Ladesäulen des Discounters Lidl und Supermarkts Kaufland. Guthaben erhalten Nutzer, wenn sie zu Fahrtbeginn das Auto von einer öffentlichen Ladesäule trennen. Zwei Euro werden auf dem Kundenkonto gutgeschrieben. Bis Ende des Jahres werden 50.000 Nutzer in Hamburg erwartet (vgl. WeShare 2021).

Der Anbieter MILES rechnet die Mietvorgänge in Kilometern statt Minuten ab und bietet auch Transporter an. Ende März 2021 hat der Anbieter 120 Elektroautos mit dem VW ID.3 auf die Hamburger Straßen gebracht (vgl. ecomento 2021). MILES-Kunden sollen eine öffentliche Ladestation bei einem Batteriestand von unter 30 Prozent und nach jeder Langzeitmiete ansteuern. Im Anschluss erhalten diese ein Guthaben in Höhe von fünf Euro, welches 90 Tage lang gültig ist (vgl. MILES Mobility GmbH 2021).



Abb. 70-72: Elektrofahrzeuge der in Hamburg aktiven Carsharer (SHARE NOW o.J., SIXT share o.J., WeShare 2021)

Daneben gibt es weitere Mitbewerber in der Hansestadt, die ein stationsgebundenes System gewählt haben. Elektroautos sind Teil der Flotte lediglich beim Anbieter cambio. Der Renault Zoe kann an vier der 45 stadtweiten cambio-Stationen abgestellt und geladen werden. Diese befinden sich in der Behringstraße, dem Heußweg, Grandweg und Andreas-Knack-Ring. Vor der Buchung sollen Nutzer die gewünschte Reichweite angeben, damit eine ausreichende Ladung des Fahrzeugs sichergestellt werden kann. Wenn die Reichweite nicht ausreicht, sollte im besten Falle an den cambio-eigenen Ladesäulen geladen werden. Für Notfälle kann die verfügbare Ladekarte auch für andere Ladesäulen genutzt werden. Nach Ende der Mietzeit und Rückkehr an der Station soll durch den Nutzer unabhängig vom Batteriestand ein Ladevorgang gestartet werden (vgl. cambio CarSharing 2021).

Die Freie und Hansestadt Hamburg hat mit der Daimler AG sowie der Bayerischen Motorenwerke AG 2017 ein Memorandum of Understanding (MoU) über eine strategische Partnerschaft im Bereich urbane Mobilität geschlossen. Dabei handelt es sich um eine Absichtserklärung. Über den Austausch von Erfahrungen hinaus soll eine gemeinsame Durchführung von Projekten zum Ausbau der Elektromobilität vorangetrieben werden (vgl. FHH 2017a: 3; FHH 2017b: 3). Bei beiden MoUs verpflichtete sich die Stadt schrittweise bis 2019 1.000 öffentlich zugängliche Ladepunkte und 150 Ladepunkte auf switchh-Flächen zur Verfügung zu stellen. Innerhalb der Geschäftsgebiete, der

zum damaligen Zeitpunkt noch getrennt voneinander bestehenden Carsharing-Anbieter car2go und DriveNow, sollten mindestens 900 Ladepunkte bestehen. Zusätzlich beabsichtigte die FHH bis zu 100 dezentrale switchh-Punkte in durch hohen Parkdruck stark belasteten Quartieren zu errichten und diese sukzessive zu elektrifizieren (vgl. FHH 2017a: 3; FHH 2017b: 4f.). Das mit der Daimler AG geschlossene MoU sah zudem die Unterstützung von car2go bei der Identifikation und Einrichtung von bis zu vier car2go-eigenen Ladehubs vor (vgl. FHH 2017a: 4). Im Gegenzug erklärte sich die Daimler AG bereit bis Ende 2019 mindestens 50 Prozent Elektroautos in der car2go-Flotte einzusetzen, was beim Unterzeichnungszeitpunkt einer Anzahl von 400 Fahrzeugen entspricht (vgl. ebd.). Die BMW AG beabsichtigte bis 2019 bis zu 550 Elektroautos in Hamburg einzusetzen und künftig den Anteil der E-Fahrzeuge an der Gesamtflotte auf mindestens 50 Prozent zu halten (vgl. FHH 2017b: 6). Es sind viele Überschneidungen und Ähnlichkeiten bei den MoUs festzustellen. Die weiteren Vereinbarungen beziehen sich bei der Daimler AG auf die Beschaffung von emissionsfreien Bussen für den ÖPNV, eine enge Zusammenarbeit bei der Markteinführung des Brennstoffzellenautos Mercedes Benz GLC-Klasse, Ausstattung der Dienststellen der FHH mit vollelektrischen smarts und Unterstützung bei der ITS-Strategie (vgl. FHH 2017a: 5). Mit der BMW AG wurden weitere Vereinbarungen hinsichtlich der Zusammenarbeit im Rahmen des Forschungsverbund *City2Share*, Pilotprojekts *firstmover.hamburg*, eines Anschlussprojekt an ePowered Fleets Hamburg sowie des ITS-Weltkongresses 2021 getroffen. Des Weiteren soll die BMW AG die Planung und Umsetzung von integrierten Mobilitätskonzepten übernehmen (vgl. FHH 2017b: 7f.). Im Interview mit SHARE NOW wurde außerdem darauf hingewiesen, dass im Falle von car2go zusätzlich Hochleistungslader am Hamburger Flughafen eingefordert wurden. Trotz mehrfacher Abstimmungsgespräche mit verschiedenen Akteuren wurden diese nicht installiert. Hohe Anschlusskosten durch Notwendigkeit einer Trafostation waren die Begründung für diesen Umstand (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Bei der Standortsuche für öffentlich zugängliche Ladestationen habe man Wünsche von Carsharern berücksichtigt, sofern bei der Überlagerung mit dem Grundversorgungsnetz Synergieeffekte identifizierbar waren und davon auszugehen sei, dass auch andere Teilnehmer laden würden. Einzelne Ladestandorte exklusiv für diese Nutzergruppe wurden nicht umgesetzt (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Im Jahr 2017 wurden 14.329 elektrisch betriebene Carsharing-Fahrzeuge an dem öffentlichen Ladesäulennetz geladen. Im nächsten Jahr verdoppelte sich diese Zahl auf 35.341. Im Jahr 2019 wurde die Batterie von rund 37.000 Elektroautos, die Teil von Carsharing-Flotten sind, an den öffentlichen Ladestationen geladen. An den zehn beliebtesten Ladestationen gemäß Anzahl angeschlossener Flottenfahrzeuge wurden in dem Jahr zwischen 250 (Osakaallee 6) und 450 Fahrzeuge (Röntgenstraße 47) geladen

Tab. 15: Von e-Carsharing am intensivsten genutzte Ladestationen (eigene Darstellung)

Ladestation	Anzahl geladener Carsharing E-Pkw	Anteil geladener Carsharing E-Pkw
Röntgenstraße 47	450	47,0 %
Grelckstraße 2	329	51,1 %
Groß Flottbeker Straße 72	299	40,9 %
Beselerstraße 29	288	49,9 %
Fuhlsbüttler Straße 387	277	31,3 %
Koppelstraße/Ecke Lokstedter Grenzstraße 45	270	32,3 %
Von-Essen-Straße 75	262	33,7 %
Am Kaiserkai 53	257	17,6 %
Henriettenstraße 77	254	29,5 %
Osakaallee 6	250	13,2 %
Hellbrookstraße 9	228	50,7 %
Burgstraße 12	196	50,4 %
Alte Wöhr 20	192	49,0 %
Am Irrgarten 8	178	51,9 %
Schwarzenbergstraße 95	177	50,0 %
Roßberg 2	166	49,6 %
Snitgerreihe 38	109	64,1 %
Armbruststraße 18	87	49,2 %

(vgl. Tab. 15). Die Hälfte dieser Standorte zählte auch im Vorjahr zu den gefragtesten bei Nutzern von e-Carsharing, allerdings ist darauf hinzuweisen, dass in allen Fällen die absoluten Zahlen im Vorjahr höher waren. An den identifizierten zehn Standorten entfallen 13 bis 51 Prozent aller Ladevorgänge auf Carsharing-Fahrzeuge. Die Überlagerung der Standortkarte der Ladesäulen mit dem Geschäftsgebiet von SHARE NOW und SIXT share zeigt, dass sieben der zehn Standorte entweder direkt (z.B. Röntgenstraße 47) oder in 500 bis 1.000 Meter Entfernung (z.B. Grelckstraße 2 oder Koppelstraße/Ecke Lokstedter Grenzstraße 45) zur Grenze des jeweiligen Geschäftsgebiets liegen. Während bei den bisherigen Analysen von Ladestationen mit guter oder schlechter Performance hinsichtlich eines bestimmten Themas oftmals die Konzentration auf ein oder zwei Bezirke zu beobachten war, ist dies bei der Untersuchung des Ladeverhaltens der Nutzer von e-Carsharing in Hamburg nicht der Fall. Es kann maximal die Aussage getroffen werden, dass das Stadtzentrum und der Hamburger Westen eine stärkere Nachfrage beim Laden aufweisen, während der Hamburg Süden aufgrund der Geschäftsgebietsgrenzen unterrepräsentiert ist. Bei den intensiv genutzten Ladestationen kann zwischen zwei Fällen unterschieden werden. Entweder sind diese durch Wohnnutzung geprägt und liegen gleichzeitig an der Grenze des Geschäftsgebiets von SHARE NOW und SIXT share oder sie verfügen über eine hohe POI-Dichte durch die Lage in Geschäftsstraßen oder an Ausflugszielen und Sehenswürdigkeiten. Betrachtet

man statt der absoluten die prozentual am stärksten genutzten Ladestandorte von Carsharern, so kann festgestellt werden, dass mindestens jedes zweite geladene Fahrzeug an der jeweiligen Ladesäule Teil von Carsharing-Flotten ist. Der höchste Anteil an e-Carsharing-Fahrzeugen an geladenen Fahrzeugen beträgt 64 Prozent und wird in der Snitgerreihe 38, in der Nähe des Horner Kreisels, erreicht (vgl. Tab. 15). Im Unterschied zu der vorherigen Standortliste sind hier auch zwei Standorte des Bezirks Harburgs vertreten. Auch hier stellt die Grenze des Geschäftsgebiets das entscheidende Kriterium für den Start eines Ladevorgangs dar.

Bei einer Analyse des Einflusses öffentlicher Ladeinfrastruktur auf das Verteilungsnetz wurde für die Nutzergruppe Carsharing eine verstärkte Nutzung im Zeitraum von 23 bis 08 Uhr beobachtet. Aus Netzsicht stellt dies eine positive Besonderheit der Nutzung dar, aufgrund der Korrelation mit einer allgemein niedrigen Last in diesem Zeitraum (vgl. Haupt, Pfarrherr 2019: 34).

An den hvv switch-Punkten werden exklusiv für die in Hamburg aktiven Carsharing-Anbieter SHARE NOW und cambio Parkplätze sowie in einigen wenigen Fällen auch Ladepunkte bereitgestellt. Im Frühjahr 2021 steigt noch SIXT share dazu, folgen wird WeShare. Mit Ladeinfrastruktur ausgestattet sind heute die Standorte am Dammtorbahnhof, an der U-Bahn-Haltestelle Kellinghusenstraße, der U-Bahn-Haltestelle Christuskirche und am Wiesendamm. Derzeit wird der erste installierte hvv switch-Punkt am Berliner Tor nachträglich mit neun Ladesäulen versorgt. Beim Aufbau am Hachmannplatz wird Ladeinfrastruktur von Beginn an mitgedacht. Absehbar sei auch, dass ein Standort in Altona und der am Rödingsmarkt um Ladeinfrastruktur erweitert werden. Der Grundsatz wird verfolgt für jeden Stellplatz auf den hvv switch-Flächen künftig auch einen Ladepunkt bereitzuhalten. In Detailprüfungen müsse dann nochmals begutachtet werden, ob es in Einzelfällen auch Abweichungen gibt. Für private Nutzer bzw. nicht angeschlossene Mobilitätsservices steht die Ladeinfrastruktur nicht zur Verfügung. Ein zeitliches Limit für den Ladevorgang besteht nicht. Zum Ladeverhalten der Nutzer war zum Zeitpunkt des geführten Interviews mit der HOCHBAHN noch nichts bekannt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die in Hamburg aktiven Carsharer haben somit die Möglichkeit öffentliche und halböffentliche Ladeinfrastruktur zu nutzen.

## EXKURS 1: TESLA

Zu Beginn des Jahres 2020 waren 496 Pkw von Tesla in Hamburg zugelassen (vgl. Statista 2021). Damit sind 14 Prozent der zugelassenen BEV in Hamburg diesem Hersteller zuzuordnen. Der US-amerikanische Elektroautohersteller bietet exklusive Lademöglichkeiten für Fahrer von Tesla-Autos an. An sogenannten Destination Charging-Standorten stehen stadtweit an zwölf Hotels Ladestationen mit einer Anschlussleistung von 22 Kilowatt zur Verfügung. Derart ausgestattet ist beispielsweise das Radisson Blue Hotel am Hamburger Flughafen oder das Le Méridien an der Alster. An den darüber hinaus bestehenden Tesla-Superchargern wird bis zu 250 Kilowatt in die Fahrzeugbatterie gespeist. Diese sind als Reichweitenverlängerer gedacht und erfordern spezielle Transformatoren und Netzstromanschlüsse, weswegen sie oftmals an Autobahnraststätten oder in der Nähe von Hauptverkehrsadern anstelle von Wohngebieten zu finden sind. In Europa, Nordamerika, dem Nahen Osten, Australien und Südostasien finden sich aktuell mehr als 20.000 Supercharger-Ladesäulen. Die Ladestationen werden vom Navigationssystem des Autos per GPS lokalisiert und auf dem Touchscreen eingeblendet. Der Routenplaner sucht automatisch eine Route über Supercharger-Standorte wenn eine Zwischenladung zur Zielerreichung notwendig ist. In Hamburg verfügt das Privathotel Lindtner in Harburg, nahe der Bundesautobahn A7 an der Anschlussstelle HH-Heimfeld, über vier Supercharger mit einer Anschlussleistung von 150 Kilowatt. In der ersten Jahreshälfte 2021 sollen zwei weitere Supercharger in Altona auf Höhe des Bahrenfelder Marktplatzes und im Bezirk Wandsbek in Betrieb gehen. Neben den Destination Chargern und Superchargern können Tesla-Fahrer auch über PlugShare und mit einem CCS Combo 2-Adapter auf öffentliche und halböffentliche Ladestationen zugreifen (vgl. Tesla 2021).



Abb. 73: Tesla Destination Charger (Tesla o.J.)



Abb. 74: Tesla Supercharger (Electrive.net 2020)

## EXKURS 2: ELBE

In den geführten Gesprächen arbeiteten die Experten die Bedeutung der privaten Ladeinfrastruktur heraus. Es wird davon ausgegangen, dass bis zu 90 Prozent der Ladevorgänge in Hamburg im privaten Bereich stattfinden. Hier finde die Grundversorgung statt, das öffentliche Ladenetz diene nur als Ergänzung. Mittlerweile werde im privaten Bereich auch mehr Initiative und ein verstärkter Aufbau festgestellt (vgl. Interview ■■■■

█, siehe Anhang II). Im Zuge derartiger Ausführungen wurde einige Male auf das ELBE-Projekt verwiesen, welches in den vorangegangenen Kapiteln auch schon Erwähnung fand. Weil die öffentliche Ladeinfrastruktur unabhängig von der Verortung der Ladestationen nicht den Gesamtladebedarf abdecken kann, soll durch dieses Projekt ein Anreiz für Private geschaffen werden Ladepunkte zu installieren (vgl. Interview █, siehe Anhang II).

Im Rahmen des Projekts *Electrify Buildings for EVs* sollen in Hamburg bis August 2022 bis zu 7.400 Ladepunkte außerhalb des öffentlichen Raums installiert werden. Förderberechtigt sind juristische Personen des privaten und öffentlichen Rechts sowie Personengesellschaften. Dazu zählen Grundeigentümer, Wohnungseigentümergeinschaften, Vereine, Kirchen und Stiftungen. Eine Förderung auf die anfallenden Abschreibungsraten und Aufwendungen wird bei Kauf, Leasing und Miete gewährt. Die Höhe beträgt je nach Unternehmensgröße 40 bis 60 Prozent der förderfähigen Kosten. Öffentliche Einrichtungen erhalten bis zu 100 Prozent Förderung. Bearbeitet werden die Anträge von der Hamburgischen Investitions- und Förderbank (IFB). Die Projektkoordination übernimmt hySOLUTIONS (vgl. ELBE o.J.). Bedingung der Förderung ist, dass die im Projekt entwickelte IT-Schnittstelle zum Verteilnetzbetreiber realisiert und auf den Ladestationen zur Anwendung gebracht wird sowie eingewilligt wird, dass die SNH als Netzbetreiber bei kurzzeitigem netzzeitigem Bedarf die Stromentnahme regulieren kann. Der Fokus des ELBE-Projekts besteht nämlich in der Entwicklung eines netzdienlichen Last- und Lademanagements. Den Interessierten bleibt überlassen, ob die Ladeinfrastruktur der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird oder sie nur privat oder gewerblich von einem ausgewählten Personenkreis genutzt wird. Auch der CPO und Stromanbieter können frei gewählt werden. Im Zeitraum von März 2019 bis Dezember 2020 seien 83 Anträge bewilligt worden, was einem Umfang von etwa 650 Ladepunkten entspricht. Aufgrund eines verspäteten Förderstarts und angesichts der aktuellen Entwicklungen sei die Zielzahl von 7.400 Ladepunkten nicht mehr zu halten. Zwischen den Fördernehmern würden kaum bis keine Gemeinsamkeiten auffallen. Aus diversen Branchen würden Anträge eingehen, wie zum Beispiel durch Handwerksbetriebe, Pflegedienste, Labore, Hausmeister oder Kindergärten (vgl. Interview █, siehe Anhang II).

Für die Zurückhaltung bei der Inanspruchnahme des Förderangebots werden verschiedene Faktoren verantwortlich gemacht. Zum einen sei es bei befristeten Produkten schwierig den Markt zu aktivieren, zum anderen würden Unternehmen die Entscheidung zur Elektrifizierung ihrer Flotten und damit der Notwendigkeit von Installation von Ladeinfrastruktur aufgrund von internen Prozessen nicht rasch treffen und sich auch nicht strategisch durch den Geldfluss beeinflussen lassen. Ausschlaggebend sei aber die Förderungsart und die damit einhergehenden Rahmenbedingungen. Die Förderung bezieht sich rein auf die Abschreibungen während der Projektlaufzeit. Je später

im Projektzeitraum ein Antrag gestellt wird, desto weniger Mittel erhalten die Fördernehmer faktisch. Auch sei der Verwaltungsaufwand auf Seiten der Antragsteller hoch, weswegen eine Abwägung erfolge, ob der Nutzen noch groß genug sei. Viele Berechtigte würden daher ganz bewusst auf die ELBE-Fördergelder verzichten. Hinzu kommt, dass durch das vorgestellte Programm der KfW aktuell ein lukrativeres Konkurrenzprodukt vorhanden ist (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass die Übermittlung eines Signals an die betreibenden Unternehmen in einem Leitungsabschnitt zur verbindlichen Vorgabe der temporären Reduzierung der Ladeleistung erfolgreich ist. Zudem seien viele Nutzer neugierig und interessiert, wie die Drosselung funktioniert und würden sich nicht negativ äußern. Bei der aktuellen Größenordnung würde es aber zu keinen Engpässen durch Ladeinfrastruktur kommen, weswegen die Aussendung der Signale vielmehr als Test von Kommunikationsverbindungen gesehen werden müsste (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).



Abb.75 (ADAC 2017)

# 4

## **PROZESS- UND WIRKUNGS- ANALYSE DES HAMBURGER MODELLS**

- 4.1 Erkenntnisfunktion: Was nimmt das Projektteam mit?
- 4.2 Kontrollfunktion: Was wurde erreicht?
- 4.3 Nächste Ausbauphase: Wie geht es weiter?
- 4.4 Optimierungsfunktion: Ableitung von Handlungsmaßnahmen



Abb. 76-77, 83-85: Öffentliche Ladestationen Hamburg (Bildquellen siehe Verzeichnis)  
 Abb. 78-82, 86-87: Öffentliche Ladestationen Hamburg (eigene Aufnahmen)

## 4. PROZESS- UND WIRKUNGSANALYSE DES HAMBURGER MODELLS

Die bis zu diesem Kapitel vollzogenen Arbeitsschritte umfassen die unter 1.4 aufgeführten Phasen 1 bis 4. Das Ziel der Evaluation wurde gesetzt, der Gegenstand durch die Forschungsfrage spezifiziert, Informationsquellen ausgewählt, Personen mit einem berechtigten Interesse beteiligt, Daten erhoben und ausgewertet. In diesem Kapitel folgt die Interpretation, Reflexion und Bewertung der Ergebnisse, die Phase 5 darstellt. Dabei wird die Zielerreichung und Wirkung des Projekts geprüft und die Arbeitsorganisation kommentiert. Auch Inhalt ist die Ableitung von Auslastungstrends. Zuerst werden jedoch gewonnene Erkenntnisse der Projektbeteiligten genannt. Die Beurteilung der Maßnahmenumsetzung und Wirkung erfolgt nicht anhand eigens definierter Kriterien, sondern anhand der Erwartungen aus der Umwelt des Programms und Adressaten. Diese wurden im vorangegangenen Kapitel in erster Linie als Bestandteile des Masterplans Ladeinfrastruktur präsentiert oder durch indirekte Rede wiedergegeben. Den Abschluss bildet mit der Phase 6 die Ableitung von Maßnahmen zur Optimierung.

### 4.1 Erkenntnisfunktion: Was nimmt das Projektteam mit?

Der Leitfaden beinhaltete eine Frage zu Lessons Learned, also gewonnenen Erfahrungen während der Umsetzung. Diese wurden thematisch geclustert und werden im Folgenden dargelegt. Viele der genannten Punkte wären theoretisch ableitbar, also auch ohne gemachte Aussagen der Experten Teil der Evaluationsergebnisse dieser Arbeit.

#### Betreibermodell

Durch die ersten Ausbauaktivitäten 2010 im Rahmen des Projekts hh=more habe man die Erkenntnis gewonnen, dass es sich nachteilig auswirkt, wenn die Marktrolle nicht klar voneinander getrennt werden. HAMBURG ENERGIE und Vattenfall Europe Innovation traten als Betreiber und Energieversorger auf. Ein ungehinderter Marktzugang von Stromvertrieben wurde eingeschränkt. EMPs hätten kein Interesse an der Einbindung gehabt. Im Hinblick auf den angestrebten diskriminierungsfreien Zugang gemäß Masterplan Ladeinfrastruktur und eine Wahlfreiheit beim EMP für den Kunden wurde daher entschieden, dass der CPO des öffentlichen Ladenetzes kein direkter Mitbewerber aus dem Energieversorgungsbereich sein kann. So habe man den Weg für eine heute breitgefächerte EMP-Landschaft in Hamburg geebnet (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Die Entwicklung des Betreibermodells wurde als zeitintensiver Prozess beschrieben, da zunächst finanzielle, organisatorische und rechtliche Aspekte geklärt werden mussten. Dabei ging es etwa um die Aufgabenwahrnehmung verschiedener Marktakteure oder das Vertragsmanagement (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Bezug genommen wurde vor al-

lem auf das Aufsetzen des Backends, also die IT-Infrastruktur im Hintergrund. Das Backend stellt die Administrationsoberfläche bereit. Es ermöglicht die Anbindung diverser EMPs, automatische Authentifizierung des Ladenden, Abrechnung verbrauchter Energiemengen, Kompatibilität verschiedener Zahlungsmittel oder Überwachung der Belegung in Echtzeit. Es wurde als „Gehirn des Ganzen“ betitelt (Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Diese Funktionen der Datenbankzugriffe und Anbindung externer Systeme sind komplex. Der alleinige Umstand einer Kommunikationsfähigkeit bedeutet nicht automatisch, dass die Anbindung an das Backend reibungslos funktionieren wird. Der technische Aufwand wird zusätzlich erhöht, da in Hamburg zunächst kein Standard für das Kommunikationsprotokoll definiert wurde, was den Ausschluss einiger EMPs bedeutet hätte. An der Weiterentwicklung des Backends werde kontinuierlich gearbeitet. Es sei heute viel funktionsfähiger als noch vor zwei oder drei Jahren. Die SNH setze sich zur Harmonisierung nun auch für die Einführung des Open Charge Point Protocol als Standard ein (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Im Betreibermodell war ursprünglich vorgesehen, dass bis zu 50 Prozent der Ladeinfrastruktur von Dritten außerhalb des öffentlichen Raums aufgebaut wird. Um im halböffentlichen Bereich die Grundsätze des unbeschränkten Zugangs der Ladeeinrichtung, der Stadtbildverträglichkeit sowie einheitlichen Farbgestaltung der Ladesäulen, durchgängigen Grünstromangebots, Abrechnung nach AC-/DC-Laden differenzierten Tarifen, Normkonformität und technischen Kompatibilität sowie eines diskriminierungsfreien Zugangs und des Angebots von mindestens einer vertragsungebundenen Direktbezahlmöglichkeit auch in Anwendung zu bringen, wurde im Sinne einer Qualitätssicherung ein Förderprogramm durch die BWVI aufgesetzt, welches Investitionszuschüsse vorsah (vgl. Hamburgische Bürgerschaft 2014: 24f.). 3.000 Euro konnten Dritte für AC-Ladestationen und 10.000 Euro für DC-Ladestationen erhalten (vgl. Börger 2016: 11). Dieses Förderprogramm wurde aufgrund mangelnder Nachfrage eingestellt. Stattdessen tritt die Stromnetz Hamburg bei allen öffentlichen Ladepunkten als Betreiber auf. Das werde von außen als Monopol der SNH wahrgenommen. Mittlerweile würden aber erste Anfragen von Betreibern, die in Hamburg aktiv werden möchten, eingehen. Verantwortlich für die mangelnde Aktivierung Dritter wurden die strengen Fördervoraussetzungen sowie bessere Förderkonditionen auf Bundesebene gemacht. Zu dem damaligen Zeitpunkt sei es auch kein Business Case gewesen, heißt die möglichen finanziellen und strategischen Auswirkungen der Investition waren nicht erfolgsversprechend. Von den potenziellen Drittbetreibern werde weiterhin gefordert eine Kommunikation zwischen dem SNH-Backend und den Ladeeinrichtungen zu ermöglichen, aber in erster Linie nur zur Anzeige des Belegungsstatus (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

## **Motivation**

Das Vorhandensein einer treibenden Kraft wurde von einem Interviewpartner als maßgebend für einen Projekterfolg aufgeführt. Es brauche eine Person, die das Projekt in Diskussionen und Meetings verteidigt und notwendige Schritte unternimmt, um sicherzustellen, dass das Vorhaben erfolgreich zu Ende gebracht wird. Hier wurde die Rolle von Peter Lindlahr, dem ehemaligen Geschäftsführer von hySOLUTIONS, hervorgehoben. Er wurde namentlich als Verfechter des Projekts genannt. Er habe bei Problemen und Hindernissen Lösungen auf verschiedenen Ebenen herbeigeführt (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Auch das Engagement des ehemaligen Ersten Bürgermeisters der FHH habe das Vorhaben befördert, wie in Kapitel 3.3 schon aufgeführt.

Für projektübergreifende Konflikte wurden von den befragten Experten oftmals die subjektive Motivation und Einsatzbereitschaft einzelner Akteure verantwortlich gemacht. Mit der Zeit habe man diejenigen durch ein diplomatisches Vorgehen aber von den Chancen der Elektromobilität und der Notwendigkeit eines Ladenetzwerkes überzeugen können (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

## **Rahmenbedingungen**

Während die Stadt Hamburg bereits mit dem Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur begonnen hatte, wurden rechtliche Regelungen, die in Wechselwirkung mit der Elektromobilität stehen, erst noch entwickelt. Darunter fallen etwa das Elektromobilitätsgesetz, die Ladesäulenverordnung oder eichrechtliche Bestimmungen. Die Novellierung von Gesetzen und der Erlass von Verordnungen hätten durch aufwendige Vorbereitungsmaßnahmen lange angedauert und so auch zu Verzögerungen im Hamburger Aufbauprozess geführt (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). So wurde beispielsweise in der ersten Ausbauphase notgedrungen auch für die Stellfläche eine Sondernutzung beantragt, um den Ausschluss von Nicht-Elektrofahrzeugen abbilden zu können. Die Möglichkeit der Bevorrechtigung von Elektroautos wurde erst später durch das EmoG geschaffen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Hamburg hat dann als erste deutsche Stadt Gebrauch von der Neuerung gemacht. Auf den Ladeplätzen an den Ladesäulen dürfen Elektroautos mit Auslegung der Parkscheibe bis zur erlaubten Höchstparkdauer gebührenfrei parken, auch wenn kein Ladevorgang gestartet wird. Außerhalb der angegebenen Bewirtschaftungszeit werktags 9-20 h dürfen diese zeitlich unbegrenzt und deshalb ohne Parkscheibe parken (vgl. Abb. 88). Widerrechtlich parkende Fahrzeuge können an den Ladestationen kostenpflichtig abgeschleppt werden. Außerdem wurden schon im November 2015 auch Parkraumprivilegien außerhalb der Ladeplätze eingeführt. Mit E-Kennzeichen ausgestattete Fahrzeuge dürfen an allen Parkscheinautomaten im gesamten Stadtgebiet bis zur

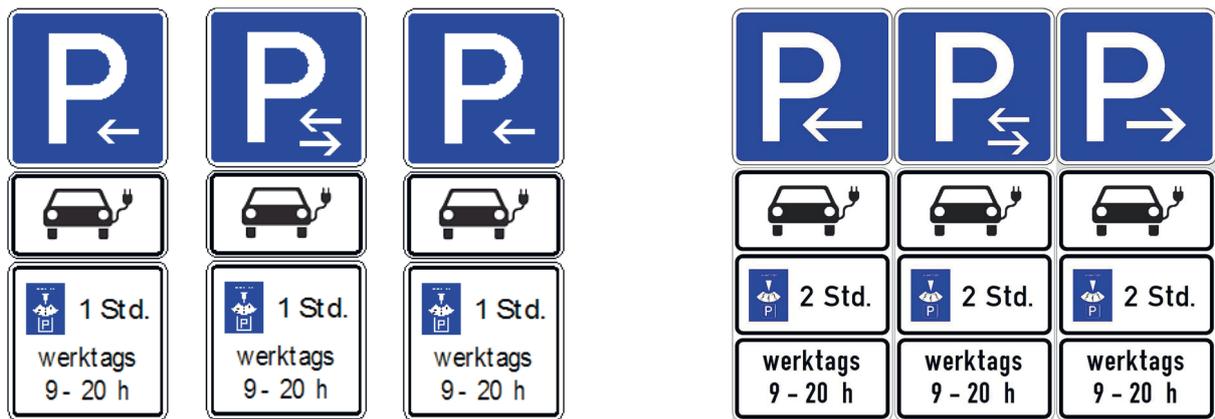


Abb. 88: Beschilderung der Stellflächen an den DC-Ladestationen (l.) und AC-Ladestationen (r.)  
(Polizei Hamburg o.J., Parkaffee o.J.)

jeweiligen Höchstparkzeit gebührenfrei abgestellt werden (vgl. Polizei Hamburg o.J.).

### Standortermittlung und -betrieb

Mehrmals wurden von den Interviewpartnern die in der ersten Aufbauphase hohen Ablehnungsquoten von erhobenen Standorten angesprochen. Für alle Beteiligten sei der Prozess neu gewesen. Man habe keine Referenzen gehabt, sodass die Rahmenbedingungen nicht ganz klar waren. Ein Lerneffekt setzte nach der ersten Etappe ein. So zeichneten sich grundlegende Punkte ab, wie etwa wobei es sich um städtebaulich sensible Bereiche handelt, inwiefern das Umfeld berücksichtigt werden muss, welche Mindestabstände eingehalten werden sollten oder welche Kriterien häufig zu Widerständen führen. In einigen Fällen seien Ortsbegehungen unumgänglich gewesen, um die Eignung eines Standortes als Ladeort gegenüber den Zuständigen beim Bezirk oder Polizeikommissariat zu beweisen. Geäußerte Einwände seien dann häufig vor Ort nach der Erklärung der technischen Skizze revidiert worden. Wurde weiterhin die Entscheidung gegen einen Standort getroffen, konnten Alternativen in der Umgebung direkt gesichtet und damit der Erhebungsaufwand minimiert werden. So konnten die Standortvorschläge von hySOLUTIONS und ARGUS im Verlauf verbessert und die Ablehnungsquote reduziert werden (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Zudem habe sich die Länge des Prozesses bis zur Genehmigungsfreigabe verkürzt, was auch an einem engeren Austausch der Akteure liege (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Auf die Interviewfrage nach negativen Einflüssen auf den Standortbetrieb nannten die Experten die Fehlbelegung der Ladeplätze. Vor allem in der Anfangsphase hätten Verbrenner die Stellplätze an der Ladesäule blockiert. Es hätte eine ganze Weile gedauert, bis durch die Abteilung Parkraummanagement des Landesbetriebs Verkehr eine Kontrolle erfolgte und Falschparker einen Strafzettel erhielten. Auch zu Abschleppvorgängen sei es gekommen (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II) (vgl. Abb. 89). Die Zwischenevaluation von

ARGUS zeigte auf, dass eine auffällige Bodenmarkierung zur erheblichen Reduzierung der Fehlbelegung durch Verbrenner beiträgt. Die Auslastung der Ladesäulen mit Bodenmarkierung auf den bis April 2017 verfügbaren Ladeplätzen lag höher als bei denen ohne Bodenmarkierung (vgl. Klein, Scheler 2018: 34f.). Die Fehlbelegung hätte mit der Zeit nachgelassen, weil mit der sukzessiven Markierung der Stellflächen an den Ladesäulen begonnen wurde. Während zu Beginn des Aufbauprozesses noch über ein Piktogramm auf Hinweisschildern nachgedacht wurde, entschied man sich später für eine auffällige farbliche Bodenmarkierung, sofern der Bodenbelag dies erlaubt (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II) (vgl. Abb. 90-91).



Abb. 89: Abschleppvorgang (MOPO 2016)



Abb. 90-91: Blaue Bodenmarkierungen (HCU 2018: 73, Pluta 2018)

In den Gesprächen über die Zwischenevaluation wurde als weiteres Teilergebnis die grundsätzliche Eignung und Praktikabilität des Standortpotenzialmodells hervorgehoben. Die Überprüfung habe gezeigt, dass die formulierten Standortkriterien geeignet sind. Insbesondere die Points of Interest seien positiv aufgefallen. Dezentrale Standorte gehörten zeitweise auch zu den Top Performern. Insgesamt schnitten Subzentren in der Bewertung besser ab, als anfangs angenommen. Dies habe das Modell aber vorhergesehen und somit erst eine gesamtstädtisch sinnvolle und bedarfsgerechte Verteilung von Ladestationen ermöglicht. Umso höher der Scoringwert, desto höher die Auslastung – diese generelle Tendenz sei schon erkennbar. Eingeräumt wurde, dass das Modell an einigen Stellen auch nicht wie erhofft funktioniere, man jedoch nicht unbedingt eine Ursache dafür ermitteln könnte. Für die politischen Ansprüche habe es in der gewählten Form genügt, ein Anspruch an Wissenschaftlichkeit bestand nicht. Wenn mehr Zeit für die Entwicklung zur Verfügung gestanden hätte oder das Standortmodell heute nochmal neu entwickelt werden würde, würden sicherlich auch andere Faktoren Berücksichtigung finden oder eine anderweitige Wichtung der Faktoren vorgenommen werden (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

## 4.2 Kontrollfunktion: Was wurde erreicht?

Bei diesem Unterkapitel wird darauf verzichtet die im vorgeschalteten Unterkapitel aufgeführten Aspekte zu bewerten. Ob der erhoffte Nutzen erzielt wurde und welche Hemmnisse und Probleme es bei der Ausführung gab, wurde schon ausreichend durch die Interviewten reflektiert. Die Punkte werden jedoch mit den nun folgenden in 4.4 in Zusammenhang gebracht, um sinnvolle Empfehlungen geben zu können.

### Bedarfsprognosen

Auf die Frage nach falschen Prognosen im Arbeitsprozess antworteten die Interviewpartner am häufigsten mit einem überschätzten Fahrzeughochlauf für den Zeitraum bis 2016. Dies zeigt auch der Abgleich der erwarteten Elektroautos gemäß des Masterplans Ladeinfrastruktur mit dem tatsächlichen Fahrzeugbestand zum jeweiligen Zeitpunkt. 2014 wurden 1.750 Elektroautos erwartet, zugelassen waren gerade einmal 430 BEV in Hamburg. Für Mitte 2016 wurden 4.990 Elektroautos angenommen, diese Zulassungszahl ist bis 2020 nicht erreicht worden (wenn nur BEV berücksichtigt werden). Aus den geringen Zahlen der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen in Hamburg während der Ausbauphase zur Zielerreichung der Installation von 600 Ladepunkten und darüber hinaus wurden jedoch keine Konsequenzen gezogen. Nach Auffassung eines Interviewpartners hätte das Angebot von 600 Ladepunkten zur Versorgung der vorhandenen Elektroautos vermutlich ausgereicht, nichtsdestotrotz wurde ein weiterer Ausbau forciert (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Diese Entscheidung wird rückwirkend betrachtet von den Interviewpartnern als strategisch geschickt und richtig registriert, da die Nachfrage angezogen habe (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Diese Ansicht wird geteilt. Die Anforderungen und Stückzahlen an eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur sind andere, wenn für den Status Quo und eine auf die Zukunft ausgerichtete Infrastruktur geplant wird. Das weitsichtige Handeln und der vorgelagerte Aufbau von Ladeinfrastruktur ist ein wesentlicher Faktor für die Wahrnehmung der Stadt als Pionier und Vorreiter im Bereich Elektromobilität.

Auf Grundlage der angenommenen Entwicklung des Fahrzeughochlaufs erfolgte die Ableitung des Ladeinfrastrukturbedarfs im öffentlichen Bereich durch die Kombination der Ansätze einer Ableitung aus angebotsorientierter Trendprognose sowie aus nachfrageorientierten Nutzergruppen. Da keine Daten für das Jahr 2016 zur Auswertung zur Verfügung standen, kann keine genaue Überprüfung der Trendprognose erfolgen. Da bis heute kein so hoher Monatswert, wie für den Juni 2016 mit 41.200 Anschlussvorgängen, erreicht wurde, kann dennoch die Aussage formuliert werden, dass auch dieser erwartete Verlauf nicht eintrat.

Der Masterplan Ladeinfrastruktur führt als eine Nutzergruppe Taxen auf. Erwartet wurde, dass die Fahrzeuge der Taxibetriebe fast ausschließlich (bis zu 95 %) im öffentlichen und halböffentlichen Raum geladen werden. Die Schnellladestationen wurden zu einem frühen Zeitpunkt und auch in einem gewissen Umfang insbesondere auch für diese Nutzergruppe installiert. Die Einschätzung stellte sich aber als unkorrekt heraus. E-Taxen sind immer noch nur eine Randerscheinung. Verantwortlich dafür gemacht werden die technischen und Ausstattungsmerkmale der Fahrzeuge. Es hätte in der frühen Marktphase keine Fahrzeugmodelle gegeben, die die benötigte Innenraumgröße, Reichweite und Schnellladefähigkeit besitzen (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Es wurde aber auch darauf hingewiesen, dass die Gründe vielfältiger Natur und tiefgreifend sind (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Speziell diesem Thema widmet sich die Hamburger Politik gegenwärtig. Die Bürgerschaftsfraktionen der SPD und Grünen fordern in einem gemeinsamen Antrag an den Senat mindestens 100 E-Taxen bis zum ITS-Weltkongress im Oktober 2021 und die Schaffung von Fördermaßnahmen, um Anreize für den Umstieg zu schaffen. So sollen exklusiv für die etwa 3.000 Fahrzeuge der Taxibranche an geeigneten Orten Ladesäulen aufgestellt werden. Zudem müsse man die Ladeinfrastruktur- und Stromanbieter bei stark schwankenden und oft über dem Dieselpreis liegenden Strompreisen für die Bereitstellung verlässlicher Angebote gewinnen (vgl. Reibe 2020).

Prognosen zu den Nutzern sind insgesamt aber nur schwer überprüfbar, da keine Zuordnung der durch einen Elektrofahrer gestarteten Ladevorgänge an öffentlichen Ladestationen zu Nutzergruppen erfolgt. Es kann aber festgehalten werden, dass die Nutzungsintensität durch Carsharing-Dienste unterschätzt wurde bzw. sich zu wenig mit der Entwicklung über das Jahr 2016 hinaus befasst wurde. Es wurde lediglich eingeräumt, dass perspektivisch verstärkt Elektrofahrzeuge in die Flotten der Carsharer integriert werden und sich entsprechend die Anzahl der Anschlussvorgänge erhöht. Es wurden aber keine Auswirkungen benannt oder Folgerungen gezogen. So haben sich mit der Zeit Ladestandorte herausgebildet, die mehrheitlich von Carsharing-Fahrzeugen genutzt werden. Dieser Umstand wird höchstwahrscheinlich kaum gewollt sein, schließlich werden öffentliche Mittel bereitgestellt, von denen Unternehmen der Privatwirtschaft profitieren. Die Interviewpartner vertreten diesbezüglich unterschiedliche Meinungen.

Bei der Bedarfsermittlung wurde die Konkurrenzsituation bzw. gegenseitige Beeinflussung zwischen öffentlicher und privater Ladeinfrastruktur nicht ausreichend betrachtet. Die Interdependenz wird in der Art und Weise anerkannt, als das von einer komplexeren Funktion der öffentlichen Lademöglichkeiten im Verhältnis zur vorhandenen privaten Lademöglichkeit die Sprache ist.

Eine größere Anzahl AC-Ladesäulen wurde als wichtiger erachtet als der aufwendigere

und kostenintensivere Aufbau von Schnellladesäulen. Würde der Masterplan Ladeinfrastruktur nochmal neu aufgestellt werden, würde auf die Schnelllader ein größeres Augenmerk gelegt werden, hieß es in einem Interview (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Angebot und Nachfrage stimmen nicht vollständig überein, kann als Teilergebnis festgehalten werden, da die DC-Stationen stärker von E-Mobilisten in Hamburg genutzt werden.

### **Akteure**

Auffällig ist, dass eine Einbindung der Privatwirtschaft beim Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur lediglich über ARGUS erfolgte. An allen anderen, am Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur beteiligten Institutionen, ist die Gebietskörperschaft Träger des Unternehmens. Entsprechend steht im Fokus die Widmung der Erfüllung einzelner, aus gesellschaftlichen Funktionen ableitbaren Bedürfnisse und nicht der Gewinn. Für die Stadt besteht ein Entscheidungs- und Handlungsspielraum, operative und strategische Ziele können eigenständig entwickelt werden. So sprach auch ein Interviewpartner von der Wichtigkeit als Stadt einen gewissen Einfluss und Kontrolle auf die entstehende Ladeinfrastruktur zu haben (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Weiterhin wird die Möglichkeit eröffnet unternehmensübergreifende Synergien zu entwickeln und zu sichern. So arbeiten beispielsweise Stromnetz Hamburg und HAMBURG ENERGIE bei der Schaffung und Elektrifizierung von hvv switch-Punkten ebenfalls zusammen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Oder durch Instrumente des Wissensmanagements können Performancesteigerungen, Kostensenkungen und Verbesserungen der Wettbewerbssituation erzielt werden. Ein enger, regelmäßiger Austausch wurde bekräftigt. Die Unabhängigkeit von anonymen Investoren garantiert außerdem eine gewisse Flexibilität. Da kommunale Unternehmen mit öffentlichen Geldern wirtschaften, unterliegen diese auch einer gewissen Kontrolle und Transparenz, was Prozesse und Aufwandsbemühungen durchschaubarer machen kann. Die Steuerungsstruktur im Bereich der Elektromobilität und öffentlichen Ladeinfrastruktur in Hamburg kann zusammenfassend als konsensorientiert bezeichnet werden.

### **Rollen- und Aufgabenverständnis**

Bei der Beschreibung der Aufgaben einzelner Akteure und Institutionen durch die Interviewpartner ist aufgefallen, dass Rollen und Verantwortungen im Projekt klar definiert waren. Die Prozessbeteiligten haben ein gemeinsames Rollenverständnis. Entscheidungskompetenzen waren formal geregelt, es wurden aber über eine Beratungsfunktion von einzelnen Beteiligten Hinweise, Wünsche und Vorschläge herangezogen. Eine Rollenklärung ist für eine reibungslose Zusammenarbeit essenziell. Alle Interviewpartner wurden aufgefordert die Hamburger Strategie beim Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur mit möglichst einem Satz zu beschreiben. Ein direkter Vergleich zeigt, dass identische Adjektive zur Beschreibung herangezogen wurden: bedarfsgerecht, nutzerorientiert und diskriminierungsfrei. Dieser Umstand erscheint

wenig überraschend, wenn die Festsetzungen im Masterplan Ladeinfrastruktur begutachtet werden. Ein gemeinsames Verständnis der Ausgangslage und durchgehende Klarheit über Projektziele für das gesamte Projektteam, zählt zu den Schlüsselfaktoren für ein erfolgreiches Projektmanagement (vgl. Schmidt-Sibeth o.J.).

### **Commitment**

Der Hamburger Senat hat gegenüber den Nutzern ein glaubhaftes Commitment hinsichtlich des Aufbaus und der künftigen Bereitstellung von Ladeinfrastruktur abgegeben. Dieses Commitment bildet eine Grundlage, auf der sich Verbraucher zur Anschaffung eines Elektroautos entscheiden können. Durch das innovationsfreundliche politische Umfeld konnte das erklärte Ziel der Lösung des Henne-Ei-Problems erreicht werden, was in einer jährlich steigenden Inanspruchnahme der Ladeinfrastruktur durch Nutzer und dem bundesweit höchsten Anteil von Elektroautos am Pkw-Bestand am 01. Januar 2021 objektiv messbar ist. Der Anteil von Elektroautos an den Pkw-Neuzulassungen in 2020 liegt bei knapp zehn Prozent (vgl. KBA 2021b).

### **Auslastung**

Bei 1.169 öffentlich zugänglichen Ladepunkten und 5.897 Elektroautos und Plug-in-Hybriden ergibt sich ein Verhältnis von 1:5. Die Auslastungszahlen liefern Hinweise, ob der Fahrzeugbestand und das Ladeinfrastrukturangebot auch tatsächlich in einem hinreichenden Verhältnis stehen. Die durchgeführten Ladevorgänge und Abgabemengen an Strom im Jahr 2019 deuten darauf hin, dass dies der Fall ist und die Kapazitäten auch zur Versorgung weiterer Elektroautos vorerst ausreichend wären.

Die Auslastung korrespondiert mit der Witterung und vergrößert sich um das Jahresende herum. Hierfür wurden zwei Erklärungsansätze gefunden. Zum einen wurde dargelegt, dass die meisten Standorte im 3. Quartal des jeweiligen Jahres in Betrieb genommen wurden. Entsprechend stehen den Elektrofahrern am Jahresende mehr Ladestationen zur Verfügung. Das Angebot kann also die Nachfrage bestimmen. Zum anderen steigt der Stromverbrauch von Elektroautos im Winter. Bei kalten Außentemperaturen nimmt der Innenwiderstand der Batterie zu, wodurch weniger Energie entnommen werden kann. Weiterhin werden der Innenraum und die Scheiben sowie der Akku selbst mit elektrischer Energie aus der Antriebsbatterie beheizt. Der höhere Verbrauch macht häufigeres Laden notwendig (vgl. ADAC Redaktion 2021).

Die Attraktivität der Lage eines Ladestandortes beeinflusst die Auslastung. Eine intensive Nutzung wird an Ladesäulen erreicht, die über eine besonders hohe Dichte an Points of Interest verfügen. Der Ladevorgang wird nämlich aufgrund der Dauer mit anderen Tätigkeiten kombiniert. Auch die innerstädtischen Bereiche werden übermäßig zum Laden genutzt. Die ÖPNV-Erschließung bildet gewissermaßen die urbane Dichte ab, welche wiederum auf das Vorhandensein von privater und öffentlicher Ladeinfrastruktur

einwirkt. Bezüglich der Wohn- und Gewerbedichte als weitere berücksichtigte Kriterien beim Standortmodell sind keine belastbaren Rückschlüsse aufgrund divergierender Teilergebnisse möglich. Es zeichnet sich jedoch die Tendenz ab, dass in Kombination mit einem weiteren stark ausgeprägten Kriterium eine positive Korrelation mit der Auslastung vorherrscht. Der Ansatz des Aufbaus einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur ermöglichte das Entstehen von Ladestationen mit guter Performance auch in dezentralen Bereichen, die für private Betreiber wirtschaftlich nicht attraktiv erscheinen. Der Stadtrand ist zur Erfüllung der Funktion einer Reichweitenverlängerung unerlässlich.

### **Erfolg des Hamburger Modells**

Die Interviewpartner von der BWI, SNH, hySOLUTIONS, HAMBURG ENERGIE und ARGUS bewerteten von verschiedenen Standpunkten aus das Hamburger Modell zum Aufbau von Ladeinfrastruktur als erfolgreich. Folgende Ausdrücke wurden beispielsweise festgehalten: Pionier, einzigartiges System, Nummer eins, richtiger Weg, Erfolgsstory. Zur Schaffung eines bedarfsgerechten Ladenetzes musste Pionierarbeit geleistet werden. Die Bemühungen waren nicht immer von Erfolg gekrönt, das gehöre aber dazu (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Für alle Beteiligten stellte es nämlich ein neues Geschäftsmodell mit teils noch unbekanntem Rahmenbedingungen dar. Erfahrungen mussten erst gesammelt werden, was nicht von heute auf morgen geschehe, sondern auch Zeit in Anspruch nehmen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). So hätte es einen kontinuierlichen Lernprozess gegeben, der zu Prozessoptimierungen führte (vgl. Interview A [REDACTED] [REDACTED], siehe Anhang II). Man habe bewiesen, dass der konzeptionelle Ansatz zweckmäßig ist und das Henne-Ei-Problem gelöst werden kann. Man habe nicht abgewartet und lange überlegt, sondern sich der Sache angenommen und über die Fähigkeit, umsetzungsorientiert zu agieren, verfügt (vgl. Interview [REDACTED] [REDACTED]; Interview [REDACTED] [REDACTED], siehe Anhang II). Der Begriff des Hamburger Modells habe sich in der deutschen Elektromobilitätslandschaft etabliert (vgl. Interview [REDACTED] [REDACTED], siehe Anhang II). Andere Bundesländer würden auch den Vorsprung der FHH wahrnehmen, der durch den frühzeitigen Start erreicht werden konnte (vgl. Interview [REDACTED] [REDACTED], siehe Anhang II). Der Projekterfolg wird durch bestimmte Kennziffern gemessen. Von den Experten wurden folgende aufgeführt: Anzahl der Ladepunkte, EMP-Partner und RFID-Karten sowie Auslastungswerte (vgl. Interview [REDACTED] [REDACTED]; Interview [REDACTED] [REDACTED], siehe Anhang II). Die Elektromobilität entwickelt sich rasant. Der weltweite Tipping Point soll nach der viel zitierten Studie der Unternehmensberatung Bain & Company 2024 erfolgen (vgl. Gomoll 2020). Die Interviewpartner von hySOLUTIONS und HAMBURG ENERGIE haben die Ansicht, dass die Elektromobilität den Durchbruch in Hamburg bereits im Jahr 2020 geschafft hat (vgl. Werwitzke 2021; Interview [REDACTED] [REDACTED], siehe Anhang II).

Die Zielzahl von rund 600 Ladepunkten wurde mit einer zeitlichen Verzögerung von einem Jahr und drei Monaten im Oktober 2017 erreicht. Die Zielzahl von 1.000 Ladepunkten wurde wie erhofft bis Ende des Jahres 2019 erreicht. Viele der im Masterplan festgehaltenen Grundanforderungen und Qualitätskriterien haben in später aufgestellten Konzepten von anderen deutschen Städten zum Aufbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur Anwendung gefunden. Die Direktbezahlmöglichkeit etwa hat Hamburg früh eingeführt, als eine der ersten Städte und weit bevor es als Mindestanforderung in der Ladesäulenverordnung verankert wurde (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Hervorzuheben gilt es das Qualitätsmerkmal der diskriminierungsfreien Durchleitung von Strom verschiedener Anbieter. Diese Öffnung bedeutet für den Nutzer ein attraktiveres Angebot. Waren es 2015 noch zwei EMPs und rund 1.500 RFID-Karten, sind heute im IT-Backend 70 Kartenanbieter oder EMPs und es konnten eine Millionen RFID-Karten an den Ladesäulen registriert werden (vgl. Pressebox 2020).

### 4.3 Nächste Ausbauphase: Wie geht es weiter?

Da sich die abgeleiteten Handlungsmaßnahmen auf die nächste Ausbauphase beziehen, soll an dieser Stelle nun auf diese eingegangen werden. Dem Koalitionsvertrag über die Zusammenarbeit in der 22. Legislaturperiode der Hamburgischen Bürgerschaft zwischen der SPD und Bündnis 90/Die Grünen 2020 ist zu entnehmen, dass ein weiterer Ausbau forciert wird: „Mit mehr als 1.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten hat Hamburg bisher eine Spitzenposition unter den deutschen Metropolen inne. Allerdings ist in den nächsten Jahren damit zu rechnen, dass sich deutlich mehr [Personen] ein E-Fahrzeug anschaffen. Daher ist ein weiterer Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur unerlässlich. Unser Ziel ist es, bis 2025 mit 1.000 Ladepunkten, also 500 Säulen die Anzahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte zu verdoppeln“ (Senatskanzlei Hamburg 2020).

In Zeitungsartikeln wird dies in leicht umgewandelter Form wiedergegeben, und zwar in der Schaffung von 200 zusätzlichen Ladepunkten pro Jahr für die nächsten fünf Jahre. Insbesondere in einem Interview wurde jedoch klargestellt, dass bis Ende 2021 nicht 200 mehr Ladepunkte installiert sein werden, im nächsten Jahr dann entsprechend auch nochmal 200 und so weiter. Dies sei eher als mittelfristiges Gesamtausbauziel zu verstehen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Auf der verfolgten Online-Konferenz *electrive.net LIVE* Anfang des Jahres 2021 äußerte sich Christoph Steinkamp von hySOLUTIONS folgendermaßen dazu: „Ich glaube wir sind uns alle im Klaren, wenn wir die neuen Zulassungszahlen sehen, das wird nicht unbedingt reichen.“ Gemäß Fahrzeughochlauf werden 2025 43.000 Elektroautos und 2030 108.000 Elektroautos auf Hamburgs Straßen verkehren. Angenommen wird, dass sich der tägliche Verbrauch von zehn Kilowattstunden pro Elektrofahrzeug ab 2020 um

den Faktor 2,5 je fünf Jahre erhöht (vgl. VDE 2019: 15).

Zum Zeitpunkt der Interviewdurchführung berichteten die Prozessbeteiligten, dass noch keine Strategie entwickelt wurde und man sich derzeit in Abstimmungsgesprächen zur Festlegung der künftigen Leitlinien befinde. So sei unklar, wie viele der Ladepunkte als AC- und DC-Ladepunkte umgesetzt werden, ob weiterhin eine städtische Gesellschaft verantwortlich sein soll oder Unterstützung durch einen neuen strategischen Partner erfolgt oder inwiefern konkret die Nutzergruppen Carsharing und Taxen mitgedacht werden sollen (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Grundsätzlich werden weiterhin AC-Ladepunkte aufgebaut. Eine stärkere Fokussierung auf Schnellladestationen als in den vorherigen Ausbauphasen sei jedoch zu erwarten. Aufgrund der wesentlich höheren Investitionskosten im Vergleich zur AC-Ladeinfrastruktur sei aber noch keine Entscheidung über den konkreten Umfang getroffen worden (vgl. Interview [REDACTED]; Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Außerdem wird der Aufbau von High Power Chargern in Hamburg geplant. Acht oder neun städtische HPC-Stationen werden errichtet, die erste schon Anfang 2021. Unklar sei, ob neue Standorte für die HPC-Stationen erschlossen werden oder bestehende AC- oder DC-Stationen mit den leistungsfähigeren Geräten ausgestattet werden (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Unabhängig von der Art der Ladeeinrichtung dienen die neu zu errichtenden Ladepunkte einer bedarfsgerechten Nachverdichtung. So könne es auch sein, dass neben einer stark nachgefragten Ladestation eine zweite aufgestellt werde, bevor eine Lücke im Netz geschlossen wird (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II).

Bei der Vorstellung der Weiterentwicklung des Hamburger Modells auf der besagten Online-Konferenz electrive.net LIVE erklärte Christoph Steinkamp, dass die Nutzergruppe Carsharing durch weiter voranschreitende Elektrifizierung der Flotten und Hinzutreten neuer Anbieter wachse sowie durch die städtisch geplante Umstellung des Taxigewerbes auf emissionsfreie Antriebe eine neue Nutzergruppe hinzukäme. Zur Deckung der Ladebedarfe sollen exklusiv für diese Nutzergruppen Maßnahmen angestoßen werden. hySOLUTIONS setzte sich bei der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur im Rahmen der Lobbyarbeit für die Berücksichtigung des speziellen Anwendungsfalls hvv switch bei Förderungen ein. So kann die Elektrifizierung weiterer hvv switch-Punkte in den nächsten Jahren erfolgen (vgl. Interview [REDACTED], siehe Anhang II). Die Maßnahmen für die Nutzergruppe der Taxen finden sich unter 4.2.

Bisher wurde beim Anschluss eines EMPs an das Ladenetz und durchgeführten Transaktionen auf die Erhebung einer Nutzungsgebühr verzichtet. Aktuell werde diskutiert, ob die Leistungen fortan abgerechnet werden sollen (vgl. Interview [REDACTED]).

█, siehe Anhang II).

Die privaten Akteure werden zur Beteiligung am Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur aufgerufen. Auf der Online-Konferenz sagte Steinkamp: „Wir merken jetzt auch, dass sich die Branche doch wieder in unsere Richtung orientiert und wir empfangen sie auch mit offenen Armen. [...] Die Hamburger möchten nicht bis 2030 ihre eigene Ladeinfrastruktur finanzieren aus dem Stadtdeckel, sondern das soll auch vorher schon an private Betreiber übergeben werden. In welcher Form, das schauen wir nochmal“. Außerdem ist bekannt, dass durch ein Fraunhofer Institut aktuell eine Studie für das Laden im privaten Bereich in Hamburg erarbeitet wird (vgl. Interview █, siehe Anhang II).

#### 4.4 Optimierungsfunktion: Ableitung von Handlungsmaßnahmen

Nach der Datensammlung, -aufbereitung, -analyse und -interpretation stellt die Ableitung von Konsequenzen den letzten Schritt der Fremdevaluation dar. Es wurden Handlungsmaßnahmen erarbeitet, die eine Verbesserung vom Konzept und den Prozessen erreichen und in die Planung einbezogen werden sollen. Bezug genommen wird beispielsweise auf ineffiziente Vorgänge; Handlungsroutinen wurden kritisch hinterfragt. Die Handlungsmaßnahmen basieren größtenteils auf den Interviewaussagen. Widersprüchliche Aussagen wurden aufgrund der mangelnden Objektivität und Genauigkeit nicht berücksichtigt. Außerdem wurden die Maßnahmen unter den vorab formulierten Kriterien Priorität, Wirkung und Durchsetzbarkeit erarbeitet. Mit Priorität ist gemeint, dass die Maßnahme kurzfristig umzusetzen ist, aber einen langfristigen Erfolg verspricht. Durch das Kriterium der Wirkung wurde die Relevanz einer Idee geprüft. Kleinteilige Maßnahmen mit ungewisser Durchsetzungskraft oder Effektivität wurden verworfen und hier nicht thematisiert. Hinter dem Kriterium der Durchsetzbarkeit verbirgt sich die Einschätzung der politischen Durchsetzbarkeit und des verbundenen Aufwands in zeitlicher und finanzieller Hinsicht.



Abb. 92: Maßnahmenpaket (eigene Darstellung)

## Vorgehen zur Strategieentwicklung

Ein weiterer Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur in Hamburg wurde ohne vorherige Strategieentwicklung öffentlich kommuniziert. Die vorschnelle Reaktion kann negative Folgen haben. Scheinbar kleine Versäumnisse und offene Fragen können immense Auswirkungen auf den Gesamtprozess haben. Das Vorhaben muss genauso souverän gesteuert werden wie in den vorherigen Ausbauphasen. Verschiedene Methoden der Strategieentwicklung sind denkbar. Da ein verfasster Vorschlag durch die vorliegende Arbeit zu einem Zeitpunkt an die Prozessbeteiligten weitergereicht wird, wenn Eckpunkte bereits definiert sein werden, wird auf eine auslaufende Beschreibung verzichtet. Die Anwendung der sogenannten Mintzberg-Strategiebrücke erscheint zweckmäßig. Dabei werden sieben Perspektiven eingenommen, um die Ausrichtung aus allen möglichen und notwendigen Perspektiven zu prüfen (vgl. Grolman o.J.). Der Blick zurück: Was hat am Hamburger Modell funktioniert und was nicht? Der Blick seitwärts: Wo stehen die anderen Großstädte, welche erkennbaren Strategien verfolgen diese? Der Blick von oben: Analyse des gesamten Marktumfelds Elektromobilität und Ladeinfrastruktur. Der Blick von unten: Welche Kosten stehen welchen Umsätzen gegenüber? Welche Stärken und Schwächen weist die Organisation auf? Wie können Entwicklungsziele mit den verfügbaren Ressourcen erreicht werden? Der Blick nach vorne: Welche unterschiedlichen Szenarien ergeben sich für die künftige Nutzung öffentlicher und privater Ladeinfrastruktur? Welche Forschungstrends gibt es? Der Blick darüber hinaus: Welche weiteren Entwicklungen sind in der Elektromobilitätslandschaft denkbar, aber zurzeit nicht prognostizierbar? Wie entwickeln sich die beteiligten Unternehmen weiter? Perspektive der Umsetzung: Bis zum Ende sehen, die Umsetzung der Strategie stetig nachhalten (vgl. Abb. 93). Auf Grundlage der beantworteten Fragen und getätigten Entscheidungen entsteht eine Gesamtperspektive für 2025.



Abb. 93: Mintzberg-Strategiebrücke (eigene Darstellung nach Grolman o.J.)

## Anwendung von Scrum

Für die Steuerung im weiteren Projektverlauf empfiehlt sich die agile Projektmanagement-Methode Scrum. Diese Maßnahme wird formuliert, da eine langfristige Planung aufgrund des dynamischen Marktes wenig erfolgsversprechend erscheint und die Interviews zudem offenbarten, dass sich die Lösung von einzelnen Problemen bisher als langwierig und hartnäckig gestalten konnte. Bei Scrum handelt es sich um ein Rahmenwerk zur Entwicklung, Lieferung und Wartung komplexer Produkte, welches durch eine iterativ-inkrementelle Vorgehensweise in kurzen Lernschleifen charakterisiert ist (vgl. Abb. 94). Scrum macht die relative Wirksamkeit und die Arbeitstechniken sichtbar, sodass fortlaufend Verbesserungen erzielt werden können. Scrum eignet sich daher für Projekte, in denen wenig Wissen vorliegt und eine adaptive Aufgabenstellung bearbeitet wird. Wenige Regeln und klar definierte Rollen, kurze Kommunikationswege, hohe Flexibilität, hohe Transparenz durch regelmäßige Meetings und Product Backlogs, zeitnahe Realisation neuer Eigenschaften bzw. Inkremente, ein geringer Administrations- und Dokumentationsaufwand und Risikokontrolle zählen zu den Vorteilen (vgl. Boss 2020). Durch fehlende Nutzerbefragung in Hamburg ist wenig über die lokalen Kundenwünsche bekannt. Zwar sind erhöhte Reichweiten und Batteriekapazitäten bei den Elektrofahrzeugen absehbar und doch ist die langfristige Entwicklung der Automobilbranche nur schwer voraussagbar. Es ist von inkrementellen Innovationen auszugehen. Durch ein schrittweises Vorgehen könnte sichergestellt werden, dass die Ausbauaktivitäten dem realen Fahr- und Ladeverhalten entsprechen und leicht auf Änderungen in den Prioritäten, beispielsweise von AC- auf DC- oder HPC-Stationen, reagiert werden kann. Konkret bedeutet dies, dass die Zielzahl von insgesamt 2.000 öffentlich zugänglichen Ladepunkten bis 2025 erst einmal bestehen bleibt, in kürzeren Intervallen aber validiert wird, ob die Lösung den Markt bedient. Durch Sprints, Events eines fest definierten Zeitraums, wird eine Vorhersagbarkeit ermöglicht, sodass beispielsweise auch die Inbetriebnahmezeitpunkte der Ladestationen besser koordiniert werden könnten.

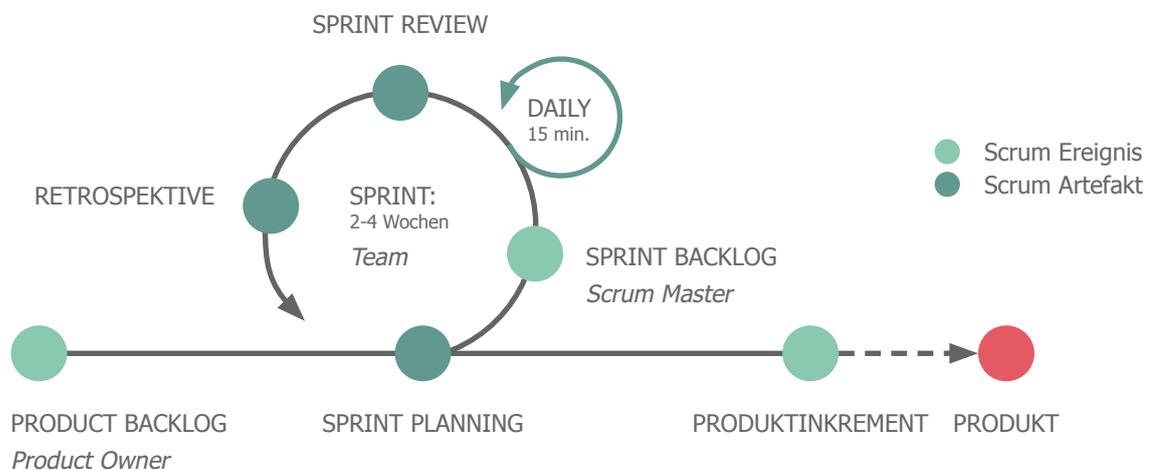


Abb. 94: Scrum Prozess einfach erklärt (eigene Darstellung nach nativDigital o.J.)

## Bedarfsermittlung

Die Bedarfsermittlung erwies sich als unzuverlässig. In Anlehnung an das von Anderson et al. (2016) entwickelte Modell zur Bestimmung des Ladebedarfs, eine Studie der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur zum Markthochlauf (2020) und einen Gedankenaustausch mit dem Interviewpartner [REDACTED] wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen: Auf Basis aktuell verfügbarer Mobilitätsdaten, etwa zum Fahrzeugbestand, Wegekettens und dem Ziel- und Quellverkehr, werden Fahrzeugnutzungsprofile erzeugt, die Fahr- und Parkaktivitäten eines Fahrzeugs abbilden. Im nächsten Schritt werden Ladeprofile unter spezifischen Annahmen für jedes Fahrzeug bestimmt. Zu diesen Annahmen würde zählen, dass die Nutzungsmuster von Elektroautos in der nahen Zukunft weitgehend den Nutzungsmustern konventioneller Fahrzeuge heute entsprechen und Elektroautos bevorzugt an Parkorten geladen werden. Weiterhin sollten die durchschnittliche elektrische Reichweite, Jahresfahrleistung und regelmäßigen Aufenthaltsorte Berücksichtigung finden. Die Differenzierung sollte anders als beim Masterplan Ladeinfrastruktur also nach Anwenderfällen statt Nutzungsgruppen erfolgen. Eine Unterscheidung nach Lade-Use Cases ist empfehlenswert, da die ihnen zugeordneten Wegzwecke unterschiedliche Anteile an allen Wegen haben und die Standzeiten variieren. In Frage kämen die Lade-Use Cases Eigenheim, Mehrfamilienhaus, Arbeitgeber, Kundenparkplatz und Straßenraum. Bei weitsichtigem Handeln und Planen würde der Lade-Use Case des Ladehubs innerorts/außerorts hinzutreten. Die Verteilung der Ladeereignisse sollte dabei anhand der zwei Szenarien geringe Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur und hohe Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur untersucht werden. Dabei sollte stets das empfohlene Verhältnis von öffentlich zugänglichen Ladepunkten und Elektroautos berücksichtigt werden. Mit diesem Ansatz ließe sich der Ladebedarf genauer bestimmen und damit auch die Anzahl benötigter Ladepunkte in der Hansestadt. Für das Jahr 2025 geht die NPE für einen bedarfsgerechten Ausbau von einem Verhältnis von 1:16,5 für das Normalladen und von 1:165 für das Schnellladen aus (vgl. GGEMO 2018: 53).

Hinweise auf mögliche Infrastrukturbedarfe könnten außerdem stichprobenartige Resultate aus dem halböffentlichen Bereich liefern. Die Stadt Hamburg könnte eine Anfrage an weitere Ladeinfrastrukturbetreiber im Stadtgebiet auf freiwilliger Basis zu Auslastungsdaten adressieren. Des Weiteren sollte mit den Automobilherstellern in einen Dialog getreten werden. Die Bestimmung des Bedarfs und der passgenaue Aufbau von Ladeinfrastruktur ist nur mit detaillierten Informationen zum Bestand und den technischen Eigenschaften der kommenden Elektrofahrzeuge möglich. Von Relevanz sind die erwarteten Neuzulassungen, die zukünftigen Batteriekapazitäten, maximalen Ladeleistungen und der Verbrauch an elektrischer Energie. Diese Aufgabe ist jedoch auf Bundesebene zu verorten.

## **Anpassung des Standortmodells**

Im Rahmen der Zwischenevaluation 2017 wurde überprüft, inwiefern die Scoringwerte der Ladestandorte mit der tatsächlichen Auslastung zusammenhängen. Eine Korrelationsanalyse konnte aufgrund der beschränkten Datenverfügbarkeit für diese Arbeit nicht durchgeführt werden. Dies gilt es dringend durch die Bevollmächtigten nachzuholen, und zwar vor der erneuten Anwendung des Standortmodells in der nächsten Ausbauphase. Nur so kann sichergestellt werden, dass alle Parameterwerte gültig sind.

Das Standortmodell sollte als anpassungsfähiges Modell zum Einsatz kommen. Das Hinzutreten, Wegfallen und die Änderung von Indikatoren sollten jederzeit ermöglicht werden. Dies betrifft ebenfalls eine Änderung der Gewichtung einzelner Indikatoren. Soziodemographische und -ökonomische Merkmale wurden im Modell nicht berücksichtigt. Ein Hinzuziehen erscheint sinnvoll, um das Wissen um die Präferenzen der Nutzer mit den räumlichen Strukturen verschneiden zu können und Potenziale zu erkennen.

Da der elektrotechnische Aufwand in nicht wenigen Fällen für die Bewertung der Standorteignung ausschlaggebend war und bei einer sich herauskristallisierenden vermehrten Installation von Schnellladestationen die Anschlusskosten auf einem deutlich höheren Niveau als bei Normalladestationen liegen, wird vorgeschlagen, die Anbieterperspektive künftig nicht mehr mit 20 Prozent sondern einem etwas höheren Anteil (+ fünf bis zehn Prozent) im Bewertungsprozess zu gewichten. Weiterhin sollten aber auf die Bewertungsparameter aus der Nutzerperspektive die höheren Gewichtungsanteile entfallen. Da die Verfügbarkeit von Flächen im öffentlichen Raum begrenzt ist, wird zusätzlich vorgeschlagen, im Sinne einer vorausschauenden Planung, das Kriterium der Erweiterbarkeit in die Bewertung eines Standortes aufzunehmen. Hierzu zählt die Flächengröße, Parkplatzverfügbarkeit und Beschaffenheit des örtlichen Stromnetzes.

Die Datenauswertung zeigte, dass die Auslastung von Standorten mit Nähe zu Points of Interest tendenziell höher ist. Es empfiehlt sich dieses Kriterium zu modifizieren, indem eine Gewichtung der POIs nach Aufenthaltsdauer und Nutzungshäufigkeit vorgenommen wird. Einige POIs eignen sich aufgrund einer kurzen Aufenthaltsdauer, wie etwa bei einer Bank oder Ämtern, nur bedingt für das Laden. Andere POIs wie Lebensmittelgeschäfte, Gastronomiebetriebe und Freizeiteinrichtungen werden regelmäßiger aufgesucht und das Fahrzeug für eine zum Laden nicht unerhebliche Zeit abgestellt. Auch denkbar wäre zusätzlich das Verkehrsaufkommen zu berücksichtigen. So werden etwa touristische Attraktionen, Hotels, Universitäten oder Bars weniger häufig mit dem Privat-Pkw angesteuert als etwa Baumärkte. Points of Interest mit kurzer Verweildauer werden eher dem Schnellladen und mit längerer Verweildauer dem Normalladen zugeordnet. Die Ladeleistung sollte an die Standzeiten angepasst sein.

## **Strategieansätze und Standortvorschläge im öffentlichen Bereich**

Bei der Weiterentwicklung des öffentlichen Ladenetzes in Hamburg sollten vorrangig Schnellladestationen an leicht erreichbaren Aktivitätsorten entlang der verkehrswichtigen Straßen und Korridore und nachrangig Normalladestationen durch Nutzung der allgemeinen Stand- und Verweilzeiten auf verkehrsüblichen Stellflächen an Orten des täglichen Bedarfs geschaffen werden. Diese Strategie wird vor dem Hintergrund der wachsenden Nachfrage nach DC-Ladestationen, die sich in der Datenauswertung abzeichnete, durch die Nutzer formuliert. Des Weiteren zeigt die Betrachtung angekündigter Fahrzeugmodelle für 2021 bis 2024, dass diese hohe Ladeleistungen verkraften. So sind beispielsweise der Peugeot 208 PSE, Kia e-Niro, Volvo C40, VW ID.4 und ID.6, BMW i4, Porsche Macan Electro, alle Audi e-tron Modelle und alle Mercedes Benz EQ Modelle DC-ladefähig (vgl. Huber, Jeß 2021).

Der weitere Ausbau sollte nicht primär einer Lückenschließung im Versorgungsnetz dienen, sondern eine Kapazitätsverstärkung an bestehenden, stark ausgelasteten Standorten zulassen. Diese Schwerpunktsetzung wird dem Ansatz einer bedarfsgerechten Weiterentwicklung gerecht, da sie der Nachfrage folgt. Außerdem ist dadurch die Wahrscheinlichkeit höher, die Standorte mittelfristig wirtschaftlich betreiben zu können. Bei der Auswertung der jährlichen Anzahl gestarteter Ladevorgänge und der verladenen Energiemenge gab es Überschneidungen. Die sechs Standorte Große Bergstraße 262, Luruper Hauptstraße 138, Beim Grünen Jäger 8, Osakaallee 6, Alter Fischmarkt 11 und Am Kaiserkai 53 waren jeweils unter den Top Ten vertreten. Mindestens diese Standorte gilt es zu verstärken. Der Suchraum für potenzielle neue Standorte sollte im Einzugsradius der hoch ausgelasteten Ladesäule liegen, welcher je nach Ladekategorie 200 (innerhalb des Ring 2) oder 400 Meter (innerhalb des Ring 3, Stadtteilzentren) beträgt. Dieser Vorgang wurde beispielhaft für einen Standort simuliert: Nördlich von der Ladesäule Alter Fischmarkt 11 liegen drei weitere Ladesäulen exakt an der Grenze des Einzugsgebiets. Südlich davon beträgt die Entfernung zur nächsten Ladesäule circa 580 Meter, die ebenfalls über eine starke Performance verfügt. In diesem Zwischenraum ließe sich theoretisch eine weitere Ladesäule installieren. Konkret vorgeschlagen werden hierfür die Parkbuchten in Längsaufstellung an der Willy-Brandt-Straße/Brandstwierte oder Brandstwierte/Dovenfleet. Die Standorte sind gut erkenn- und erreichbar, die Anzahl an Points of Interest im Umfeld ist mittel bis hoch und eine gute Verknüpfung zum ÖPNV gegeben.

Neben der Auslastung könnte auch die Lage als Indiz gebraucht werden. So könnte ein weiterer Ausbau in Quartieren erfolgen, wo jeweils Wohnen oder Büros neben Einzelhandel und autoaffinen Nutzungen existieren. Nach den Ergebnissen der Datenauswertung handelt es sich dabei um attraktive Ladestandorte. Dann würden sich etwa Schwerpunkte in Altona, Eimsbüttel, Winterhude und rund um den Hauptbahnhof ergeben. Dabei ist die prominente Platzierung der Ladesäulen im Straßenraum nochmals

hervorzuheben, da das öffentliche Laden auch eine psychologische Funktion erfüllt.

Zusätzlich könnte ein Beteiligungsprozess initiiert werden, bei welchem Standortvorschläge von Bürgern gesammelt werden. Dies wurde beispielsweise in den Städten Amsterdam und Potsdam vollzogen. Online könnten auf einer Stadtkarte Pins gesetzt werden, die einen Wunschstandort darstellen. Es erweist sich als sinnvoll die Zahl der Vorschläge pro Person zu begrenzen, um die Qualität der Vorschläge durch Reflexion der eigenen Ideen zu erhöhen und so auch nur die essenziellen Ladeorte zu identifizieren. Vorgeschlagene Standorte, die sich im Einzugsbereich niedrig ausgelasteter Ladestützen befinden, würden ausgeschlossen werden. Gleiches gilt für Standortvorschläge, die keinen erkennbaren Beitrag zum Gesamtnetz leisten. Vorgeschlagene Standorte in Bereichen mit hoher Wohn-, Gewerbe-, Freizeit-, POI- und/oder ÖPNV-Dichte würden bei der Auswertung mit einer aktualisierten Heatmap abgeglichen werden, um unentdeckte Potenziale zu erkennen. Um die Hamburger E-Mobilisten zur Teilnahme zu motivieren, sollte transparent über die Ziele der Beteiligung und den Umgang mit den Ergebnissen informiert werden. Beispielsweise könnte das Versprechen formuliert werden, dass zehn der eingereichten Ideen innerhalb eines Jahres umgesetzt werden. Dabei muss es sich aber keineswegs um eine standortscharfe Festlegung handeln. Ausreichend wäre die Schaffung einer Ladestation im näheren Umfeld eines gesetzten Pins, nach der erfolgreichen baulichen und technischen Eignungsprüfung. Diese Maßnahme empfiehlt sich, da sie sich an den Bedürfnissen der Verbraucher orientiert, über die im Hamburger Fall nicht allzu viel bekannt ist. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass die Ladestandorte nach der Inbetriebnahme eine geringe Auslastung aufweisen.

Die Installation neuer Ladestationen in den Bezirken Harburg und Bergedorf ist angesichts der Auslastung gegenwärtig bestehender Ladestationen kaum argumentierbar. Erst wenn anstelle einer bedarfsgerechten die flächendeckende Versorgung mit Ladeinfrastruktur forciert wird, ist dies sachlich begründbar. Es ist daher davon auszugehen, dass sich der Ausbau auf die Bezirke nördlich der Elbe konzentrieren wird, auch wenn mit einigen Abweichungen zu rechnen ist. Es besteht die Option, über die Betrachtung der zugelassenen Elektrofahrzeuge je Bezirk oder Stadtteil, weitere Ausbauschwerpunkte auszumachen. Beim Vergleich der zehn Hamburger Stadtteile mit der höchsten Anzahl zugelassener Elektrofahrzeuge mit der Anzahl der Ladepunkte im jeweiligen Stadtteil stechen drei besonders hervor. In Rahlstedt, der HafenCity und Bramfeld entfallen auf einen Ladepunkt zwölf, 17 oder 29 Elektroautos, während dieser Wert bei den restlichen betrachteten Stadtteilen unter zehn liegt. In Winterhude etwa stehen 60 Ladepunkte für nur 96 Elektroautos zur Verfügung, wenn nur der Anwendungsfall Laden am Wohn-/Arbeitsort betrachtet wird. Bei dieser Vorgehensweise müsste berücksichtigt werden, ob viele Gewerbebetriebe vorhanden oder Laternenparker zu erwarten sind, da dies den Ladebedarf im öffentlichen Raum stark beeinflusst.

Ein weiterer denkbarer, ergänzender Ansatz wäre abgelehnte Standorte aus den ersten Erhebungszyklen einer erneuten Eignungsprüfung zu unterziehen. Dieser Vorschlag wird zur Abwägung unterbreitet, da die Interviewpartner mit ihren Aussagen zu verstehen gegeben haben, dass Ablehnungen nicht immer ausschließlich anhand objektiver Kriterien formuliert wurden.

### **Strategieansätze und Standortvorschläge im halböffentlichen Bereich**

Das Konzept für die nächste Ausbauphase sollte dazu beitragen, private Flächen in einem gewissen Umfang für die Bereitstellung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur zu erschließen, um den knappen öffentlichen Raum zu entlasten. Es ist erkennbar, dass sich weitere Akteure am Markt etablieren werden. Anzustreben wäre die Abbildung dieser Angebote über die Plattformlösung der SNH. Über Ansprachen und Angebote der Stadt könnte der Versuch unternommen werden diese Akteure zu einem stadteinheitlichen Ladeinfrastrukturaufbau zu bewegen. Eine Berücksichtigung von geplanter Ladeinfrastruktur von anderen Akteuren ist von Bedeutung, da sie die zu erwartenden Ladeereignisse an einem Standort senkt und damit die Wirtschaftlichkeit der geplanten Ladeinfrastruktur erhöht (vgl. DIN e.V. 2020: 31).

Für den weiteren Ausbau der Normalladeinfrastruktur wird die Berücksichtigung von Park + Ride vorgeschlagen. Diese Anregung wird zurückgeführt auf das Analyseergebnis, dass die Nähe zum Flughafen, Hauptbahnhof, Knoten- und Umstiegspunkten des U-Bahn-Netzes einen Einfluss auf die Performance von Ladestandorten haben kann. Fahrzeuge werden auf P + R-Anlagen abgestellt, um den letzten Teil der Fahrt auf der Schiene zurückzulegen. Sie werden häufig von Pendlern genutzt. Entsprechend handelt es sich um Standorte mit langen und regelmäßigen Standzeiten, weswegen sie geeignet für Ladevorgänge sind. Bei den Anlagen gilt es die Auslastung der vorhandenen Parkplätze und die durchschnittliche Parkdauer zu berücksichtigen, sofern dies bekannt ist. In Hamburg gibt es 34 P + R-Anlagen in Form eines Parkhauses, einer Parkpalette oder eines Parkplatzes mit eingeschränkter Zugänglichkeit (vgl. P + R-Betriebsgesellschaft mbH 2021). Unter Berücksichtigung der Auslastung der bestehenden Ladestationen im Umfeld dieser 34 Standorte und der POIs kommen nach einer ersten behelfsweisen Eignungsprüfung vier Park + Ride-Anlagen zur Installation von Ladeinfrastruktur in Frage. Diese befinden sich an folgenden Orten: Lokstedter Grenzstraße, Tangstedter Landstraße (Versorgungszentrum Langenhorner Markt mit hoher POI-Dichte), Sommerkamp (Friedhof Ohlsdorf), Doberaner Weg (Nachverdichtung, Bezugspunkt Rahlstedter Straße 154). An der Koppelstraße/Ecke Lokstedter Grenzstraße befindet sich eine Ladestation, deren Zahl der gestarteten Ladevorgänge und der Energieverbrauch 2019 über den Durchschnittswerten für das Gesamtladenetz lagen. Außerdem befindet sich mit dem NDR ein großer Hamburger Arbeitgeber der Medienbranche an dem Standort. Zu den POIs zählen der Hagenbecks Tierpark, medizinische Versorgungseinrichtungen oder ein Supermarkt der Edeka-Gruppe. Eine Feinprüfung sollte vollzogen werden.

Im Jahr 2019 war nach Angaben des Handelsverbands Deutschland rund jeder achte Ladepunkt im nicht-privaten Bereich auf einem Stellplatz im Einzelhandel installiert. Durch das im März 2020 vom Bundeskabinett beschlossene und im März 2021 in Kraft getretene Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG), nach welchem ab 2025 alle Nicht-Wohngebäude mit mehr als 20 Stellplätzen mit mindestens einem Ladepunkt ausgestattet werden müssen, wird der Ausbau der Ladeinfrastruktur durch den Handel in den kommenden Jahren verstärkt werden. Allein im Lebensmitteleinzelhandel werden so bundesweit rund 38.000 Standorte zum Aufbau von Ladeinfrastruktur verpflichtet (vgl. HDE 2020). So kündigten bereits der Discounter Lidl und die Lebensmittelkette Kaufland an, mittelfristig alle 3.900 Märkte in Deutschland mit mindestens einer Ladestation ausstatten zu wollen. Die bereits installierten Ladesäulen können während der Öffnungszeiten kostenlos für eine Stunde genutzt werden. Seit neustem wird zum Starten des Ladevorgangs in einigen Bundesländern eine App benötigt, so zum Beispiel in Hamburg. Es wird auf einen Mix von 22, 44, 50 und 150 Kilowatt-Geräten gesetzt (vgl. emobilitaet online 2021). Pressemitteilungen von Aldi, der Edeka-Gruppe und Rewe-Gruppe können ähnliche Bestrebungen entnommen werden. Auch ohne Zutun der Hamburger Politik wird entsprechend im halböffentlichen Bereich zusätzliche Ladeinfrastruktur bereitgestellt. Wünschenswert wären einheitliche Standards, um eine hohe Nutzerfreundlichkeit im Gesamtladenetz zu erreichen bzw. weiter gewährleisten zu können. Neue Marktteilnehmer werden versuchen sich gegenüber anderen Wettbewerbern zu differenzieren und den Kunden ein Nutzen-/Wertversprechen anbieten. Dies schließt Überlegungen zu Kooperationen mit dem öffentlichen Ladesäulenbetreiber ein (vgl. Jelonnek, Krommes 2019: 14).



Abb. 95-96: Ladestationen an Filialen der Schwarz-Gruppe (Lidl 2019, HDE o.J.)

### **Alternative Ladekonzepte prüfen**

Es finden sich Konzepte, die den Umstand nutzen, dass mit der Straßenbeleuchtung bereits eine funktionierende elektrische Infrastruktur im öffentlichen Raum vorhanden ist. Das Berliner Unternehmen Ubitricity hat beispielsweise ein Ladesystem entwickelt, das in eine Straßenlaterne integriert wird (vgl. Abb. 97). Die Lösung ist platzsparend und in der Anschaffung als auch im Betrieb wesentlich günstiger als eine freistehende AC-Ladesäule. Um laden zu können muss ein Smart Cable mit mobilem Stromzähler verwendet werden. Beim Einstecken des Kabels wird die Menge der gezapften Energie registriert und dem Nutzer am Monatsende eine Rechnung geschickt. Das Smart Cable

ermöglicht es für das Ladekabel einen Stromvertrag abzuschließen, der Nutzer kann den Stromanbieter also frei wählen (vgl. smarter-fahren.de o.J.). In London wurden 2.000 Exemplare installiert. In Berlin sind die ersten 30 Straßenlaternen umgerüstet, bis 2022 sollen insgesamt 1.000 als Ladestationen dienen. Die Umrüstung der Berliner Straßenlaternen verzögert sich jedoch aufgrund von bundesweiten Normen (vgl. Schaal 2020a). Modellversuche und Aufbauaktivitäten dieser und ähnlicher Art im europäischen Raum sollten aufmerksam beobachtet werden, um die Übertragbarkeit und Anwendung zu prüfen. Diese Strategie käme ohnehin nur als Ergänzung der geplanten Ladeinfrastruktur in Form von freistehenden Ladesäulen in Frage.

Im November 2020 hat das Unternehmen Qwello seine ersten Ladestationen in Hamburg in Betrieb genommen. Optisch erinnern diese an Straßenlaternen (vgl. Abb. 98). Ausgestattet sind die 2,30 Meter hohen AC-Stationen mit einem Ladepunkt mit integriertem elf-kW-Ladekabel. Durch Falschparker blockierte Ladestationen werden den Nutzern in der zugehörigen App nicht angezeigt. Im Vorbeifahren ist der Belegungsstatus durch Farb-LED ersichtlich. Gegen eine Gebühr von einem Euro kann die Ladesäule für 15 Minuten reserviert werden und wechselt dann den Status an dem farbigen LED-Ring von grün auf gelb (in Betrieb, nicht für Dritte verfügbar) (vgl. Schaal 2020b).



Abb. 97: Ubitricity: Nachrüsten von Ladepunkten in bestehende Lichtmasten in Berlin (Ubitricity o.J.)



Abb. 98: Qwello Ladestationen im Lehmweg in Hamburg (Schaal 2020b)

### **Carsharing gesondert betrachten**

Die öffentliche Ladeinfrastruktur in Hamburg wird besonders intensiv von den Carsharing-Anbietern genutzt. Mit dem Hinzutreten eines weiteren Anbieters mit einer vollelektrischen Flotte und der Teilelektrifizierung bestehender Carsharing-Flotten ist davon auszugehen, dass in 2021 der Anteil der auf Carsharing entfallenen Ladevorgänge nochmals steigen wird. Um eine Entzerrung zu erreichen, gilt es die Elektrifizierung der hvv switch-Punkte weiter voranzutreiben. Das ursprünglich geplante Ziel von 150 Ladepunkten auf hvv switch-Flächen ist bis heute nicht erreicht worden. Durch die Berücksichtigung des Anwendungsfalls hvv switch bei einem ausstehenden Förderaufruf durch den Bund wird die (Teil-)Finanzierung sichergestellt, die bisher die Verzögerung verantwortete. Am Dammtorbahnhof ist die hvv switch-Fläche bereits mit Ladeinfrastruktur ausgestattet. Direkt daneben befindet sich eine DC-Ladestation, die Teil des öffentlichen Ladenetzes ist (vgl. Abb. 99-100). Dieses Nebeneinander könnte auch an

weiteren Standorten im Stadtgebiet sinnvoll sein, da jeweils unterschiedliche Nutzergruppen angesprochen werden. Aus den Interviews war nicht klar erkennbar, ob eine Reihenfolge für die nachträgliche Versorgung bestehender hvv switch-Flächen mit Ladeinfrastruktur festgelegt wurde. Sollte dies noch offen sein, empfiehlt sich ein koordiniertes Vorgehen der Fachexperten. Bevorzugt sollten diejenigen hvv switch-Flächen werden, an welchen bei Ladesäulen im näheren Umkreis nachweislich viele Fahrzeuge der Carsharer abgestellt werden (z.B. Grandweg/Veilchenweg). Hier könnte hySOLUTIONS eine übergeordnete Rolle einnehmen. Gleichzeitig können die Ladestandorte mit einem hohen Anteil geladener Carsharing-Fahrzeuge Aufschluss über Potenzialräume für weitere hvv switch-Punkte geben. Ein Ausbaubedarf wird unter Berücksichtigung der Auswertungsergebnisse im Bezirk Altona im Grenzbereich der Geschäftsgebiete der Carsharer, am Flughafen, der Hafencity und in Harburg gesehen.



Abb. 99-100: Nebeneinander von Ladestationen des öffentlichen Ladenetzes und für hvv switch-Partner (Electrive.net 2021)

### **Praktische Hemmnisse abbauen**

Die Genehmigungsverfahren für Ladestationen sollten beschleunigt werden, um den Zeitraum der Installationen und Inbetriebnahmen möglichst auf das ganze Jahr bzw. ein Dreivierteljahr auszudehnen. Zur Umsetzung stehen die Optionen einer Beschränkung der Durchlaufzeit auf beispielsweise zwei Monate mit automatischer Genehmigung bei einem nicht gegenteiligen Bescheid innerhalb dieses Zeitraums (ähnlich des Verfahrens bei Bauanträgen), die Arbeit mit vorgegebenen Antwortoptionen und Pauschalen für Netzanschlusskosten oder Reduzierung der einzubringenden Dokumente, zur Verfügung.

Eine wirksame Sanktionierung der Falschnutzung der Ladeplätze sollte weiter durch das LBV Parkraummanagement erfolgen, auch wenn die Fehlbelegung nach Aussagen der Interviewpartner im Projektverlauf abgenommen habe. Bei Ortsbegehungen während der Bearbeitungszeit der vorliegenden Arbeit konnten einige abgestellte Fahrzeuge ohne E-Kennzeichen an den Ladeplätzen gesichtet werden.

Die Stellflächen an Ladestationen stehen allen gekennzeichneten E-Fahrzeugen unabhängig vom Ladevorgang zur Verfügung. Um die Auslastung zu erhöhen, könnte künftig eingestellt werden, dass ein Parkvorgang an einem Ladeplatz ohne Anschluss an die Ladesäule erfolgen kann. Damit würde eine Privileg, welches die Elektrofahrer aktuell

in der Hansestadt genießen, entfallen. So würden Ladepunkte für einen Ladevorgang freigegeben werden, die ansonsten durch die Belegung nicht nutzbar waren. Hierbei handelt es sich nicht nur um eine strategische, sondern auch politische Entscheidung, die einer intensiven Abwägung bedarf.

### **Datenmanagement verbessern**

Auf eine lückenhafte oder falsche Dokumentation der Ladestandorte wurde im bisherigen Verlauf teils schon hingewiesen. Die der Bundesnetzagentur gemeldeten Ladestandorte stimmen nicht vollständig mit der erhaltenen Standortliste des Betreibers sowie den Angaben auf der dynamischen Standortkarte überein. So sind beispielsweise Standorte mit identischen Angaben mehrfach im Ladesäulenregister aufgeführt, wodurch die Zahl der Ladepunkte künstlich erhöht wird. Außerdem weichen teilweise die Hausnummern ab, die Anschlussleistung weist einen zu geringen Wert auf oder die Postleitzahl ist falsch hinterlegt. Es ist unklar, wo die Fehlerquelle liegt. Weiterhin wurde auf unterschiedliche Angaben auf dem Geportal Hamburg und der E-Charging-Karte aufmerksam gemacht. Diese Abweichungen gilt es schnellstmöglich zu bereinigen. Eine Meldung bei neu errichteten Ladepunkten im öffentlichen und halböffentlichen Bereich sollte an zentraler Stelle in der Stadtverwaltung oder bei der SNH erfolgen und schnellstmöglich eine Integration in alle regional nutzbaren Listen und Karten stattfinden.

Die SNH verfügt über alle nötigen Funktionen zur Steuerung und Überwachung der Ladeinfrastruktur. Durch die Interviews entstand der Eindruck, dass zwar alle relevanten Daten automatisch erfasst und gespeichert werden, sowie eine Echtzeitabfrage möglich ist, aber kein automatisches Monitoring und Reporting erfolgt. Mit dem Begriff des Monitorings ist an der Stelle ausdrücklich nicht alleine die Erfassung aller Ladevorgänge und Statuswerte gemeint, sondern insbesondere auch die Interpretation dieser Ergebnisse. Diese Lücke im Berichtssystem sollte geschlossen werden. Das Monitoring ermöglicht das Erkennen von Wirkungszusammenhängen, vor allem in Bezug auf den Effekt der Schaffung von Ladeinfrastruktur auf die Elektromobilität in der Hansestadt und die Korrelation von Standortfaktoren mit der Auslastung. Mögliche Fehlentwicklungen und planerische Handlungsbedarfe können so frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Einer Über- oder Unterdimensionierung kann also vorgebeugt werden. Das ständige Monitoring kann so auch der Entwicklung einer jährlichen Trendprognose dienen, die eine Anpassung der Zielzahl von Ladepunkten für 2025 erlaubt. Im Zuge des Monitorings könnten für jede Ladesäule beispielsweise folgende Basiskennzahlen festgehalten werden: einmalige Investitionskosten, laufende jährliche Kosten, Lebensdauer der Ladesäule, Anzahl geladener Autos pro Ladepunkt täglich/monatlich/jährlich, durchschnittliche Ladezeit täglich/monatlich/jährlich, durchschnittliche abgegebene Energiemenge täglich/monatlich/jährlich und Art der Störungsmeldungen.

## **Nutzerbefragung durchführen**

Um eine breite Akzeptanz der Elektromobilität zu erreichen, müssen die individuellen Bedürfnisse der Nutzer zuverlässig bedient werden und ein positives Kundenerlebnis beim Ladevorgang erreicht werden. Für eine Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Ladestationen eignet sich die Durchführung einer Befragung. Zielsetzung dabei wäre, die Nutzungsgewohnheiten und Zufriedenheit mit öffentlichen Ladestationen in Hamburg zu überprüfen. So könnte mehr über Beschwerden erfahren und diese objektiviert werden sowie Ideen zur Verbesserung bei der künftigen Produktentwicklung gesammelt werden. Vorgeschlagen wird die Platzierung von QR-Code-Stickern an den Ladestationen, die durch das Scannen mit dem Smartphone den Nutzer zu einer Online-Umfrage leiten. Weiterhin könnten Nutzer auf eine laufende Umfrage durch eine Meldung in der E-Charging App oder ein Pop-up auf bestimmten Webseiten und in Foren aufmerksam gemacht werden. Ein entsprechender standardisierter Fragebogen könnte folgende beispielhafte Fragestellungen und Antwortmöglichkeiten enthalten:

### **Wie häufig nutzen Sie ein Elektroauto?**

Täglich, 5 Tage die Woche, 1-3 Tage die Woche, mehrmals pro Monat, seltener

### **Für welche Zwecke nutzen Sie ein Elektroauto größtenteils?**

Arbeitsweg, Dienstfahrt, Erledigung, Einkauf, Freizeit, sonstiges

### **Wie lassen sich die Eigentumsverhältnisse bei dem genutzten Elektroauto beschreiben?**

Privatfahrzeug, Dienstfahrzeug mit Möglichkeit zur Privatnutzung, Dienstfahrzeug ohne Möglichkeit zur Privatnutzung, Forschungs-/Projektfahrzeug, Carsharing/Mietwagen

### **Wie laden Sie das Elektroauto?**

Öffentliche Ladesäule, Wallbox Zuhause oder beim Arbeitgeber, öffentliche Ladesäule und Wallbox Zuhause oder beim Arbeitgeber

### **An welchem Ort laden Sie häufiger?**

Öffentliche Ladesäule AC, öffentliche Ladesäule DC, Wallbox Zuhause oder beim Arbeitgeber

### **Wie häufig laden Sie das Elektroauto?**

Täglich, jeden zweiten Tag, einmal die Woche, mehrmals pro Monat

### **Welche Bedenken haben Sie beim Ladevorgang im öffentlichen Raum?**

Schäden am Fahrzeug oder Ladekabel durch fremde Personen, lange Ladezeiten, blockierte Ladeplätze bei Anfahrt, Probleme bei punktgenauer Abrechnung, Parkzeit reicht nicht aus für Vollladung, Probleme bei Authentifizierung, langfristig zu hohe Kosten, Wegdistanz zu Zielorten, unzureichende Anzahl an Ladepunkten, keine

### **Welche negativen Erfahrungen haben Sie beim Laden an öffentlichen Ladesäulen gemacht?**

Ladesäule war außer Betrieb, Ladeplatz war von anderem E-Auto genutzt, Ladeplatz war von Fremdparkern genutzt, Ladevorgang wurde abgebrochen, Umparkvorgang musste wegen Kabellänge vollzogen werden, keine

### **Wie zufrieden sind Sie mit den einzelnen aufgeführten Aspekten?**

Verwendung von 100 % Ökostrom, zugewiesene Parkplätze, Länge des Ladekabels an DC-Ladestationen, Sichtbarkeit der Ladestationen, Verfügbarkeit der Ladestationen, Gesamtanzahl der Ladestationen, Verteilung der Ladestationen, Ladeleistung, Attraktivität des Standortes durch Umfeldnutzung, Wahlfreiheit stromliefernden Anbieters, Abrechnungsvarianten, Bedienbarkeit, Störungsmeldung, Störungsbehebung, Hinweisschilder

### An welchem Zusatzservice hätten Sie Interesse?

Routenplanung zur nächsten freien Säule für Smartphone/Navig, Vorabreservierung eines Ladeplatzes, gesteuertes Laden, Meldung von Fehlbelegung über App, Witterungsschutz, intermodale Mobilitätsangebote am Standort, High Power Charger, weitere (...)

Die Antwortmöglichkeiten sind nicht als abschließend zu verstehen, insbesondere nicht die Einflussfaktoren auf die Kundenzufriedenheit. Es wird lediglich die Absicht verfolgt die vorgeschlagene Maßnahme erfahrbarer zu machen. Es empfiehlt sich den Umfang des Fragebogens möglichst gering zu halten, um die Teilnahmewahrscheinlichkeit zu erhöhen. Die Ausfüllzeit sollte sich an der Länge des Laufweges von der Ladestation zum Zielort orientieren und daher bei maximal fünf Minuten liegen.

### Nutzerfreundlichkeit erhöhen

Mittlerweile sind alle Stellplätze an den Ladestationen im öffentlichen Raum mit Parkensensoren ausgestattet (vgl. Werwitzke 2021). Dies eröffnet die Möglichkeit Nutzern in der App die Belegung der Ladeplätze anzuzeigen, wodurch ein erfolgloses Anfahren vermieden werden könnte. Angebote dieser Art finden sich bereits für Parkhäuser von verschiedenen Anbietern. In Ergänzung könnte eine automatische Routenberechnung und -anzeige zur nächsten freien Ladesäule eingerichtet werden sowie ein Ladeplatz vorab reserviert werden.

Weiterhin könnten Nutzer über den aktuellen Ausbaustatus informiert werden, indem auf den verfügbaren Standortkarten auch geplante Ladestandorte hinterlegt werden. Diese sollten farblich anders gekennzeichnet werden und auch eine Angabe zur voraussichtlichen Inbetriebnahme enthalten. Als Referenz kann die Standortkarte von Tesla dienen (vgl. Abb. 101). So können schon in den ersten Monaten nach der Aufstellung einer Ladesäule höhere Nutzungszahlen durch die Bekanntheit erreicht werden.

Diese vorgeschlagenen Maßnahmen, die den Nutzer in den Fokus rücken, lassen sich nicht als zwingende Bedarfe aus den Interviews bzw. der Evaluation ableiten. Sie werden dennoch aufgeführt, da die Nutzerakzeptanz maßgeblich für den Gesamterfolg ist.

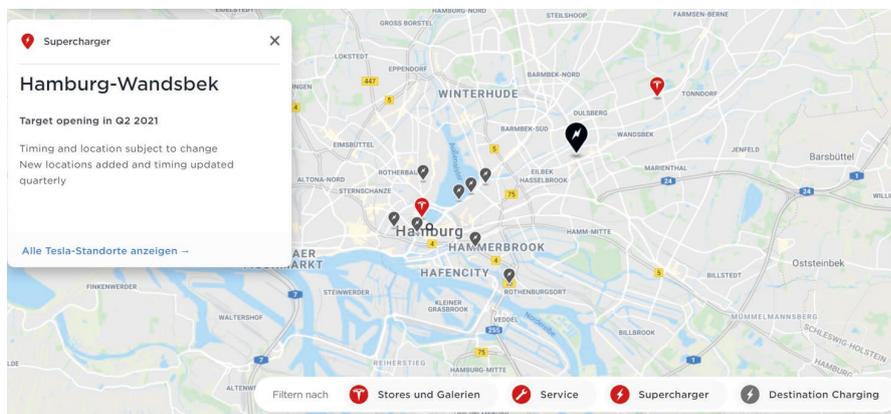


Abb. 101: Tesla Standortkarte (eigene Bildschirmaufnahme von Tesla 2021)

## **Geschäftsmodell durchdenken und anpassen**

Für die Bewertung des Geschäftsmodells ist neben der strategischen Relevanz, auf die bereits mehrfach eingegangen wurde, die Wirtschaftlichkeit zu hinterfragen. Für den Aufbau und Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur bestehen bislang nur wenige gewinnbringende Geschäftsmodelle. Aufgrund ihrer günstigen Lage wird es Ladestandorte geben, die künftig durch mehr Elektrofahrer wirtschaftlich sein werden. Daneben werden aber auch künftig noch Ladestandorte bestehen, die weniger häufig angefahren werden, für das Gesamtnetz aber strategisch dennoch von Bedeutung sind. Erkennbar ist, dass von einer anfänglich entgeltlosen Nutzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur im Bundesgebiet im weiteren Verlauf ein Preismodell entwickelt wird (vgl. Jelonnek, Krommes 2019: 35). Der Vergleich bestehender Preis- und Tarifmodelle öffentlicher Ladenetze in Deutschland zeigt, dass es die Optionen eines kundenbeziehungsabhängigen und -unabhängigen Modells gibt und die Grundgebühr als Pauschale oder leistungsabhängige Gebühr nach Ladezeit, abgegebener Energiemenge oder pro Ladevorgang vom EMP an den Betreiber entrichtet werden kann. Dies dient der Refinanzierung der Investitions- und Betriebskosten (vgl. ebd.: 27f.) Eine betriebswirtschaftliche Bewertung kann auf Basis der Datenlage nicht vorgenommen werden. Die Anwendung des neuen § 7c EnWG wird Folgen für das Betreiber- und Geschäftsmodell haben, die noch nicht vollständig voraussagbar sind. In diversen Stellungnahmen von Verbänden zum Gesetzentwurf wird die nähere Festlegung von Bedingungen in einer Rechtsverordnung gefordert, um Rechtssicherheit für die betroffenen Akteure zu schaffen. Dabei geht es etwa um eine exakte Definition der Begriffe Entwicklung, Verwaltung und Betrieb, die sachgerechte Entschädigung bei zwangsweisem Ausscheiden eines Stromverteilernetzbetreibers aus dem Betrieb von Ladeinfrastruktur oder die Klärung der Voraussetzungen für die Ausnahmegenehmigung. Entsprechend wird auch auf die Unterbreitung eines konkreten Vorschlags an dieser Stelle verzichtet. Die Maßnahmenempfehlung trägt daher den oberflächlichen Titel *Geschäftsmodell durchdenken und anpassen*.

## **Privatinvestoren aktivieren**

Private Flächen besitzen keine allgemeine Zugänglichkeit für die Öffentlichkeit und entziehen sich weitestgehend dem Einfluss der Stadt, können entsprechend nur sehr eingeschränkt im Ladeinfrastrukturkonzept berücksichtigt werden. Privatinvestoren, vornehmlich aus der Immobilienwirtschaft sowie große Arbeitgeber, sind aber unverzichtbar für den Ausbau von Ladeinfrastruktur im Hamburger Stadtgebiet. Die Nutzung des öffentlichen Ladenetzes erfolgt nur komplementär zur privat vorhandenen Ladeinfrastruktur. Der FHH stehen dabei verschiedene Instrumente zur Aktivierung zur Verfügung. In erster Linie sind monetäre Incentives zu nennen. Der Andrang auf die KfW-Förderung zeigt etwa, welche Anreizeffekte durch wirtschaftspolitische Maßnahmen erreicht werden können. Durch die gleichzeitig verzeichnete Zurückhaltung im Rahmen des ELBE-Projekts können wertvolle Erfahrungen hinsichtlich der Ausgestal-

tung eines Förderprogramms gewonnen werden. Dazu gehören insbesondere Bestimmungen zu Fördervoraussetzungen, Art und Umfang der Förderung und dem Verfahren selbst (Antragstellung, Bewilligung, Auszahlung, Verwendungsnachweis). Da von den befragten Experten die Notwendigkeit eines Last- und Lademanagements im privaten Bereich gesehen wird, wäre empfehlenswert bei der finanziellen Förderung privater Ladeinfrastruktur eine verpflichtende Teilnahme am Last- und Lademanagement vorzuschreiben. Auch gilt es bei Fördermaßnahmen die Angebote auf Bundesebene im Blick zu behalten. Zu den nicht-monetären Instrumenten zählt die Formulierung von regulatorischen Vorgaben, zum Beispiel durch die Landesbauordnung. Besonders hervorzuheben gilt es das jüngst in Kraft getretene Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz, wonach bei zu errichtenden Wohngebäuden mit mehr als zehn Stellplätzen jeder Stellplatz mit einer Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität auszustatten ist (§ 6 GEIG; § 8 GEIG bei Renovierung von bestehenden Wohngebäuden). Auch können Beratungsangebote der Stadt zu Produkten und Dienstleistungen helfen eine signifikante Zahl an Ladepunkten im privaten Raum zu generieren. Da im Bereich der privaten Ladeinfrastruktur viele Vorhaben bundesweit bestehen, können durch eine Best-Practice-Analyse verschiedene Ansätze und Produkte untersucht werden und der beste Lösungsansatz auch in der Hansestadt in Anwendung gebracht werden.



Abb. 102 (Energiewende 2021)

# 5



**DISKUSSION**

## 5. DISKUSSION

An dieser Stelle folgt eine kurze Diskussion der erarbeiteten Ergebnisse. Die Diskussion beschreibt die Validität der Forschung und zeigt Begrenzungen der Untersuchung auf. Die Rahmenbedingungen haben sich auf Ablauf, Gestaltung und Umfang der Arbeit ausgewirkt, daher werden nicht leistbare Elemente aufgeführt.

Die Planung des untersuchten Vorhabens geht über in die Planung der Evaluation. Definierte Ziele und Maßnahmen des Vorhabens sind auch gleichzeitig Vorgaben für die Evaluation, indem etwa Fragen über die Wirkung und Effizienz gestellt werden. Diese Verschränkung bedeutet, dass Versäumnisse in der Planung, fehlender Datenzugriff oder Nichteinbindung von Beteiligten sich auch in der Evaluation niederschlagen (vgl. SQA 2016). Das für die Arbeit gewählte sechsstufige Verfahren der Evaluation erwies sich als geeignete Gliederungshilfe. Bei der eigenen Reflexion zeigt sich, dass sich die Arbeitsschritte grundsätzlich auch in fünf Phasen gliedern lassen, und zwar wie folgt: Phase 1 Bereich auswählen und Ziele setzen, Phase 2 Methoden/Instrumente auswählen und Ablauf planen, Phase 3 Daten erheben und analysieren, Phase 4 Reflektieren und bewerten, Phase 5 Konsequenzen vereinbaren und Handlungsschritte formulieren.

Die Prozessevaluation konnte das Projekt nicht laufend durch Rückmeldungen unterstützen, da keine Begleitung der gesamten Maßnahme ab 2014 erfolgte. Zwar wurden in einem späten Stadium die Abläufe durchleuchtet, nichtsdestotrotz kann durch die Zwischenbilanz noch eine Nachsteuerung im Rahmen der nächsten Ausbauphase erfolgen. Die Prozessevaluation diente nicht allein der Bewertung von Prozessen, sondern auch dazu effiziente Vorgehen im Prozess selbst und Alleinstellungsmerkmale zu finden. Die Erfolge sollen so weit wie möglich gesichert werden. Somit ist das Ergebnis der Prozessevaluation in dieser Arbeit als eine Dokumentation eingetretener Ereignisse zu verstehen.

Die Wirkungsevaluation konnte nicht alle Prognosen überprüfen. Als Vergleichsdimension wurden die Erwartungen aus der Umwelt des Programms und der Adressaten, wozu insbesondere Projektträger und Kooperationspartner zählen, gewählt. Die Hamburger Vorgehensweise und die erzielten Ergebnisse hätten aber auch mit Ergebnissen ähnlicher Programme durch Erfahrungsberichte von anderen Städten, Leitfäden von Fachverbänden oder Darstellungen in Forschungsberichten verglichen werden können. Zu Arbeitsbeginn stellte dies noch eine Option dar, im weiteren Verlauf wurde diese Alternative aber verworfen. Gründe hierfür sind die Herausstellung eines unverwechselbaren Konzepts durch die Experten, ein früher Markteintritt und die magere Dokumentation der Konzeptfortschritte und -erfolge anderer deutscher Städte beim Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur.

Eine Herausforderung im Arbeitsprozess war es „up to date“ zu bleiben. Zuerst wurde

hinsichtlich der Bestandssituation in Deutschland und Hamburg mit Angaben bis zu den Jahren 2019/2020 gearbeitet. Im späteren Verlauf traten Publikationen hinzu, die den Bestand für 2020/2021 abbilden. Vor Erhalt der Datenpakete durch die betreuende Universität wurde eine Datenanalyse in schmalere Umfang mithilfe des Ladesäulenregisters durchgeführt. Diese Zwischenergebnisse wurden verworfen. Weiterhin wurden während der Bearbeitungszeit neue Gesetze mit direkter oder indirekter Wirkung erlassen und neue Carsharing-Unternehmen erschlossen den Markt oder bereits in der FHH aktive setzen fortan Elektrofahrzeuge ein. Auch wurden immer mehr Einzelheiten zur nächsten Ausbauphase mit der Zeit bekannt gegeben.

Zwischen der ersten Kontaktaufnahme und Durchführung eines Interviews lagen je nach Befragtem eine Woche bis circa vier Monate. Kein angefragter Experte hat eine Interviewanfrage abgelehnt. Nur im Falle des Interviews mit langer Vorlaufzeit änderten sich durch personelle Ausfälle die Ansprechpartner. Am Aufbau des öffentlichen Ladenetzes sind viele Personen und Institutionen mit unterschiedlichen Hintergründen, Motivationen und Aufgaben involviert. Es wurde sichergestellt, dass möglichst alle Personengruppen, die maßgeblich beteiligt sind, befragt werden. Dies wurde auch von den Interviewpartnern bestätigt, da viele Interesse an den weiteren Befragten zeigten und die Namensliste kommentierten. Bis auf die Ausnahme des Hamburger Senats wurden also alle Entscheidungsbefugten mit der Arbeit erreicht. Die Perspektive der Nutzerschaft blieb unberücksichtigt. Zum einen konnte keine stellvertretende Einrichtung identifiziert werden, zum anderen wurde aufgrund der durch die Corona-Pandemie geltenden Kontaktbeschränkungen auf eine direkte Ansprache der Nutzer verzichtet. Einige Interviewpartner sprachen aus, dass ohnehin keine Erfolgsaussichten aufgrund der Anonymität der Nutzer beständen.

Zu Gesprächsbeginn wurde klargestellt, dass die Evaluation einer Bestandsaufnahme und dem Festhalten von Lernerfahrungen durch einen Außenstehenden dient, nicht der Bewertung einzelner Prozessbeteiligter. Damit wurde der Versuch unternommen, den Experten potenziell bestehende Sorgen zu nehmen und eine Offenheit zu erreichen. Insgesamt wurde auf ein breites Interesse und Aufgeschlossenheit gestoßen. Auch boten viele Experten die Zusendung von internem Material an.

Zu beachten gilt, dass es sich bei den geäußerten Meinungen um Momentaufnahmen zum Zeitpunkt der Interviewdurchführung handelt. Da es sich um ein dynamisches Themenfeld mit Gegenwartsnähe handelt, ist davon auszugehen, dass bei einer Befragung zu einem anderen Zeitpunkt auch zum Teil andere Angaben getätigt werden würden, die aber eine ähnliche Tendenz annehmen würden. Des Weiteren gilt es darauf hinzuweisen, dass in erster Linie über zurückliegende Ereignisse gesprochen wurde, die eventuell nicht genau erinnert werden und auch nicht in allen Fällen im Rahmen einer Inhaltsanalyse durch Protokolle, Berichte oder ähnliches überprüft werden kann-

ten. Außerdem formulierten die Interviewpartner bei einigen Fragen nur Vermutungen.

Zur Durchführung einer Wirkungsanalyse wurden Datensätze beim Ladesäulenbetreiber angefragt. Wie beim methodischen Vorgehen bereits dargelegt, konnte im Rahmen der gesamten Bearbeitungszeit trotz mehrfach unternommener Kontaktversuche kein Durchbruch erlangt werden. Substanziell für den Erfolg der Arbeit waren die Parallelen des Forschungsvorhabens mit dem des E-MetropoLIS-Projekts, was die Herausgabe von Datensätzen durch die betreuende Universität rechtfertigte. Ohne diesen Teilerfolg hätte eine Anpassung der Forschungsfrage und Methodik erfolgen müssen. Bei den zur Verfügung gestellten Daten im ersten Zyklus wurden diverse Fehler entdeckt, die aus redundanten, inkonsistenten oder falsch formatierten Daten bestehen. So waren beispielsweise einige Standorte von Ladestationen mit identischen Koordinaten unter zwei unterschiedlichen Standortnummern und damit doppelt aufgeführt. Außerdem waren Werte falsch formatiert durch Hinzufügen eines Zeitstempels, benutzerdefinierter Formate oder Änderung des Dezimaltrennzeichens. Zusätzlich entsprach die Anzahl der Ladepunkte nicht der Wirklichkeit. Einige fehlerhafte Angaben konnten durch den Abgleich mit Onlinedatenbanken korrigiert werden, so zum Beispiel die Anzahl der Ladepunkte über die Standortkarte der Stromnetz Hamburg. Alle weiteren Auffälligkeiten wurden mit einem Bearbeiter des E-MetropoLIS-Projekts in mehrfachen Gesprächen analysiert und potenzielle Lösungsansätze diskutiert. Dieser Prozess kostete Zeit.

Die externe Evaluation konnte an hinreichende Informationen gelangen, besonders bei der Bewertung von Teilergebnissen und Ableitung von Maßnahmen zur Prozessoptimierung wurde aber deutlich, dass Detailfragen noch unbeantwortet blieben und das Betriebswissen fehlt. Es ist zu bemerken, dass diese Arbeit trotz einer sehr umfassenden Analyse das gesamte Umfeld der gestellten Fragestellung nicht abschließend aufzeigen kann. Die Beschränkung auf ausgewählte Punkte hängt vordergründig mit den fehlenden Fachdaten, nachgeordnet mit zeitlichen sowie personellen Kapazitäten zusammen. Bei der Notwendigkeit prozessbezogene und heikle interne Informationen zu verwenden, ist eine interne Evaluation der externen vorzuziehen. Verantwortliche des Hamburger Ladenetzes greifen durch die Positionen, Kompetenzen und Machtbefugnisse auf eine größere Bandbreite an Daten zu. Die interne Evaluation wird den Prozessbeteiligten auch zwingend spätestens mit Abschluss der nächsten Projektphase empfohlen.

Nichtsdestotrotz kann diese Arbeit und die darin entwickelte Strategie für die nächste Ausbauphase als grundsätzlich ausführlich begründet und sachlich fundiert angesehen werden, sodass deren Anwendung in der Praxis keine Hemmnisse entgegenstehen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sollten variabel und aufeinander abgestimmt zum Einsatz kommen. Eine erfolgreiche Umsetzung der Maßnahmen setzt die Bereitschaft aller Akteure voraus. Es ist nicht ausgeschlossen, dass konträre Zielsetzungen und noch

unveröffentlichte Vorhaben einer grundsätzlichen Umsetzung einiger Maßnahmen entgegenstehen. Mit der Übergabe der Arbeit an alle Interviewpartner wird sich erhofft einen intensiven Austauschprozess zwischen den relevanten Akteuren herbeizuführen.

Nicht nur Hamburg steht vor der Herausforderung geeignete Lösungen für eine bedarfsgerechte Weiterentwicklung der Ladeinfrastruktur zu suchen, weshalb sich die Frage nach der Übertragbarkeit der Arbeit auf andere Städte stellen lässt. Die Arbeit kann lediglich als Inspiration und Referenz dienen. Eine vollständige Übertragung auf andere Raumverhältnisse würde zu unpräzisen Ergebnissen und fehlerhaften Entwicklungen führen, empfiehlt sich daher nicht. Eine Generallösung zum Auf- und Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur gibt es nicht.



Abb. 103 (eigene Aufnahme)

# 6



**FAZIT**

## 6. FAZIT

Kommunen sind ein wichtiger Akteur im Gesamtsystem Elektromobilität, ohne den die Klimaschutz- und Energieziele nicht erreicht werden können. Die Freie und Hansestadt Hamburg hat sich früh als Wegbereiter der Elektromobilität positioniert und 2014 mit Hilfe stadteigener Gesellschaften mit dem Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur begonnen. Es wurde erkannt, dass zwischen Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur eine sachliche Komplementarität besteht, was eine aufeinander abgestimmte zeitliche Abfolge der Bereitstellung beider Güter erfordert. Ladeinfrastruktur generiert nicht nur bei einem Ladevorgang Nutzen, sondern stiftet durch das Vorhandensein auch einen Optionsnutzen. Mit dem Ziel das Henne-Ei-Problem zu lösen, erfolgte die Bereitstellung der Ladeinfrastruktur durch die öffentliche Hand zeitlich vorgelagert zum Fahrzeughochlauf. Dies stellt ein glaubhaftes Commitment zur Unterstützung des Elektromobilitätssystems dar. Das im Masterplan Ladeinfrastruktur entwickelte Konzept stellt zugleich die Kennzeichen und Merkmale des Hamburger Modells dar. Die Ladesäulen sind für jedermann jederzeit nutzbar. An diesen ist ausschließlich Grünstrom erhältlich. Die Infrastruktur wird anbietenden Vertrieben diskriminierungsfrei zur Verfügung gestellt. Nutzern ist das punktuelle Laden möglich. Es wird nicht zwangsläufig eine RFID-Karte benötigt, durch das Direktbezahlsystem kann per Handy Strom für ein Elektrofahrzeug geladen und abgerechnet werden. Eingeführt wurden einige dieser Kriterien zu einem Zeitpunkt, als sie noch nicht verpflichtend durch später folgende Verordnungen waren. Mit der Stromnetz Hamburg als Betreiber der öffentlichen Ladestationen wurde sichergestellt, dass eine Steuerung und Kontrolle direkt erfolgen kann und keine Abhängigkeit von Investitions- und Dispositionsentscheidungen Dritter besteht. Die SNH ist kein reiner CPO, sondern agiert zudem als Roaming-Plattform, welche eine maximale Vernetzung mit Marktakteuren bietet. Die Idee eines teiloffenen Marktzugangs unter der Prämisse bestimmte Qualitätskriterien beim Aufbau einzuhalten, traf nicht auf Interesse. Mit dem entwickelten Standortmodell wurde im ersten Schritt eine Grundversorgung mit Ladeinfrastruktur sichergestellt, im zweiten Schritt folgte eine Nachverdichtung mit Schwerpunkt in den bevölkerungsstärkeren Hamburger Bezirken nördlich der Elbe. Die Auslastung zeigt, dass strategisch gut positionierte Ladestandorte, die einer erwarteten Nachfrage folgen und insbesondere den Faktor Dichte berücksichtigen, zielführender sind als ein flächendeckender Aufbau von Ladesäulen. Gleichzeitig wird deutlich, dass auch Stadtteilzentren abseits des Zentrums und Stadtrandlagen geeignet für den Aufbau von Ladeinfrastruktur sind. Das bedarfsgerechte Konzept ermöglicht also gleichermaßen flächendeckende Mobilitätsoptionen. Eine steigende Inanspruchnahme der öffentlichen Ladestationen sowie steigende Anzahl an Elektrofahrzeugen und ihr Anteil am Fahrzeugbestand ist objektiv messbar. Die Statistikwerte können als „Früchte“ der früh ergriffenen Maßnahmen bezeichnet werden.

Die Prozess- und Wirkungsevaluation kamen zu folgenden Ergebnissen: Die Prognosen

zum Fahrzeughochlauf mit der Differenzierung nach Nutzergruppen, den Ladevorgängen und dem Stromabsatz sowie dem privatwirtschaftlichen Engagement bei Errichtung und Betrieb von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur stellten sich als überschätzt heraus. Die Zielmarke von 1.000 öffentlichen Ladepunkten bis 2019 konnten erreicht werden. Aus den Auslastungswerten lässt sich ableiten, dass das öffentliche Ladenetz wie angenommen eher eine komplementäre Funktion hat und vornehmlich zur Zwischendurchladung im Sinne einer Reichweitenverlängerung genutzt wird, aber auch in Quartieren mit hoher Dichte von Laternenparker regelmäßig gebraucht wird. Standorte im Innenstadtbereich, Einkaufsstraßen, an Verkehrs- bzw. ÖPNV-Knoten und mit vielen Points of Interest im Umfeld werden häufig von Elektroautos zum Laden aufgesucht. Die Verbindungsdauer ist länger in Gebieten mit hoher Wohn- und Gewerbedichte und niedriger an Orten, die lediglich für Besuche und zum Einkaufen aufgesucht werden. Erfolgsbausteine waren klar umrissene Rollenbilder und Verantwortungen, eine politische Rückendeckung, der Mut zu Innovation und eine positive Fehlerkultur, Berücksichtigung der Nutzer- neben der Anbieterperspektive bei der Standortermittlung. Probleme in Arbeitsabläufen und Faktoren, die zu zeitlichen Verzögerungen bei der Vorhabensumsetzung führten, wurden intern aufgedeckt und eine schrittweise Verbesserung konnte im Prozess erreicht werden. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich durch die Untersuchungen des Projekts E-MetropoLIS ergänzen. Um weitere Erkenntnisse in den getroffenen Annahmen zu berücksichtigen, müssen außerdem die Akteure stärker eingebunden und weitere Daten ausgewertet werden.

Die erarbeiteten Handlungsmaßnahmen präsentieren Strategieansätze für die nächste Ausbauphase mit der Zielzahl von insgesamt 2.000 öffentlichen Ladepunkten, dienen der Erhöhung der Effektivität und Effizienz und widmen sich bestimmten Marktteilnehmern mit dem übergeordneten Ziel die Angebotsattraktivität zu steigern. Empfohlen wird die Fokussierung auf Nachfrageschwerpunkte und damit Installation von Ladesäulen im Einzugsbereich einer hoch ausgelasteten. Durch die Modifizierung des Standortmodells können darüber hinaus zweckmäßige Suchräume in Gebieten identifiziert werden, die heute noch keine bis kaum Ladeinfrastruktur aufweisen, aber einen Beitrag zum Gesamtladenetz leisten könnten. Bei der Bedarfsermittlung gilt es präzisere Berechnungen durch Hinzuziehen anderer Faktoren zu erstellen. Den Entwicklungen im halböffentlichen und privaten Bereich sollte mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Stimulierende Maßnahmen und Instrumente sowie ein gezielter Dialog können Ausbauaktivitäten beschleunigen und ein abgestimmtes Vorgehen gewährleisten. Zusätzlich gilt es praktische Hemmnisse weiter abzubauen. Änderungen beim Betreibermodell erscheinen wahrscheinlich. Für die Stadt stellt sich die Frage, welche Rolle sie künftig beim Ausbau und Betrieb der Ladeinfrastruktur spielen möchte. Die Freie und Hansestadt Hamburg ist in der Außenwirkung nach wie vor Vorreiter im Bereich Elektromobilität. Um diese Position zu verteidigen und auch bei wachsender Nachfrage und teils noch ungewissen Entwicklungen ein bedarfsgerechtes, nutzerfreundliches Lade-

netz bereitzustellen, muss der Prozess durch Flexibilität, dem kontinuierlichen Hinterfragen des bisher Erreichten und einem Veränderungswillen gekennzeichnet sein.

### **Ausblick**

Die Disruption der Automobilindustrie ist im vollen Gange. Der Fahrzeughochlauf wird in den kommenden Jahren absehbar sehr dynamisch verlaufen und muss daher beobachtet werden. Markthemmnisse werden weiter abgebaut, neue Anwendungszwecke erschlossen, das Ladeinfrastrukturnetz vergrößert, die Ladeleistung soll erhöht werden und die durchschnittliche Reichweite auf rund 800 Kilometer bis zum Jahr 2025 steigen. Die Erfahrungen der Arbeit zeigen, dass Prognosen zum künftigen Bestand nur in einer großen Spannbreite berechnet werden können bzw. sollten. Die Szenarien zur bedarfsgerechten Versorgung mit Ladeinfrastruktur reichen von einer flächendeckenden Verteilung von Normalladestationen bis zu einem tankstellenähnlichem System von Ladehubs mit DC- und HPC-Stationen. Selbst die gering erscheinende Zeitspanne bis zum Jahr 2025 bietet Potenzial für technische Neuerungen und Veränderungen in der Mobilität im Vergleich zu heutigen Maßstäben.



## LITERATURVERZEICHNIS

**ADAC Redaktion** (2021): Elektroautos im Winter: Praktische Tipps zur Reichweite. Online verfügbar: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-reichweite-winter/#:~:text=Das%20bedeutet%3A%20Auch%20bei%20solch,e%2Dup%2015%20Stunden%20ausharren> (letzter Aufruf: 10.03.2021).

**Allego** (o.J.): Ladelösungen. Hochleistungslader. Online verfügbar: <https://www.allego.eu/de-de/geschaeft/ultra-schnell-laden#> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**Auer, J.** (2019): Ladeinfrastruktur für Elektromobilität im Jahr 2050 in Deutschland. Working Paper Series in Production and Energy, No. 34. Karlsruhe.

**BDO AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft** (BDO) (2018): Delphi-Befragung Elektromobilitätsstrategie der Bundesregierung – Herausforderungen und Hemmnisse. Ergebnisse und Ableitungen. Leipzig.

**Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität** (BuW) (Hrsg.) (2017): Eckpunkte für den rechtlichen Rahmen der Elektromobilität. Überblick und Handlungserwägungen der Begleit- und Wirkungsforschung zum Schaufenster-Programm Elektromobilität. Ergebnispapier der Begleit- und Wirkungsforschung Nr. 34. Frankfurt am Main.

**Begleit- und Wirkungsforschung Schaufenster Elektromobilität** (BuW) (Hrsg.) (2015): Wer sind die Nutzerinnen und Nutzer von Elektromobilität? Transparenz durch das Nutzer-Begriffsnetz und den Nutzercube. Frankfurt am Main.

**Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt** (BSU) (Hrsg.) (2013): Lärmaktionsplan Hamburg 2013 (Stufe 2). Hamburg.

**Behörde für Umwelt und Energie** (BUE) (Hrsg.) (2019): Erste Fortschreibung des Hamburger Klimaplan. Hamburg.

**Behörde für Umwelt und Energie** (BUE) (Hrsg.) (2017): Luftreinhalteplan für Hamburg (2. Fortschreibung). Öffentliche Auslegung zur Einsichtnahme gem. § 47 Absatz 5a Satz 7 BImSchG vom 3. bis zum 17. Juli 2017. Hamburg.

**Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI); hySOLUTIONS; ARGUS** (o.J.): Standortbestimmung E-Ladeinfrastruktur Hamburg. Leitfaden zur Positionierung von E-Ladestationen. Hamburg.

**Boss, D.** (2020): Was ist SCRUM? Online verfügbar: <https://www.agile-heroes.de/blog/was-ist-scrum/> (letzter Aufruf: 10.03.2021).

**Börger, T.** (2016): Ausbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur. Hamburg.

**Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft** (BMEL) (Hrsg.) (2017): Leitfaden Evaluation. Berlin.

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur** (BMVI) (2020a): Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Online verfügbar: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/foerderrichtlinie-ladeinfrastruktur-elektrofahrzeuge.html> (letzter Aufruf: 07.02.2021).

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur** (BMVI) (Hrsg.) (2020b): AG 5-Bericht April 2020. Bedarfsgerechte und wirtschaftliche öffentliche Ladeinfrastruktur – Plädoyer für ein dynamisches NPM-Modell. Berlin.

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur** (BMVI) (Hrsg.) (2015): Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung. Berlin.

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur** (BMVI) (Hrsg.) (2014a): Genehmigungsprozess der E-Ladeinfrastruktur in Kommunen: Strategische und rechtliche Fragen. Berlin.

**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur** (BMVI) (Hrsg.) (2014b): Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge. Öffentliche Ladeinfrastruktur. Für Städte, Kommunen und Versorger. Berlin.

**Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW); Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE; Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke; Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.; Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE** (Hrsg.) (2020): Der Technische Leitfaden. Ladeinfrastruktur Elektromobilität. Version 3. Berlin, Frankfurt am Main.

**Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg** (Hamburgische Bürgerschaft) (Hrsg.) (2019): Drucksache 21/18988. Schriftliche Kleine Anfrage des Abgeordneten Stephan Gamm (CDU) vom 14.11.19 und Antwort des Senats. Betr.: Elektromobilität in Hamburg – Wie weit ist die Ladeinfrastruktur in Hamburg schon entwickelt? Hamburg.

**Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg** (Hamburgische Bürgerschaft) (Hrsg.) (2015): Drucksache 21/2521. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Hamburger Klimaplan. Hamburg.

**Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg** (Hamburgische Bürgerschaft) (Hrsg.) (2014): Drucksache 20/12811. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Masterplan Ladeinfrastruktur und Stellungnahme des Senats zu dem

Ersuchen der Bürgerschaft vom 11. Dezember 2013 „An Erfolge anknüpfen und Elektromobilität weiterentwickeln“, Drucksache 20/10267. Hamburg.

**cambio CarSharing** (2021): Hamburg E-Mobil. Online verfügbar: [https://www.cambio-carsharing.de/cms/carsharing/de/1/cms\\_f2\\_64/cms?cms\\_knuuid=5477a1c6-891f-443e-98c4-4a0b-6e6fccbf](https://www.cambio-carsharing.de/cms/carsharing/de/1/cms_f2_64/cms?cms_knuuid=5477a1c6-891f-443e-98c4-4a0b-6e6fccbf) (letzter Aufruf: 03.03.2021).

**Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste** (2019): Sachstand WD 5 - 3000 - 111/19. Kosten und Fördermöglichkeiten von Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Berlin.

**Deutsches Institut für Normung e.V.** (DIN e.V.) (2020): DIN SPEC 91433. Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung. Guidelines for search area and location identification and recommendations for reporting and approval procedures in charging infrastructure planning. Berlin.

**Die Bundesregierung** (2019): Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung. Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2030. Berlin.

**Dinauer, R.** (2021): Zu Hause aufladen. Online verfügbar: <https://www.sued-deutsche.de/auto/wallbox-ladestation-foerderung-1.5187363> (letzter Aufruf: 07.02.2021).

**Doppelbauer, M.** (2020): Grundlagen der Elektromobilität. Technik, Praxis, Energie und Umwelt. Wiesbaden.

**Drechsler, T.** (2020): So viele E-Autos müssen sich so wenige Ladepunkte teilen. Online verfügbar: <https://www.autobild.de/artikel/ladestation-fuer-e-autos-oef-fentliche-ladepunkte-anzahl-regionale-verteilung-bildplus--18630173.html> (letzter Aufruf: 04.02.2021).

**ecomento** (2021): Carsharing-Anbieter Miles flottet 150 VW ID.3 ein. Online verfügbar: <https://ecomento.de/2021/03/23/carsharing-anbieter-miles-flottet-150-elektroautos-vw-id3-ein/> (letzter Aufruf: 24.03.2021).

**ecomento** (2020): BDEW-Ladesäulenregister: Berlin neue Hauptstadt der Ladepunkte. Online verfügbar: <https://ecomento.de/2020/12/08/berlin-neue-hauptstadt-der-ladepunkte-bdew-ladesaeulenregister/> (letzter Aufruf: 15.03.2021).

**Einfach E-Auto Mobility Solutions** (2021): Schnellladen in Deutschland – Ionity mit Monopol? Online verfügbar: <https://einfacheauto.de/blog/schnellladesaulen-in-deutschland> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**ELBE** (o.J.): Alle Aspekte der Förderung im Blick. Online verfügbar: <https://elbe-hh.de/elbe/foerderung> (letzter Aufruf: 26.02.2021).

**electrivenet** (2021): Christoph Steinkamp von hySOLUTIONS über Elektromobilität in Hamburg – „electrive.net LIVE“. YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=kMRFa04G24> (letzter Aufruf: 14.03.2021).

**emobilitaet online** (2021): Lidl und Kaufland starten App für Ladesäulen an deutschen Filialen. Online verfügbar: <https://emobilitaet.online/news/ladeinfrastruktur/7126-lidl-kaufland-ladesaeulen-app> (letzter Aufruf: 11.03.2021).

**Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen** (FGSV) (2012):

Hinweise zur Evaluation von verkehrsbezogenen Maßnahmen. o.O.

**Freie und Hansestadt Hamburg** (FHH) (2017a): Memorandum of Understanding zwischen der Daimler AG, Mercedesstraße 137, 70327 Stuttgart und der Freien und Hansestadt Hamburg, im Folgenden gemeinsam „Partner“ über eine Strategische Partnerschaft im Bereich „Urbane Mobilität“. Hamburg.

**Freie und Hansestadt Hamburg** (FHH) (2017b): Memorandum of Understanding zwischen der Bayerische Motorenwerke Aktiengesellschaft (BMW AG) und der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH), im folgenden „Partner“ über eine Strategische Partnerschaft im Bereich „Urbane Mobilität“. Hamburg.

**Frost, S.; Mortsiefer, H.** (2013): Olaf Scholz beim eMobility Summit 2013. Hamburg fährt Berlin davon. Online verfügbar: <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/olaf-scholz-beim-emobility-summit-2013-hamburg-faehrt-berlin-davon/8416772.html> (letzter Aufruf: 23.02.2021).

**Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung** (GGEMO) (Hrsg.) (2018): Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase. Berlin.

**Generalzolldirektion** (2021): Steuervergünstigungen für reine Elektrofahrzeuge. Online verfügbar: [https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuerverguenstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge\\_node.html#:~:text=Die%20Steuerbefreiung%20von%20Elektrofahrzeugen%20betr%C3%A4gt,1%20KraftStG](https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuerverguenstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge_node.html#:~:text=Die%20Steuerbefreiung%20von%20Elektrofahrzeugen%20betr%C3%A4gt,1%20KraftStG) (letzter Aufruf: 07.02.2021).

**Geschäftsstelle der Metropolregion Hamburg** (Hrsg.) (2018): Projekt HansE: E-Ladeinfrastruktur in der Metropolregion Hamburg. Hamburg.

**Gomoll, W.** (2020): Durchbruch bei E-Mobilität ist 2024 zu erwarten. Online verfügbar: <https://www.automotiveit.eu/mobility/durchbruch-bei-e-mobilitaet-ist-2024-zu-erwarten-356.html> (letzter Aufruf: 04.03.2021).

**Grolman, F.** (o.J.): Methoden und Modelle der Strategieentwicklung. Die wichtigsten Strategiemodelle und Strategie-Tools im Überblick. Online verfügbar: <https://organisationsberatung.net/strategieentwicklung-methoden-modelle/> (letzter Aufruf: 10.03.2021).

**HafenCity Universität** (HCU) (Hrsg.) (2018): Elektromobilität im Rahmen der Stadtentwicklung in Hamburg und Shenzhen. Hamburg.

**HafenCity Universität** (HCU) (o.J.): E-Quartier Hamburg. Online verfügbar: <https://www.hcu-hamburg.de/research/forschungsgruppen/reap/reap-projekte/e-quartier-hamburg/> (letzter Aufruf: 25.02.2021).

**Hamburger Hochbahn AG** (2021): Hamburg bewegen. Verantwortung tragen. Wir sind Organisator einer nachhaltigen Mobilität für unsere Stadt. Online verfügbar: [https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Unternehmen/Unser\\_Job\\_fuer\\_Hamburg/Strategie](https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Unternehmen/Unser_Job_fuer_Hamburg/Strategie) (letzter Aufruf: 25.02.2021).

**Hamburger Hochbahn AG** (2020): Neue Geschäftsführung bei hySOLUTIONS. Online verfügbar: [https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Medien/Presse/Presseinformationen/neue\\_geschaefsfuehrung\\_bei\\_hysolutions](https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Medien/Presse/Presseinformationen/neue_geschaefsfuehrung_bei_hysolutions) (letzter Aufruf: 26.02.2021).

**Handelsverband Deutschland** (HDE) (2020): Aufbau von E-Ladesäulen: Handel fordert praktikable Bedingungen. Online verfügbar: <https://einzelhandel.de/presse/aktuellemeldungen/12585-aufbau-von-e-ladesaeulen-handel-for->

[dert-praktikable-bedingungen](https://einzelhandel.de/presse/aktuellemeldungen/12585-aufbau-von-e-ladesaeulen-handel-for-dert-praktikable-bedingungen) (letzter Aufruf: 11.03.2021).

**Haufe Online** (2020): Steuerliche Förderung bei Elektro- und Hybrid-Fahrzeugen. Online verfügbar: [https://www.haufe.de/personal/entgelt/lohnsteuer-neue-massnahmen-zur-foerderung-der-elektromobilitaet\\_78\\_490496.html](https://www.haufe.de/personal/entgelt/lohnsteuer-neue-massnahmen-zur-foerderung-der-elektromobilitaet_78_490496.html) (letzter Aufruf: 07.02.2021).

**Haupt, H.; Pfarrherr, B.** (2019): ELBE – Digitalisierte Netze für Elektrofahrzeuge. –In: Schulz, D. (Hrsg.): Hamburger Beiträge zum technischen Klimaschutz. Band 1. Aktuelle Infrastruktur- und Technologieansätze in den Bereichen Strom- und Gasnetz, Elektromobilität und Wasserstoffwirtschaft. Hamburg. 33-35.

**Helmut-Schmidt-Universität** (HSU) (2021): Electrify Buildings for EVs (ELBE). Online verfügbar: <https://www.hsu-hh.de/ees/forschung-2020/electrify-buildings-for-evs-elbe> (letzter Aufruf: 25.02.2021).

**Hildebrandt, J.** (2016): Bereitstellung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung idealtypischer Ladebedarfe. Eine institutionenökonomische Analyse. Berlin.

**Hoerstedt, T.; Hahn, A.** (2012): Schema zur Ladeinfrastrukturbewertung für Elektromobilität. Braunschweig.

**Huber, A.; Jeß, C.** (2021): Neue E-Autos mit Preisen und Marktstart: Audi e-tron GT und Co. Online verfügbar: <https://www.autobild.de/artikel/neue-elektroautos-bis-2024--5777435.html> (letzter Aufruf: 11.03.2021).

**IONITY** (2021): Unser Ladenetzwerk. Online verfügbar: <https://ionity.eu/de> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**Jelonnek, D.; Krommes, S.** (2019): Abschlussbericht. Wissenschaftliche Begleitung „Betreibermodelle für (halb-) öffentliche Ladeinfrastruktur“ im Rahmen des Projekts e-MOTICON. Rosenheim.

**Jenker, J.** (2007): 3. Die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring. QUASUS. Qualitatives Methodenportal zur Qualitativen Sozial-, Unterrichts- und Schulforschung. Online verfügbar: <https://quasus.ph-freiburg.de/3-die-qualitative-inhaltsanalyse-nach-mayring/> (letzter Aufruf: 13.02.2021).

**Karle, A.** (2020): Elektromobilität. Grundlagen und Praxis. München.

**Klein, T.; Scheler, C.** (2018): Evaluation eines Standortpotenzialmodells für E-Ladeinfrastruktur. –In: Internationales Verkehrswesen, Heft 1 Februar 2018. Digitalisierung – Theorie und Praxis. Innovative Strategien für die Mobilität von morgen. 32-37.

**Knese, D.** (2019): Integration der Elektromobilität in die Stadtplanung und Straßenraumgestaltung. Lösungsansätze für Strategien, Konzepte und Maßnahmen. Kassel.

**Kraftfahrt-Bundesamt** (KBA) (2021a): Pressemitteilung Nr. 8/2021 - Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2021. Online verfügbar: [https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Fahrzeugbestand/pm08\\_fz\\_bestand\\_pm\\_komplett.html](https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Fahrzeugbestand/pm08_fz_bestand_pm_komplett.html) (letzter Aufruf: 14.03.2021).

**Kraftfahrt-Bundesamt** (KBA) (2021b): Pressemitteilung Nr. 01/2021 - Elektromobilität in Deutschland auf der Überholspur. Online verfügbar: [https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Allgemein/pm01\\_2021\\_E\\_Antrieb.html](https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Allgemein/pm01_2021_E_Antrieb.html) (letzter Aufruf: 03.03.2021).

**Kraftfahrt-Bundesamt** (KBA) (2020a): Bestandsüberblick am 1. Januar 2020. Online verfügbar: <https://www.kba.de/>

[DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/b\\_jahresbilanz\\_inhalt.html;jsessionid=23A54CAD7022A99EF584F2BADA7C75B4.live11294?nn=2598042](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/b_jahresbilanz_inhalt.html;jsessionid=23A54CAD7022A99EF584F2BADA7C75B4.live11294?nn=2598042) (letzter Aufruf: 04.02.2021).

**Kraftfahrt-Bundesamt** (KBA) (2020b): Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2020 nach Bundesländern und ausgewählten Kraftstoffarten absolut. Online verfügbar: [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz\\_b\\_umwelt\\_archiv/2020/2020\\_b\\_umwelt\\_dusl.html?nn=2595996](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz_b_umwelt_archiv/2020/2020_b_umwelt_dusl.html?nn=2595996) (letzter Aufruf: 06.03.2021).

**Kraftfahrt-Bundesamt** (KBA) (2019): Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2019 nach Bundesländern und ausgewählten Kraftstoffarten absolut. Online verfügbar: [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz\\_b\\_umwelt\\_archiv/2019/2019\\_b\\_umwelt\\_dusl.html?nn=2598042](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz_b_umwelt_archiv/2019/2019_b_umwelt_dusl.html?nn=2598042) (letzter Aufruf: 06.03.2021).

**Kraftfahrt-Bundesamt** (KBA) (2018): Bestand an Pkw am 1. Januar 2018 nach ausgewählten Kraftstoffarten. Online verfügbar: [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz\\_b\\_umwelt\\_archiv/2018/2018\\_b\\_umwelt\\_dusl.html?nn=2595996](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz_b_umwelt_archiv/2018/2018_b_umwelt_dusl.html?nn=2595996) (letzter Aufruf: 06.03.2021).

**Kreditanstalt für Wiederaufbau** (KfW) (2021): Ladestationen für Elektroautos – Wohngebäude. Zuschuss 440. Online verfügbar: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Ladestationen-f%C3%BCr-Elektroautos-Wohngeb%C3%A4ude-\(440\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Ladestationen-f%C3%BCr-Elektroautos-Wohngeb%C3%A4ude-(440)/) (letzter Aufruf: 07.02.2021).

**Kreft, T.** (2020): Institutionenökonomische Untersuchungen zum Angebot von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Berlin.

- Landesbetrieb Verkehr (LBV)** (2021): Landesbetrieb Verkehr (LBV) Eigendarstellung ab 15.02.2021. Hamburg.
- Luhmann, N.; Pfaff, D.** (2021): Förderung für öffentliche Ladepunkte vorerst ausgelaufen. Online verfügbar: <https://www.kfz-betrieb.vogel.de/foerderung-fuer-oeffentliche-ladepunkte-vorerst-ausgelaufen-a-996912/> (letzter Aufruf: 07.02.2021).
- Mainz, I.; Meeser, K.; Reiners, K.** (2019): Elektromobilität – Rechtliche Rahmenbedingungen für die Errichtung und den Betrieb von Ladeinfrastruktur. Online verfügbar: <https://www.goerg.de/de/aktuelles/veroeffentlichungen/06-12-2019/elektromobilitaet-rechtliche-rahmenbedingungen-fuer-die-errichtung-und-den-betrieb-von-ladeinfrastruktur> (letzter Aufruf: 05.02.2021).
- Maitz, M.** (2019): Ladeinfrastruktur in der Elektromobilität – Einflussfaktoren für die Auslastung von Ladestationen. Graz.
- Mester, V.** (2021): Elektromobilität: Hamburger Firmen investieren in Ladesäulen. Online verfügbar: <https://www.abendblatt.de/wirtschaft/article231336896/elektromobilitaet-ladesaeulen-autos-umwelt-verkehr-ifb.html> (letzter Aufruf: 22.02.2021).
- MILES Mobility GmbH** (2021): FAQ Fahrzeuge VW ID.3. Online verfügbar: <https://support.miles-mobility.com/hc/de/sections/360005359680-VW-ID-3> (letzter Aufruf: 27.03.2021).
- mobile.de** (2020): Die ungewöhnlich lange Geschichte der Elektroautos. Online verfügbar: <https://www.mobile.de/magazin/artikel/die-ungewoehnlich-lange-geschichte-der-elektroautos-6452#> (letzter Aufruf: 03.02.2021).
- Nationale Plattform Zukunft der Mobilität** (NPM) (Hrsg.) (2019): Fortschrittsbericht 2019 der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität. Berlin.
- NOW GmbH** (Hrsg.) (2018): Elektromobilität vor Ort. Ergebnisbericht des Zentralen Datenmonitorings des Förderprogramms Elektromobilität vor Ort des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin.
- NOW GmbH** (o.J.a): E-MetropoLIS. Online verfügbar: <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/e-metropolis/> (letzter Aufruf: 01.03.2021).
- NOW GmbH** (o.J.b): SINGER – Sino-German Electromobility Research – Chinesisch-Deutsche Kooperation in der Elektromobilität. Online verfügbar: <https://www.now-gmbh.de/projektfinder/singer/> (letzter Aufruf: 25.02.2021).
- P + R-Betriebsgesellschaft mbH** (2021): P + R Anlagen. Online verfügbar: <https://www.pr.hamburg/p-r-anlagen/> (letzter Aufruf: 12.03.2021).
- Paulsen, T.; Kroher, T.** (2020): Förderung für Elektroautos: Hier gibt es Geld. Online verfügbar: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/foerderung-elektroautos/#:~:text=Die%20Richtlinie%20zum%20Umweltbonus%20gew%C3%A4hrt%20bei%20Kauf%20oder%20Leasing%20keinen,es%20auch%20kein%20Geld%20mehr> (letzter Aufruf: 07.02.2021).
- Pfarrherr, B.; Haupt, H.** (2019): Innovationsprozesse und zukünftige Entwicklungen der Stromnetz Hamburg GmbH. –In: Schulz, D. (Hrsg.): Hamburger Beiträge zum technischen Klimaschutz. Band 1. Aktuelle Infrastruktur- und Technologieansätze in den Bereichen Strom- und Gasnetz, Elektromobilität und Wasserstoffwirtschaft. Hamburg. 16-18.

**Polizei Hamburg** (o.J.): Sonderparkplätze für E-Kfz. Online verfügbar: <https://www.polizei.hamburg/service/6808000/ekfz/> (letzter Aufruf: 18.02.2021).

**Pressebox** (2020): 1.000.000 RFID\*-Karten an Hamburger Ladesäulen registriert. Online verfügbar: <https://www.pressebox.de/inaktiv/stromnetz-hamburg-gmbh/1-000-000-RFID-Karten-an-Hamburger-Ladesaeulen-registriert/boxid/1033100> (letzter Aufruf: 25.02.2021).

**Pressestelle Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation** (2017): Hamburg baut Elektromobilität weiter aus. 600. Ladepunkt für Elektrofahrzeuge in Hamburg in Betrieb genommen. Online verfügbar: <https://www.hamburg.de/pressearchiv-fhh/9726616/2017-10-18-bwvi-ladepunkt-600/> (letzter Aufruf: 23.02.2021).

**Prognos AG; EnBW Energie Baden-Württemberg AG** (Hrsg.) (2020): Lade-Report. Entwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität sowie Vergleich der Ladetarife in Deutschland. Forschungskennzahl/Projektnummer 28874. Karlsruhe, Basel.

**Raue Partnerschaft von Rechtsanwälten und Rechtsanwältinnen mbB** (Raue) (2021): Ladeinfrastruktur: Kabinett beschließt Unbundling-Pflicht und Durchleitungsanspruch. Online verfügbar: <https://raue.com/aktuell/branchen/energie-rohstoffe-und-klimaschutz/energie/ladeinfrastruktur-kabinett-beschliesst-unbundling-pflicht-und-durchleitungsanspruch/> (letzter Aufruf: 16.03.2021).

**Reibe, P.** (2020): Taxis an die Steckdosen Rot-Grün bringt Förderprogramm auf den Weg. Online verfügbar: <https://www.mopo.de/hamburg/taxis-an-die-steckdosen-rot-gruen-bringt-foerderprogramm-auf-den-weg-37876438> (letzter Aufruf: 09.03.2021).

**Reinke, J.** (2014): Bereitstellung öffentli-

cher Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Eine institutionenökonomische Analyse. Berlin.

**Reintjes, D.** (2018): Regierung verschiebt E-Auto-Ziel – doch das neue ist ähnlich optimistisch. Online verfügbar: <https://www.wiwo.de/politik/deutschland/2022-statt-2020-regierung-verschiebt-e-auto-ziel-doch-das-neue-ist-aehnlich-optimistisch/23094638.html> (letzter Aufruf: 04.02.2021).

**Riedel, V.; Schwedes, O.** (2017): Die Nutzerinnen und Nutzer im Blick der Verkehrsplanung - nachfrageorientierte Planung am Beispiel der Ladeinfrastruktur. –In: Wilde, M.; Gather, M.; Neiberger, C.; Scheiner, J. (Hrsg.): Verkehr und Mobilität zwischen Alltagspraxis und Planungstheorie. Ökologische und soziale Perspektiven. Wiesbaden. 153-168.

**Rother, F. W.** (2021): Charging Radar: E-Auto-Boom wird zum Problem. Online verfügbar: <https://edison.media/verkehr/charging-radar-e-auto-boom-wird-zum-problem/25212887/> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**Rothfuchs, K.; Scheler, C.** (2017a): Genau am richtigen Ort. –In: Der Gemeinderat. Nr. 5/2017. 22-23.

**Rothfuchs, K.; Scheler, C.** (2017b): Den richtigen Standort finden. Nachfrageorientiertes Modell zur Standortbestimmung einer öffentlichen E-Ladeinfrastruktur. – In: PLANERIN 5/2017: Mensch & Verkehr – Vom Tempolimit zur E-Mobilität. 53-55.

**Schaal, S.** (2020a): 1.000 Ladepunkte an Berliner Straßenlaternen verzögern sich – wegen deutscher Normen. Online verfügbar: <https://www.electrive.net/2020/09/08/1-000-lade-punkte-an-berliner-strassenlaternen-verzoegern-sich-wegen-deutscher-normen/> (letzter Aufruf: 13.03.2021).

**Schaal, S.** (2020b): Wie Qwello das „Apple der Ladesäulen“ werden will. Online verfügbar: <https://www.electrive.net/2020/11/19/wie-qwello-das-apple-der-ladesaeulen-werden-will/> (letzter Aufruf: 20.03.2021).

**Schmidt-Sibeth, A.** (o.J.): Erfolgsfaktoren für Projektmanagement (wichtige Studien in der Übersicht). Online verfügbar: <https://www.theprojectgroup.com/blog/erfolgsfaktoren-fuer-projektmanagement/> (letzter Aufruf: 11.03.2021).

**Scholl, A.** (2018): Die Befragung. Konstanz, München.

**Schulz, D.** (Hrsg.) (2016): Metastudie Elektromobilität. Anforderungen an das Stromnetz durch Elektromobilität, insbesondere Elektrobusse, in Hamburg. Hamburg.

**Senatskanzlei Hamburg** (2020): Koalitionsvertrag. Verkehr. Online verfügbar: <https://www.hamburg.de/senatsthemen/koalitionsvertrag/verkehr> (letzter Aufruf: 06.03.2021).

**SHARE NOW** (2021a): SHARE NOW: Facts and Figures. o.O. *Erhalten auf Anfrage von Patrick Tünkers.*

**SHARE NOW** (2021b): Der BMW i3. Ein Stückchen Zukunft. Online verfügbar: <https://www.share-now.com/de/de/bmw-i3/> (letzter Aufruf: 03.03.2021).

**Shell Deutschland** (2019): Shell startet mit dem Bau von Schnellladesäulen an seinen Tankstellen. Online verfügbar: <https://www.shell.de/medien/shell-presseinformationen/2019/shell-starts-building-fast-charging-stations-at-its-filling-stations.html> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**SIXT.de** (2021): E-Carsharing in Hamburg. Elektroauto Carsharing von SIXT share. Online verfügbar: <https://www.sixt.de/share/standorte/deutschland/hamburg/elektroauto/#/> (letzter Aufruf: 03.03.2021).

**smarter-fahren.de** (o.J.): Strom tanken an der Straßenlaterne – geht das? Online verfügbar: <https://www.smarter-fahren.de/strom-tanken-strassenlaterne/> (letzter Aufruf: 13.03.2021).

**Smatrics** (2020): HPC – DAS LADEN DER ZUKUNFT. Online verfügbar: <https://smatrics.com/fuer-unternehmen/news/hpc-das-laden-der-zukunft> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**SQA** (2016): Evaluation – wie geht das und was ist dabei zu beachten? Online verfügbar: <https://www.sqa.at/mod/page/view.php?id=533> (letzter Aufruf: 11.03.2021).

**Statista** (2021): Anzahl zugelassener Personenkraftwagen von Tesla in Deutschland nach Bundesländern von 2016 bis 2020. Online verfügbar: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/744634/umfrage/tesla-pkw-bestand-nach-bundeslaendern/> (letzter Aufruf: 07.03.2021).

**Statistikamt Nord** (2020): Bestand Kraftfahrzeuge HH. Hamburg. *Erhalten auf Anfrage von Volker Brandt.*

**stvo2go** (2019): Zeichen 314: Parken mit Zusatzzeichen erklärt. Online verfügbar: [https://www.stvo2go.de/verkehrszeichen-parken-zusatzzeichen/#:~:text=Parken%20mit%20Zusatzzeichen%20Elektrofahrzeuge%20w%C3%A4hrend,1050%2D32\)%20beschildert%20sind](https://www.stvo2go.de/verkehrszeichen-parken-zusatzzeichen/#:~:text=Parken%20mit%20Zusatzzeichen%20Elektrofahrzeuge%20w%C3%A4hrend,1050%2D32)%20beschildert%20sind) (letzter Aufruf: 05.02.2021).

**Tesla** (2021): Unterwegs laden. Online verfügbar: [https://www.tesla.com/de\\_DE/supercharger](https://www.tesla.com/de_DE/supercharger) (letzter Aufruf: 08.03.2021).

**Umweltbundesamt** (UBA) (Hrsg.) (2015): Evaluation zählt. Ein Anwendungshandbuch für die kommunale Verkehrsplanung. Dessau-Roßlau.

**Urbach, J. P.** (2019): Privilegien für Elektrofahrzeuge in Städten. Online verfügbar: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/vorteile-elektroauto-stadt/#:~:text=Beispiele%20in%20deutschen%20St%C3%A4dten&text=Bis%20Ende%202020%20befristet%20d%C3%BCrfen,App%20%22Handyparken%22%20genutzt%20werden> (letzter Aufruf: 05.02.2021).

**Vattenfall** (2020): Neuer Rundum-Service von Aral: Strom und Kraftstoffe tanken mit nur einer Karte. Online verfügbar: <https://group.vattenfall.com/de/newsroom/pressemitteilungen/2020/elektromobilitaet---strom-und-kraftstoffe-tanken-mit-nur-einer-karte> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**VDI/VDE IT** (o.J.): Schaufenster Elektromobilität. Online verfügbar: <https://vdiv-de-it.de/de/auftrag/schaufenster-elektromobilitaet> (letzter Aufruf: 16.02.2021).

**Verband der Automobilindustrie (VDA)** (2020): Ladenetz-Ranking Deutschland. Online verfügbar: <https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/ladenetz-ranking/ladenetzranking-t-wert.html> (letzter Aufruf: 04.02.2021).

**Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE)** (2019): Netzintegration Elektromobilität. Leitfaden für eine flächendeckende Verbreitung von E-Fahrzeugen. Berlin.

**Verband Sächsischer Wohnungsgenossenschaften e.V. (VSWG)** (2019): Leitfaden Ladeinfrastruktur und Elektromobilität für die Wohnungswirtschaft. Dresden.

**Verivox** (o.J.): Ladestationen für Elektroautos. Online verfügbar: <https://www.verivox.de/elektromobilitaet/elektroauto/ladestation/> (letzter Aufruf: 10.02.2021).

**Volk, T.** (2016): Die Rolle der Stromnetz Hamburg im Rahmen des Masterplans La-

deinfrastruktur. MobiliTec Forum Hannover. Hamburg.

**Weber, J.** (2020): Bewegende Zeiten. Mobilität der Zukunft. Wiesbaden.

**Werwitzke, C.** (2021): Hamburg: Was 1.000 Ladepunkte alles über E-Auto-Fahrer verraten. Online verfügbar: <https://www.electrive.net/2021/02/16/hamburg-was-1-000-ladepunkte-alles-ueber-e-auto-fahrer-verraten/> (letzter Aufruf: 01.03.2021).

**WeShare** (2021): Hamburg. Online verfügbar: <https://www.we-share.io/de/hamburg> (letzter Aufruf: 03.03.2021).

**Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)** (2021): An die Medien. Elektroautos: Bestand steigt weltweit auf 10,9 Millionen. Stuttgart.

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

**Titelbild:** Öffentliche Ladeinfrastruktur Hamburg. Eigene Darstellung.

- Abb. 1:** Kapitel 1 Titelbild. <https://www.businessinsider.de/wirtschaft/mobility/in-der-corona-krise-sind-e-autos-und-auto-abos-auf-dem-vormarsch-a/> (letzter Aufruf: 29.03.2021). 1
- Abb. 2:** Übersicht der interviewten Experten. Eigene Darstellung. 6
- Abb. 3:** Phasen der Evaluation. Eigene Darstellung, Inhalte nach Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hrsg.) (2017): Leitfaden Evaluation. Berlin. 14-51. 8
- Abb. 4:** Kapitel 2 Titelbild. <https://www.mivodo.com/ratgeber/umweltbonus-leasing/> (letzter Aufruf: 29.03.2021). 9
- Abb. 5:** Schematische Darstellung von elektrischen Antriebskonzepten. Modifiziert nach Reinke, J. (2014): Bereitstellung öffentlicher Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Eine institutionenökonomische Analyse. Berlin. 8. 11
- Abb. 6:** Trouvé Tricycle. <https://www.welt.de/motor/article155511882/Der-lange-Weg-der-Elektroautos.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 12
- Abb. 7:** Lohner-Porsche Semper Vivus. <https://newsroom.porsche.com/de/produkte/taycan/historie-18533.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 12
- Abb. 8:** Jenatzys Rekordwagen La Jamais Contente. [https://de.wikipedia.org/wiki/La\\_Jamais\\_Contente#/media/Datei:Jamais\\_contente.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/La_Jamais_Contente#/media/Datei:Jamais_contente.jpg) (letzter Aufruf: 23.03.2021). 12
- Abb. 9:** Historische Entwicklung der Elektromobilität in Phasen. Eigene Darstellung. 13
- Abb. 10:** CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland nach Sektoren. Eigene Darstellung, Daten [https://www.ndr.de/ratgeber/klimawandel/CO<sub>2</sub>-Ausstoss-in-Deutschland-Sektoren,kohlendioxid146.html](https://www.ndr.de/ratgeber/klimawandel/CO2-Ausstoss-in-Deutschland-Sektoren,kohlendioxid146.html) (letzter Aufruf: 20.03.2021). 14
- Abb. 11:** Phasenmodell zur Entwicklung des Leitmarkts für Elektromobilität. Eigene Darstellung nach BDO AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2018): Delphi-Befragung Elektromobilitätsstrategie der Bundesregierung – Herausforderungen und Hemmnisse. Ergebnisse und Ableitungen. Leipzig. 12. 16
- Abb. 12:** Maßnahmen für den Aufbau von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur. Eigene Darstellung, Inhalt Die Bundesregierung (2019): Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung. Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastrukturaufbau bis 2030. Berlin. 4-10. 17

- Abb. 13:** Entwicklung des Bestands an BEV und PHEV in Deutschland. Eigene Darstellung, Daten <https://www.e-mobilbw.de/service/datencenter>; [https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Fahrzeugbestand/pm08\\_fz\\_bestand\\_pm\\_komplett.html](https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/Fahrzeugbestand/pm08_fz_bestand_pm_komplett.html) (letzter Aufruf: 20.03.2021); NOW GmbH (Hrsg.) (2018): Elektromobilität vor Ort. Ergebnisbericht des Zentralen Datenmonitorings des Förderprogramms Elektromobilität vor Ort des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin. 25. 18
- Abb. 14:** Renault Zoe. <https://media.renault.at/927> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 19
- Abb. 15:** E-Golf. <https://www.sueddeutsche.de/auto/fahrbericht-vw-e-golf-strom-fuers-volk-1.1909888> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 19
- Abb. 16:** Tesla Model 3. <https://www.model3.info/de/tesla-model-3-pressefotos> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 19
- Abb. 17:** Entwicklung des Bestands an öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Deutschland nach BDEW. Eigene Darstellung, Daten <https://www.electrive.net/2019/12/11/bdew-zaehlt-23-840-oeffentliche-ladepunkte-in-deutschland/>; <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/anzahl-oeffentlicher-ladepunkte-auf-ueber-33000-gestiegen-bdew-unterstuetzt-umfassenden-elektromobilitaetsgipfel/> (letzter Aufruf: 20.03.2021). 20
- Abb. 18:** Städte mit der höchsten Anzahl öffentlich zugänglicher Ladepunkte nach BDEW. Eigene Darstellung. 21
- Abb. 19:** Optionen zur Beschilderung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Modifiziert nach <http://www.vzkat.de/2018/Elektrofahrzeuge/Elektrofahrzeuge-Ladestationen.htm#:~:text=Das%20Zeichen%20365%2D65%20dient,Tankstellenschild%22%20auch%20der%20Fall%20ist.> (letzter Aufruf: 20.03.2021). 24
- Abb. 20:** Modellregionen und Schaufenster Elektromobilität. Eigene Darstellung nach <https://xn--roadshow-elektromobilitaet-dcc.de/hintergrund> (letzter Aufruf: 20.03.2021). 27
- Abb. 21:** Darstellung der Akteursbeziehungen beim Betrieb von LIS. Eigene Darstellung nach Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN e.V.) (2020): DIN SPEC 91433. Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung. Guidelines for search area and location identification and recommendations for reporting and approval procedures in charging infrastructure planning. Berlin. 17. 31
- Abb. 22:** Übersicht unterschiedlicher Ladetechnologieansätze. Eigene Darstellung nach Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2014b): Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge. Öffentliche Ladeinfrastruktur. Für Städte, Kommunen und Versorger. Berlin. 11. 34

- Abb. 23:** Lademodi. Modifiziert nach <https://www.emobile-bals.com/de/news-und-wissen/lexikon/Ladebetriebsarten> (letzter Aufruf: 20.03.2021). 35
- Abb. 24:** Steckertypen: Typ 1, Typ 2, CCS 2, CHAdeMO. Modifiziert nach <https://www.homeandsmart.de/ladestecker-ladekabel-ein-ueberblick>; <http://www.installationstester.ch/grundlagen-ev.shtml> (letzter Aufruf: 20.03.2021). 36
- Abb. 25:** Öffentliche, halböffentliche und private Ladeinfrastruktur. Eigene Darstellung nach Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2014b): Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge. Öffentliche Ladeinfrastruktur. Für Städte, Kommunen und Versorger. Berlin. 10. 38
- Abb. 26:** Unterscheidung von Zugangsformen. Eigene Darstellung nach Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2014b): Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge. Öffentliche Ladeinfrastruktur. Für Städte, Kommunen und Versorger. Berlin. 27. 39
- Abb. 27:** Mögliche Indikatoren bei der Suchraumidentifizierung. Eigene Darstellung nach Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN e.V.) (2020): DIN SPEC 91433. Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung. Guidelines for search area and location identification and recommendations for reporting and approval procedures in charging infrastructure planning. Berlin. 34. 43
- Abb. 28:** Schritte des Ladeinfrastrukturerrichtungsprozesses. Eigene Darstellung nach Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN e.V.) (2020): DIN SPEC 91433. Leitfaden zur Suchraum- und Standortidentifizierung sowie Empfehlungen für Melde- und Genehmigungsverfahren in der Ladeinfrastrukturplanung. Guidelines for search area and location identification and recommendations for reporting and approval procedures in charging infrastructure planning. Berlin. 19ff.. 45
- Abb. 29:** Kapitel 3 Titelbild. <https://www.spiegel.de/auto/fahrkultur/electroautos-was-kostet-parken-welche-spur-ist-die-richtige-a-1218832.html> (letzter Aufruf: 29.03.2021). 48
- Abb. 30:** Steckbrief Hamburg. [https://www.bildarchiv-hamburg.de/fotos/25/Flaggen+und+Wappen+in+der+Hansestadt+Hamburg/2/3572\\_0556+Im+Wind+wehende+Hamburgfahne+-+der+Michel+im+Hintergrund](https://www.bildarchiv-hamburg.de/fotos/25/Flaggen+und+Wappen+in+der+Hansestadt+Hamburg/2/3572_0556+Im+Wind+wehende+Hamburgfahne+-+der+Michel+im+Hintergrund). (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 31:** Steckbrief Hamburg. <https://www.consocium.com/unternehmensberater-duesseldorf/attachment/architecture-3081675wp/> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 32:** Steckbrief Hamburg. <https://www.pwc.de/de/standorte/hamburg.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49

- Abb. 33:** Steckbrief Hamburg. <https://hhla.de/unternehmen/tochterunternehmen/container-terminal-altenwerder-cta> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 34:** Steckbrief Hamburg. [https://www.ffhsh.de/de/392/Location/133260/Planten\\_un\\_Blomen](https://www.ffhsh.de/de/392/Location/133260/Planten_un_Blomen) (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 35:** Steckbrief Hamburg. <https://www.stern.de/reise/deutschland/ein-jahr-elbphilharmonie---das-neue-wahrzeichen-von-hamburg-7809432.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 36:** Steckbrief Hamburg. <https://www.stern.de/reise/deutschland/hamburg-harvestehude--wo-die-betuchten-hamburger-wohnen-7761244.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 37:** Steckbrief Hamburg. <https://www.mopo.de/hamburg/polizei/muemmelmannsberg-eine-siedlung-zittert-vor-dem-feuerteufel-30986470> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 38:** Steckbrief Hamburg. <https://www.24hamburg.de/hamburg/hamburg-elb-tunnel-autobahn7-a7-verkehr-unfall-vollsperrre-verkehrschaos-stau-bauarbeiten-sperrung-baustelle-highway-zr-90044348.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 39:** Steckbrief Hamburg. <https://www.hamburg.de/radverkehrspolitik-hamburg/12606360/radverkehrsstrategie/> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 49
- Abb. 40:** Ziele des Hamburger Klimaplan. Eigene Darstellung. 51
- Abb. 41:** Methodik der Bedarfsermittlung. Eigene Darstellung nach Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2014b): Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge. Öffentliche Ladeinfrastruktur. Für Städte, Kommunen und Versorger. Berlin. 57.
- Abb. 42:** Übersicht der Annahmen zur Fahrzeugverteilung, dem Fahr- und Ladeverhalten pro Nutzergruppe. Eigene Darstellung nach Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg (Hamburgische Bürgerschaft) (Hrsg.) (2014): Drucksache 20/12811. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Masterplan Ladeinfrastruktur und Stellungnahme des Senats zu dem Ersuchen der Bürgerschaft vom 11. Dezember 2013 „An Erfolge anknüpfen und Elektromobilität weiterentwickeln“, Drucksache 20/10267. Hamburg. 9. 55
- Abb. 43:** Entwicklung des Bestands an BEV und PHEV in Hamburg. Eigene Darstellung, Daten Statistikamt Nord (2020): Bestand Kraftfahrzeuge HH. Hamburg. *Erhalten auf Anfrage von Volker Brandt.* 57
- Abb. 44:** Normalladestationen Hamburg. Eigene Darstellung. 58
- Abb. 45:** Schnellladestationen Hamburg. Eigene Darstellung. 58
- Abb. 46:** Ladepunktdichte nach Bezirken. Eigene Darstellung. 58

<b>Abb. 47:</b> Ladepunktdichte nach Stadtteilen. Eigene Darstellung.	58
<b>Abb. 48:</b> Anzahl an Elektrofahrzeugen und öffentlich zugänglichen Ladepunkten in Hamburg mit Stand 12-2020 auf Basis verwendeter Datensätze. Eigene Darstellung.	61
<b>Abb. 49:</b> APCOA-Parkhaus mit Ladestation. <a href="https://www.apcoa.de/parkprodukte/e-fahrzeuge-laden/">https://www.apcoa.de/parkprodukte/e-fahrzeuge-laden/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	61
<b>Abb. 50:</b> Allego Ladestation im Bezirk Harburg. <a href="https://de.chargemap.com/garten-von-ehren.html">https://de.chargemap.com/garten-von-ehren.html</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	61
<b>Abb. 51:</b> Lidl Ladestation im Bezirk Eimsbüttel. <a href="https://de.chargemap.com/lidl-318.html">https://de.chargemap.com/lidl-318.html</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	61
<b>Abb. 52:</b> Scholznimmt600.LadepunktinBetrieb. <a href="https://www.hamburg.de/presse-archiv-fhh/9726616/2017-10-18-bwvi-ladepunkt-600/">https://www.hamburg.de/presse-archiv-fhh/9726616/2017-10-18-bwvi-ladepunkt-600/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	62
<b>Abb. 53:</b> Olaf Scholz. <a href="https://www.welt.de/regionales/hamburg/article167336239/Mit-einem-Opel-Ascona-und-einem-Ford-Fiesta-fing-alles-an.html">https://www.welt.de/regionales/hamburg/article167336239/Mit-einem-Opel-Ascona-und-einem-Ford-Fiesta-fing-alles-an.html</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	62
<b>Abb. 54:</b> Vertragsmodell im Hamburger Umsetzungsmodell. Eigene Darstellung nach Volk, T. (2016): Die Rolle der Stromnetz Hamburg im Rahmen des Masterplans Ladeinfrastruktur. MobiliTec Forum Hannover. Hamburg. 15.	64
<b>Abb. 55:</b> An der Umsetzung des Masterplans Ladeinfrastruktur Beteiligte. Eigene Darstellung nach Zisler, S. (2018): Herausforderungen der Elektromobilität aus Sicht eines Netzbetreibers - im öffentlichen Raum - im privaten Bereich - für den ÖPNV. Die Aktivitäten der Stromnetz Hamburg. Hamburg. 7.	65
<b>Abb. 56-58:</b> hvv switch. <a href="https://www.electrive.net/2021/02/16/hamburg-was-1-000-ladepunkte-alles-ueber-e-auto-fahrer-verraten/">https://www.electrive.net/2021/02/16/hamburg-was-1-000-ladepunkte-alles-ueber-e-auto-fahrer-verraten/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	66
<b>Abb. 59:</b> Heatmap mit Suchräumen für Ladestandorte in Groß- und Kleinsicht. <a href="https://www.argus-hh.de/kompetenzen/e-ladeinfrastruktur-hamburg/">https://www.argus-hh.de/kompetenzen/e-ladeinfrastruktur-hamburg/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	71
<b>Abb. 60:</b> Steckbrief, technischer Lageplan und Kostenschätzung für ein Standortbeispiel. ARGUS, SNH (2018): Standortstreckbriefe E-Ladeinfrastruktur Hamburg ALTONA.222 Museumstraße 23. Hamburg. <i>Erhalten auf Anfrage von Daniela Kind.</i>	73
<b>Abb. 61:</b> Positionierung der Ladesäulen: auf dem Gehweg mit Hochbord, Nase, ebenerdig mit Anprallschutz. ARGUS (o.J.): Positionierung Ladesäulen. Hamburg. <i>Erhalten auf Anfrage von Daniela Kind.</i>	75
<b>Abb. 62:</b> Zugangs-/Bezahlformen: Direct Pay. <a href="https://www.electrive.net/2016/03/14/urban-infrastructure-teil-1-hamburg-leiser-hafenklang/">https://www.electrive.net/2016/03/14/urban-infrastructure-teil-1-hamburg-leiser-hafenklang/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	78

<b>Abb. 63:</b> Zugangs-/Bezahlformen: per RFID-Karte. <a href="https://www.electrive.net/2017/11/01/elektromobilitaet-fuer-die-nutzer-gedacht/">https://www.electrive.net/2017/11/01/elektromobilitaet-fuer-die-nutzer-gedacht/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	78
<b>Abb. 64:</b> Anzahl in Betrieb genommener Ladepunkte nach Jahren. Eigene Darstellung.	79
<b>Abb. 65:</b> Ladesäule aktuell nicht nutzbar. Eigene Bildschirmaufnahme von <a href="https://www.e-charging-hamburg.de/home/standorte/">https://www.e-charging-hamburg.de/home/standorte/</a> (letzter Aufruf: 29.03.2021).	81
<b>Abb. 66:</b> Unterschiedliche Standortangaben auf verschiedenen Kartendiensten. Eigene Bildschirmaufnahmen von <a href="https://www.e-charging-hamburg.de/home/standorte/">https://www.e-charging-hamburg.de/home/standorte/</a> ; <a href="https://geoportal-hamburg.de/geo-online/">https://geoportal-hamburg.de/geo-online/</a> (letzter Aufruf: 29.03.2021).	81
<b>Abb. 67:</b> Gestartete Ladevorgänge an öffentlichen Ladestationen in Hamburg 2017-2019. Eigene Darstellung.	83
<b>Abb. 68:</b> Mittlere Last an der öffentlichen Ladeinfrastruktur. Eigene Darstellung nach Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) (2019): Netzintegration Elektromobilität. Leitfaden für eine flächendeckende Verbreitung von E-Fahrzeugen. Berlin. 16.	90
<b>Abb. 69:</b> Elektrische Carsharing-Fahrzeuge an einer Ladestation. Eigene Aufnahme.	91
<b>Abb. 70-72:</b> Elektrofahrzeuge der in Hamburg aktiven Carsharer. <a href="https://blog.mercedes-benz-passion.com/2020/12/share-now-bietet-neues-rabattmodell-fuer-unternehmen-an/">https://blog.mercedes-benz-passion.com/2020/12/share-now-bietet-neues-rabattmodell-fuer-unternehmen-an/</a> ; <a href="https://www.presseportal.de/pm/79936/4467898">https://www.presseportal.de/pm/79936/4467898</a> ; <a href="https://www.we-share.io/de/hamburg">https://www.we-share.io/de/hamburg</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	92
<b>Abb. 73:</b> Tesla Destination Charger. <a href="https://www.tesla.com/de_DE/charging-partners?redirect=no">https://www.tesla.com/de_DE/charging-partners?redirect=no</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	96
<b>Abb. 74:</b> Tesla Supercharger. <a href="https://www.electrive.net/2020/01/02/tesla-vollendet-supercharger-korridor-quer-durch-kanada/">https://www.electrive.net/2020/01/02/tesla-vollendet-supercharger-korridor-quer-durch-kanada/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	96
<b>Abb. 75:</b> Kapitel 4 Titelbild. <a href="https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/e-ladesaeulen/testergebnisse/johanniswall-6/">https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/e-ladesaeulen/testergebnisse/johanniswall-6/</a> (letzter Aufruf: 29.03.2021).	99
<b>Abb. 76:</b> Öffentliche Ladestationen Hamburg. <a href="https://www.electrive.net/2019/01/22/ladesaeulen-hamburg-weiter-spitzenreiter-im-staedte-ranking/">https://www.electrive.net/2019/01/22/ladesaeulen-hamburg-weiter-spitzenreiter-im-staedte-ranking/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	100
<b>Abb. 77:</b> Öffentliche Ladestationen Hamburg. <a href="https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/e-ladesaeulen/testergebnisse/theodor-heuss-platz-7/">https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/e-ladesaeulen/testergebnisse/theodor-heuss-platz-7/</a> (letzter Aufruf: 23.03.2021).	100
<b>Abb. 78-82:</b> Öffentliche Ladestationen Hamburg. Eigene Aufnahmen.	100

- Abb. 83:** Öffentliche Ladestationen Hamburg. <http://www.vzkat.de/2018/Elektrofahrzeuge/Elektrofahrzeuge-Ladestationen.htm> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 100
- Abb. 84:** Öffentliche Ladestationen Hamburg. <https://de.chargemap.com/schnellader-hamburg-hbf.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 100
- Abb. 85:** Öffentliche Ladestationen Hamburg. <https://de.chargemap.com/bornkampsweg-17.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 100
- Abb. 86-87:** Öffentliche Ladestationen Hamburg. Eigene Aufnahmen. 100
- Abb. 88:** Beschilderung der Stellflächen an den DC-Ladestationen (l.) und AC-Ladestationen (r.). <https://www.polizei.hamburg/service/6808000/e-kfz/>; <http://parkaffe.de/falschparker-vor-ladestation-fuer-elektroautos/> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 104
- Abb. 89:** Abschleppvorgang. <https://www.mopo.de/hamburg/polizei/parkplatz-razzia-in-der-city-vorsicht-bei-diesem-schild-23836630> (letzter Aufruf: 27.03.2021). 105
- Abb. 90-91:** Blaue Bodenmarkierungen. HafenCity Universität (HCU) (Hrsg.) (2018): Elektromobilität im Rahmen der Stadtentwicklung in Hamburg und Shenzhen. Hamburg. 73; <https://www.golem.de/news/elektromobilitaet-hamburg-ladet-am-besten-1809-136575.html> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 105
- Abb. 92:** Maßnahmenpaket. Eigene Darstellung. 113
- Abb. 93:** Mintzberg-Strategiebrücke. Eigene Darstellung nach <https://organisationsberatung.net/strategieentwicklung-methoden-modelle/> (letzter Aufruf: 20.03.2021). 114
- Abb. 94:** Scrum Prozess einfach erklärt. Eigene Darstellung nach <https://nativdigital.com/scrum-methode/> (letzter Aufruf: 20.03.2021). 115
- Abb. 95-96:** Ladestationen an Filialen der Schwarz-Gruppe. [https://unternehmen.lidl.de/pressreleases/190311\\_e-ladesaeulen](https://unternehmen.lidl.de/pressreleases/190311_e-ladesaeulen); <https://www.hde-klimaschutzoffensive.de/de/kampagne/erfolgsgeschichten/kaufland> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 121
- Abb. 97:** Ubitricity: Nachrüsten von Ladepunkten in bestehende Lichtmasten in Berlin. <https://www.ubitricity.com/de/ueber-uns/> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 122
- Abb. 98:** Qwello Ladestationen im Lehmweg in Hamburg. <https://www.electrive.net/2020/11/19/wie-qwello-das-apple-der-ladesaeulen-werden-will/> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 122
- Abb. 99-100:** Nebeneinander von Ladestationen des öffentlichen Ladenetzes und für hvvswitch-Partner. <https://www.electrive.net/2021/02/16/hamburg-was-1-000-ladepunkte-alles-ueber-e-auto-fahrer-verraten/> (letzter Aufruf: 23.03.2021). 123
- Abb. 101:** Tesla Standortkarte. Eigene Bildschirmaufnahme von [https://www.tesla.com/de\\_DE/supercharger](https://www.tesla.com/de_DE/supercharger) (letzter Aufruf: 23.03.2021). 126

**Abb. 102:** Kapitel 5 Titelbild. <https://energieloesung.de/magazin/elektroauto-richtig-laden-was-ist-zu-beachten> (letzter Aufruf: 29.03.2021). 129

**Abb. 103:** Kapitel 6 Titelbild. Eigene Aufnahme. 134

## TABELLENVERZEICHNIS

**Tab. 1:** Versteuerung eines Dienstwagens. Eigene Darstellung. 25

**Tab. 2:** Handlungsansätze zur Integration der Elektromobilität in übergeordnete und spezielle Konzepte. Eigene Darstellung, Inhalt nach Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2015): Elektromobilität in der kommunalen Umsetzung. Berlin. 45-73. 29

**Tab. 3:** Ladeinfrastruktur nach Bezirken. Eigene Darstellung. 59

**Tab. 4:** Ladeinfrastruktur nach Stadtteilen (Top Ten). Eigene Darstellung. 59

**Tab. 5:** Bewertungsmatrix der Ausbauphase 2010. Eigene Darstellung nach Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg (Hamburgische Bürgerschaft) (Hrsg.) (2014): Drucksache 20/12811. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Masterplan Ladeinfrastruktur und Stellungnahme des Senats zu dem Ersuchen der Bürgerschaft vom 11. Dezember 2013 „An Erfolge anknüpfen und Elektromobilität weiterentwickeln“, Drucksache 20/10267. Hamburg. 26. 69

**Tab. 6:** Standortpotenzialbewertung ab 2014. Eigene Darstellung nach Klein, T.; Scheler, C. (2018): Evaluation eines Standortpotenzialmodells für E-Ladeinfrastruktur. –In: Internationales Verkehrswesen, Heft 1 Februar 2018. Digitalisierung – Theorie und Praxis. Innovative Strategien für die Mobilität von morgen. 32-37. 34. 71

**Tab. 7:** Bewertungsmatrix erhobener Standorte ab 2014. Eigene Darstellung, Inhalt durch interne Dokumente. 74

**Tab. 8:** Anzahl in Betrieb genommener Ladestationen nach Jahren und Quartalen. Eigene Darstellung. 79

**Tab. 9:** Höchste Anzahl an Ladevorgängen 2019. Eigene Darstellung. 85

**Tab. 10:** Niedrigste Anzahl an Ladevorgängen 2019. Eigene Darstellung. 85

**Tab. 11:** Längste Verbindungsdauer 2019. Eigene Darstellung. 87

**Tab. 12:** Niedrigste Verbindungsdauer 2019. Eigene Darstellung. 88

**Tab. 13:** Höchste abgegebene Energiemenge 2019. Eigene Darstellung. 89

**Tab. 14:** Niedrigste abgegebene Energiemenge 2019. Eigene Darstellung. 89

**Tab. 15:** Von e-Carsharing am intensivsten genutzte Ladestationen. Eigene Darstellung. 94



## **ANHANG I**

### **INTERVIEWLEITFADEN**

#### **Vor Gesprächsbeginn:**

Vorstellung der eigenen Person,  
Erklärung zur Masterthesis,  
Darlegung der Ziele der Befragung,  
Erlaubnis zur Verwendung der erhobenen  
Daten und eines Tonbands

#### **1) Rahmenbedingungen**

Beschreiben Sie bitte die Rolle und die wichtigsten Aufgaben von Ihnen im Projekt.

Welche Institutionen und Akteure waren mit welchen Zuständigkeiten am Aufbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur beteiligt?

Von welchen Schlüsselakteuren wurden weichenstellende Entscheidungen getroffen? Welche Entscheidungen wurden jeweils zentral und dezentral getroffen?

Wie viele öffentlich zugängliche Ladepunkte sind Stand heute in Betrieb?

2019 lag die Zahl privater Ladepunkte bei 451 in 205 Objekten. Liegen Ihnen aktuellere Daten vor? Ist deren Verteilung bekannt und wurde in irgendeiner Weise bei der Planung der öffentlichen Ladeinfrastruktur berücksichtigt?

Wie sehen das Zusammenspiel und die Vertragsbeziehungen mit der SNH und den EMPs aus? Wie sehen die Vertragsbeziehungen mit dritten Säulenbetreibern aus?

Wie sieht die Timeline des Projekts aus? Lässt sich der Arbeitsprozess von 2014 bis zur Erreichung des 1.000-LP-Ziels in bestimmte Phasen gliedern?

Welche Hypothesen/Wirkungstheorien über die erwarteten Wirkungen des Aufbaus eines öffentlichen Ladenetzes wurden aufgestellt? Welche Funktion hat das öffentliche Ladenetz?

#### **2) Standortsuche und -ermittlung**

Wie lässt sich die Hamburger Aufbaustrategie mit einem Satz beschreiben?

Sind neben den Kriterien Wohn-, Gewerbe- und Freizeitdichte, ÖPNV-Erschließung und POI weitere Daten in das geodatenbasierte Modell eingeflossen? Nach welchen Kriterien wurden diese Faktoren für das Standortmodell gewählt?

Es wurden Rasterzellen gebildet und durch Addition einzelner Scores bewertet. Nach welchen Kriterien und Abstufungen wurden diese Scores gebildet?

Welches Kontingent wurde für die Hamburger Bezirke vereinbart? Ist eine gleichmäßige Verteilung angedacht gewesen?

Inwiefern wurden vorhersehbare bzw. wahrscheinlich eintreffende Bedarfe wie die Elektrifizierung von Taxen, kommunalen Flotten und Carsharing-Flotten bei der Standortsuche berücksichtigt?

Wurden Anpassungen am Modell im Zeitverlauf vorgenommen und wenn ja welche?

Beschreiben Sie bitte das idealtypische Phasenmodell zur Standortumsetzung (von einem Standortvorschlag bis zur Inbetriebnahme).

Wenn erhobene Standorte nicht genehmigt wurden, was waren die Ausschlusskriterien?

Was sind bauliche und technische Eignungskriterien für einen Ladestandort?

Welche Mindestgrößen, Abstände und Empfehlungen gelten bei Parkständen in Schräg-, Längs- und Senkrechtaufstellung mit Ladestationen?

Wie wurde mit den Ergebnissen der Zwischenevaluation von ARGUS umgegangen? Welche Maßnahmen hat man daraus für Standortermittlung und Betrieb abgeleitet?

### **3) Betrieb**

Welche negativen Einflüsse auf den Standortbetrieb sind bekannt? Wer bearbeitet diese Probleme derzeit mit welchen Ergebnissen?

Wie häufig kommt es zu Fehlbelegungen der Parkstände durch Verbrenner?

Der Jahresvergleich der Inbetriebnahmen von Standorten für den Zeitraum 2015 bis 2020 zeigt, dass die meisten jeweils in der zweiten Jahreshälfte erfolgten. Womit lässt sich dies erklären?

Welche Investitions- und Betriebskosten sind je AC- und DC-Ladesäule im Durchschnitt zu erwarten?

Welche Erlöse je Ladevorgang werden erzielt? Welche kritische Masse wird benötigt, um eine Kostendeckung bzw. Gewinne je AC- und DC-Ladesäule zu erreichen? Wie viele Standorte sind aktuell rentabel?

### **4) Nutzer**

Beim Masterplan Ladeinfrastruktur wurde eine Differenzierung nach sechs Nutzergruppen vorgenommen und ihr Fahr- und Ladeverhalten abgeschätzt. Inwieweit haben sich diese Prognosen bewahrheitet?

Wer sind die Hauptnutzer von öffentlichen Ladestationen?

Welche Unterschiede gibt es beim Ladeverhalten zwischen den Nutzergruppen, vor allem zwischen privaten Nutzern und Carsharing-Nutzern?

Werden Nutzerbefragungen durchgeführt oder wird auf anderem Wege ein Feedback der E-Mobilisten eingeholt? Wenn ja, zu welchem Zweck und mit welchem Ergebnis?

### **5) Auslastung**

Wie entwickelten sich die Nutzungszahlen im Zeitraum 2014-2020?

Wie hoch ist die Anzahl der Ladevorgänge jährlich im Gesamtnetz? Wie viele Ladevorgänge können durchschnittlich je Standort verzeichnet werden?

Wie viel kWh je Ladevorgang und insgesamt je Standort wird durchschnittlich verzeichnet?

An welchen Standorten ist die Auslastung jeweils am höchsten und am niedrigsten? Welche Standorte sind hinter den Erwartungen geblieben und welche übertrafen die Erwartungen?

Zu welchem Zeitpunkt im Tagesverlauf erfolgen die meisten Ladevorgänge?

Mit welchen Faktoren korreliert die Auslastung?

Verfügen Standorte mit hoher Auslastung über hohe Relevanz-Scores im Standortmodell?

An welchen Standorten kommt es zu besonders hohen und niedrigen Ladezeiten?

### **6) Künftiger Ausbau**

Hamburg möchte bis 2025 weitere 1.000 Ladepunkte schaffen. Wie sehen die Strategieansätze aus? Wurden räumliche Schwerpunkte gesetzt? Wird es eine Änderung bei der Akteurskonstellation geben? Welche Schritte stehen als nächstes an?

Welchen Stellenwert wird High Power Charging künftig in Hamburg haben? Wie viele Standorte sind wo geplant?

Gibt es ein Monitoring der Nachfrage? Wenn nein, wäre das künftig denkbar, um so Über- oder Unterdimensionierung von Standorten vorzubeugen?

Bis 2030 werden mehr als 100.000 E-Autos in Hamburg erwartet. Ist das Versorgungsnetz für den zusätzlichen Energiebedarf gewappnet?

In Amsterdam können Nutzer die Installation einer Lademöglichkeit im öffentlichen Raum beantragen, wenn ihnen keine regelmäßige Lademöglichkeit im privaten Raum zur Verfügung steht. Wäre das in Hamburg künftig auch denkbar?

Der Schwerpunkt wechselt allmählich Richtung Schaffung einer hohen Anzahl an Lademöglichkeiten außerhalb des öffentlichen Raums. Welche Rolle nimmt die öffentliche Hand (noch) ein?

Ist ein statistisches oder dynamisches Lastmanagement für Ladeinfrastruktur geplant? Wenn ja, wie sehen Grundzüge der Konzeption aus?

Welche Rolle könnte die IFB Hamburg beim Ausbau des öffentlichen Ladenetzes in der nächsten Phase einnehmen? Sind Fördermaßnahmen zur Aktivierung Privater angedacht?

## **7) Projektmanagement und Prozessbewertung**

Welche Controllinginstrumente kamen zum Einsatz?

Was bedeutete der Wechsel des Marktmodells und Zuständigkeiten für den Prozess?

Welche falschen Prognosen wurden getätigt und was waren die Folgen im Prozess?

Wie sah die Kommunikationsstruktur aus? Welche Kommunikationsformen wurden genutzt?

Welche Rolle spielten informelle oder bilaterale Abstimmungen?

Gab es einen Erfahrungsaustausch zum Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur

mit anderen europäischen Städten und Regionen? Wenn ja, zu welchem Zeitpunkt und mit welchen Ergebnissen?

Welche Hindernisse und Schwierigkeiten gab es bei der Umsetzung des Vorhabens und wie wurde damit umgegangen?

Zu welchen Veränderungen im strukturellen bzw. organisatorischen Bereich kam es im Prozess und wie wurde damit umgegangen?

Worin sehen Sie die Hauptgründe für zeitliche Verzögerungen bei der Umsetzung?

Welche Bedeutung haben Lernprozesse gehabt? Wurden z.B. wichtige Lerneffekte zusammengefasst und veröffentlicht oder sich in bestimmten Phasen bewusst mehr Zeit zur Aufgabenerfüllung genommen?

Was sind Lessons Learned? Was kann man für den weiteren Prozess mitnehmen?

Welche Erkenntnisse kann man aus Projekten wie HansE/STELLA oder ELBE für das öffentliche Ladenetz ableiten?

Wie wird der Erfolg des Projekts gemessen? Wie bewerten Sie persönlich den Erfolg?

## **8) hvv switch**

Welche Rolle hat die HOCHBAHN bei der Steuerung und Organisation der Elektromobilität in Hamburg?

Wie viele der über 70 hvv switch-Punkte verfügen über eine Ladesäule?

Wie viele der über 70 hvv switch-Punkte sollen künftig über Ladesäulen verfügen? Nach welchen Kriterien erfolgt dabei die Standortauswahl? Welcher Zeitraum ist für die Umsetzung angedacht?

Werden neu entstehende hvv switch-Punkte von vornherein mit mindestens einer Ladesäule ausgestattet?

Mit welchen Akteuren und Institutionen erfolgt eine Abstimmung zur Elektrifizierung der hvv switch-Punkte?

Ist die Stromnetz Hamburg oder die HOCHBAHN der Betreiber von Ladesäulen, die sich an einem hvv switch-Punkt befinden?

Liegen Daten zur Nutzung und Auslastung der Ladesäulen an den hvv switch-Punkten vor? Wenn ja, an welchen Standorten ist die Auslastung am höchsten/niedrigsten? Wie viele Ladevorgänge können durchschnittlich pro Monat verzeichnet werden?

Wurde die HOCHBAHN bei der Standort-suche im Rahmen des Aufbaus der öffentlichen Ladeinfrastruktur in irgendeiner Weise eingebunden? Wenn ja, in welcher? Wenn nein, hätte man sich dies gewünscht?

Wann werden welche Carsharing-Dienste mit E-Fahrzeugen in der App/beim Angebot integriert sein?

## **9) SHARE NOW**

Wie groß ist die Hamburger Flotte insgesamt? Wie hoch ist der Anteil an Elektroautos?

Wie lässt sich der typische Nutzer von e-Carsharing charakterisieren? Was zählt zu den ausschlaggebenden Faktoren für die Nutzung von e-Carsharing?

Was ist zum Ladeverhalten der Nutzer bekannt?

Können alle Ladestationen des öffentlichen Ladenetzes genutzt werden oder gibt es ausgewählte Partnerladestationen?

In einigen Publikationen zum Hamburger Modell ist die Rede davon, dass sich die Ausrichtung der öffentlichen Ladeinfrastruktur auch auf die Bedarfe des free-floating Carsharings bezieht bzw. Carsharing bei der Standort-suche berücksichtigt wurde. In welcher Form geschah das konkret?

In einem Memorandum of Understanding zwischen der Daimler AG und FHH sowie der BMW AG und FHH wird festgehalten, dass mindestens 900 der öffentlichen Ladepunkte im Geschäftsgebiet installiert werden sollen. Wie kam es zu dieser Entscheidung?

Die öffentliche Ladeinfrastruktur wird mitgenutzt. Zusätzlich gibt es die hvv switch-Punkte. Ist zusätzlich der Aufbau eigener Ladestationen zur exklusiven Nutzung angedacht?

Wenn vom Nutzer ein Elektroauto mit einem Batteriestand von unter 60 % geladen wird, erhält dieser 5 € Guthaben. War die Einführung dieses Anreizsystems nötig, da die Nutzer andernfalls nicht Zeit in den Ladevorgang investierten und Fahrzeuge entsprechend nicht benutzbar waren?

## **10) ELBE**

Bis 2022 sollen in Hamburg bis zu 7.400 Ladepunkte außerhalb des öffentlichen Raums installiert werden. Wie viele Ladepunkte sind Stand heute umgesetzt worden?

Zeigen sich Eigentümer von Wohn- und Gewerbeimmobilien, Vereine und Stiftungen, Parkhausbetreiber oder Unternehmen mit E-Flotten interessierter an den Fördermöglichkeiten durch das ELBE-Projekt?

Gibt es räumliche Schwerpunkte, d.h. konzentrieren sich die Fördernehmer auf bestimmte Bezirke oder Lagen? Fallen andere Gemeinsamkeiten bei den Fördernehmern auf?

Welche Daten werden im Projekt erhoben und wie ausgewertet? Was sind erste Ergebnisse?

Welche Erkenntnisse haben Sie bezüglich des Last- und Lademanagements zur optimalen Stromverteilung gewonnen?

Welche Maßnahmen ließen sich für das öffentliche Ladenetz ableiten bzw. welche Empfehlungen würden Sie formulieren?

**Gesprächsende:**

Dank für die Zeit,  
Information über Auswertung der Ergebnisse und weiteren Verlauf,  
ggf. Vereinbarung zum weiteren Datenaustausch,  
Verabschiedung

## **ANHANG II INTERVIEWTRANSKRIPTE**

**Hinweis:** Die Seiten VI bis CXVII mit zwölf Interviewtranskripten entfallen in dieser Version. Zugriff erhalten lediglich die Prüfer über die digitale Version.

