

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Landeshauptstadt
München
**Referat für Gesundheit
und Umwelt**

München elektrisiert

M^e

Ein Projekt unter Leitung der
Landeshauptstadt München

Vorhabenbeschreibung

Gesamtvorhabenbeschreibung

In Kooperation mit:



Assoziierte Partner:



München, 12.06.2019

Gliederung

1. Ziele
 - 1.1 Gesamtziel des Vorhabens
 - 1.2 Bezug zu förderpolitischen Zielen
 - 1.3 Wissenschaftliche und/oder technische Arbeitsziele
2. Stand der Wissenschaft und Technik
 - 2.1 Arbeiten und Ergebnisse Dritter
 - 2.2 Bisherige eigene Arbeiten zum Thema
 - 2.3 Schutzrechte
3. Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes
 - 3.1 Einführende Beschreibung des Arbeitsablaufs über die Projektzeit
 - 3.2 Ausführliche Beschreibung der Arbeitspakete
 - 3.3 Ressourcenplanung
4. Verwertungsplan
 - 4.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Zeithorizont; Marktaussichten; funktionale, wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen
 - 4.2 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten mit Zeithorizont
 - 4.3 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit
 - 4.4 Verwertungstabelle
5. Arbeitsteilung / Zusammenarbeit mit Dritten
 - 5.1 Arbeitsteilung und Koordination im Verbund
 - 5.2 Darstellung der Projektpartner
 - 5.3 Zusammenarbeit mit Dritten (assoziierte Partner)
6. Notwendigkeit der Zuwendung
7. Kostentrennungserklärung
8. Literaturverzeichnis

Bearbeiterhinweis:

Durch die Verlängerung und Aufstockung des „Sofortprogramm Saubere Luft“ ergibt sich die Möglichkeit, auch das Projekt „München elektrisiert – M^{ee}“ zu verlängern und Zusatzleistungen einzubringen, die nachfolgend farblich gekennzeichnet sind.

1 Ziele

1.1 Gesamtziel des Vorhabens

Saubere Atemluft ist essentiell für die Gesundheit und Lebensqualität aller Menschen. Durch die regelmäßige Überschreitung von Luftschadstoff-Grenzwerten in deutschen Städten und wegen der im Rahmen des Vertragsverletzungsverfahrens eingereichten Klage der Europäischen Kommission gegen Deutschland, stehen immer mehr Kommunen vor der Aufgabe, NO_x-Emissionen möglichst zeitnah und nachhaltig zu senken.

In der Landeshauptstadt München wird der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid (Jahresmittelwert von 40 µg/m³) seit Jahren an den hoch verkehrsbelasteten Stellen z. T. deutlich überschritten. Nach einer aktuellen, vom Bayerischen Landesamt für Umwelt beauftragten Modellrechnung wird in München an 24 % des 511 km langen Hauptverkehrsstraßennetz der Grenzwert für den Jahresmittelwert von NO₂ nicht eingehalten. Messungen haben ergeben, dass der Stickstoffdioxid (NO₂)-Jahresmittelwert an der Messstation Landshuter Allee 78 µg/m³ und an der Messstation Stachus 53 µg/m³ beträgt. Der gesetzlich erlaubte NO₂-Wert von 40 µg/m³ im Jahresmittel wird damit an der Landshuter Allee im Jahr 2017 um fast 100 % (38 µg/m³) überschritten. München ist damit die am stärksten mit Luftschadstoffen belastete Kommune Deutschlands. Da der Verkehrssektor, insbesondere der Dieserverkehr, wesentlicher Verursacher der Grenzwertüberschreitungen in München ist, hat eine Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen einen besonders großen Effekt. Es ist dringend notwendig, die Anzahl (lokal) emissionsfreier Fahrzeuge auf Münchens Straßen zu erhöhen.

Aus diesem Grund fördert die Landeshauptstadt München mit dem „Integrierten Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München“ (IHFEM) die Elektromobilität als eine zukunftssträchtige Technologie, die in der Lage ist, wichtige Beiträge zum Klima- und Lärmschutz, zur Luftreinhaltung und ganz allgemein zu einer Abkehr von fossilen Energieträgern zu leisten. Hierfür hat der Münchner Stadtrat für den Zeitraum von 2015 bis 2020 ein Maßnahmenpaket mit einem Finanzvolumen von ca. 60 Mio. Euro beschlossen und damit das größte kommunale Handlungsprogramm im Bereich Elektromobilität in Deutschland geschaffen. Um der Elektromobilität zur weiteren Marktdurchdringung zu verhelfen, ist der Auf- und Ausbau eines dichten Netzes von Ladepunkten entscheidend. Besonders ein vielfältiges Angebot an Ladeinfrastruktur ist wichtig, um die Nutzerakzeptanz zu erhöhen und den Umstieg zu erleichtern. München hat im Rahmen des IHFEM bereits den Aufbau von 1.100 öffentlichen Ladepunkten durch die Stadtwerke München bis Ende 2019 beschlossen. Damit wird der Grundstein zur Schaffung eines Netzes an öffentlicher Ladeinfrastruktur in München gelegt. Darüberhinausgehend sind allerdings weitere Ladeinfrastrukturmaßnahmen notwendig, um eine ausreichende Dichte an Ladeinfrastruktur zu erreichen und die vielfältigen Bedarfe der verschiedenen Nutzergruppen der Elektromobilität zu decken.

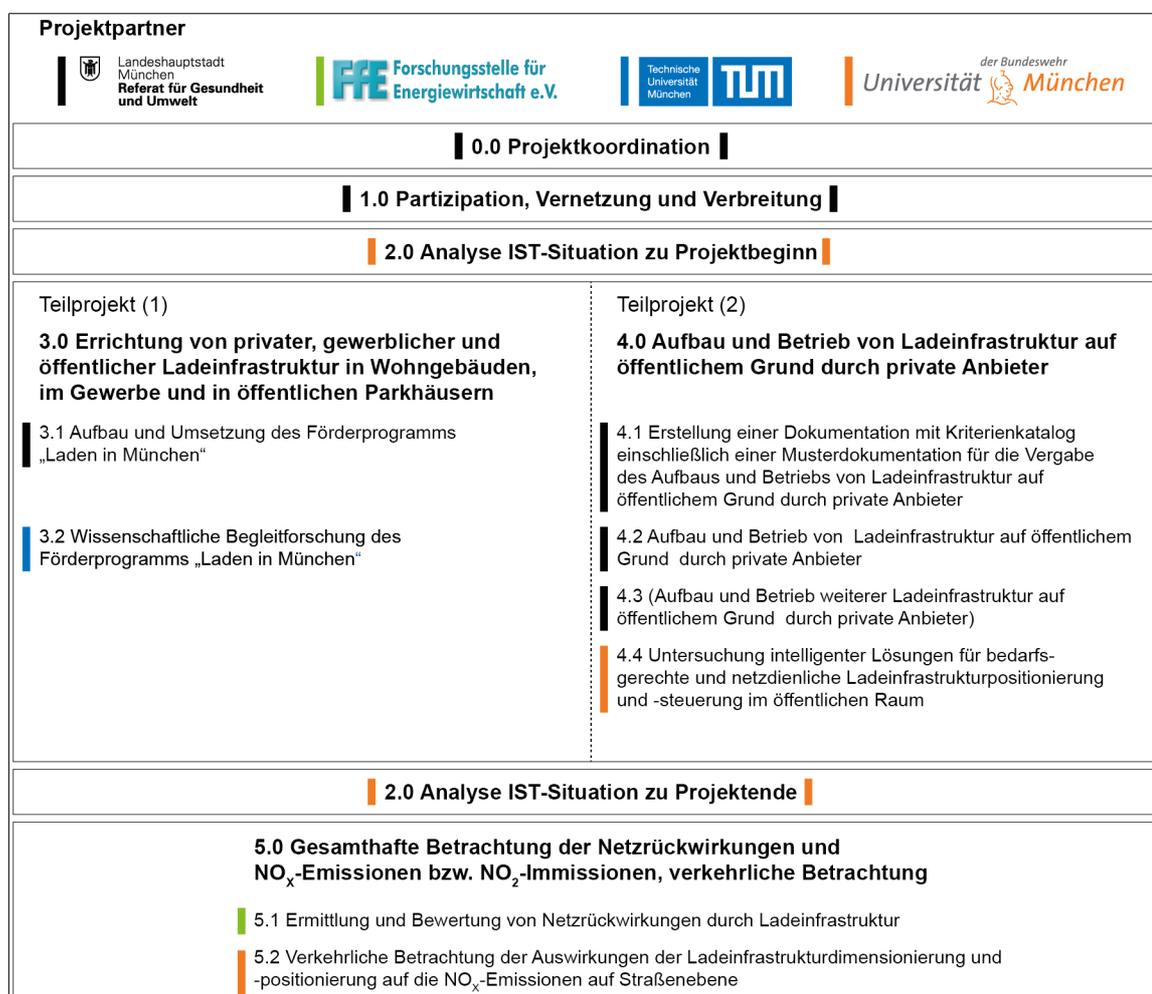
Mit dem vorliegenden Verbundvorhaben „München elektrisiert – M^e“ sollen daher zwei für die Stadt München zentrale Bereiche des Ladeinfrastrukturaufbaus zusätzlich gefördert und wissenschaftlich begleitet werden.

In den Teilprojekten (1) und (2) des Verbundprojekts „München elektrisiert – M^{ee}“ erfolgt:

- (1) die Errichtung von privater, gewerblicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern (AP 3.1 und 3.2) sowie
- (2) der Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter (AP 4.1 bis 4.4).

Das Projektkonsortium besteht aus der Landeshauptstadt München (LHM), der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FfE), der Technischen Universität München (TUM) sowie der Universität der Bundeswehr München (UniBW). Assoziierte Partner sind die Handwerkskammer für München und Oberbayern (HWK) und die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern (IHK).

Das nachfolgende Schaubild zeigt die Struktur des Gesamtvorhabens „München elektrisiert – M^{ee}“ zu Beginn des Projekts (01.10.2018 bis 30.09.2019).



Durch die Verlängerung und Aufstockung des „Sofortprogramm Saubere Luft 2017 - 2022“ ergibt sich die Möglichkeit, auch das Projekt „München elektrisiert – M^{ee}“ zu verlängern und Zusatzleistungen einzubringen, die nachfolgend dargestellt und farblich gekennzeichnet sind.

Zu 1) „Errichtung von privater, gewerblicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern“

Die Landeshauptstadt München, vertreten durch das Referat für Gesundheit und Umwelt, wird im Rahmen dieses Teilprojekts ein Förderprogramm „Laden in München“ für die Umsetzung von großvolumigen Ladeinfrastrukturprojekten in Wohngebäuden, in Gewerbebetrieben sowie in öffentlich zugänglichen Parkhäusern in München aufbauen.

Mit diesem Förderprogramm wird u. a. den derzeit noch immer bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Hürden, die einer Installation von Lademöglichkeiten in Wohngebäuden entgegenstehen, begegnet.

Im Rahmen des zu erarbeitenden Förderprogramms „Laden in München“ reicht die Landeshauptstadt München Fördermittel in Höhe von 3,41 Mio. Euro an die Antragstellerinnen und Antragsteller weiter und realisiert damit den Aufbau von rund 1.655 Ladepunkten. Im Zuge der Projektverlängerung und damit auch der Verlängerung des Förderprogramms „Laden in München“ erfolgt die Ausreichung dieser Fördermittel und die Umsetzung der Ladepunkte bis Ende September 2022. Zudem wird die Landeshauptstadt München prüfen, inwiefern ein Teil der Fördersumme aus „Laden in München“ Unternehmen im Umland Münchens, deren E-Fahrzeuge in die Landeshauptstadt einpendeln und damit zur verkehrlichen und lufthygienischen Problematik in München beitragen, zugute kommen kann.

Im Rahmen einer Begleitforschung des Förderprogramms „Laden in München“ wird die Technische Universität München in ihrem Teilvorhaben basierend auf umfangreichen Mobilitätsanalysen der Untersuchungsobjekte ein ganzheitliches, modelbasiertes Vorgehen zur Ermittlung optimaler Ladeinfrastrukturlösungen entwickeln. Hierdurch wird ein Werkzeug geschaffen, das es ermöglicht, im Rahmen der anschließenden Beratungsprozesse konkrete und objektspezifische Handlungsempfehlungen abzugeben. Als übergeordnetes Ziel strebt die Technische Universität München weiterhin an, auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse ein Standardvorgehen (Whitepaper) zur Erarbeitung von Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für die Errichtung von Low Cost-Ladeinfrastruktur und Mobile Metering-Ladepunkten in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern abzuleiten.

Im Rahmen der Projektverlängerung wird der Zeitraum der Analyse und Beratung bezüglich optimaler Ladeinfrastruktur von Teilnehmern am Förderprogramm auf die Projektlaufzeit ausgeweitet. **Durch den längeren Zeitraum für die Erfassung des Mobilitätsverhaltens der Untersuchungsobjekte kann das Gesamtmodell weiter optimiert und die Ergebnisse großflächiger evaluiert werden.**

Zu 2) „Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter“

In den letzten Monaten häufen sich die Anfragen von privaten Anbietern, öffentliche Ladeinfrastruktur auf städtischem Grund in München zu errichten und zu betreiben.

Um den Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter zu realisieren, wird die Landeshauptstadt München ein Vergabeverfahren durchführen, um ein oder mehrere private Unternehmen für den Aufbau und Betrieb der Ladeinfrastruktur zu gewinnen. Außerdem wird sie eine Dokumentation mit Kriterienkatalog für die Vergabe sowie eine entsprechende Musterdokumentation zur Verwendung für andere Kommunen erstellen und diese bei Bedarf fachlich beraten. **In einem ersten Schritt** folgt der Aufbau und Betrieb von bis zu 400 Ladepunkten (200 Ladesäulen) durch das bzw. die ausgewählte/n Unternehmen (AP 4.2). Im Rahmen des so im Stadtgebiet

Münchens geschaffenen Demonstrationsraums (Reallabors) sollen verschiedene intelligente Lademöglichkeiten (Verfügbarkeitsprognosen, Reservierungsverfahren), preisgünstige Lademöglichkeiten sowie Lösungen für energieeffizientes und netzdienliches Laden in der Praxis getestet werden. **Im Rahmen der Projektverlängerung und durch die finanzielle Aufstockung des Projekts erfolgt darüber hinaus die Umsetzung des Arbeitspaketes 4.3 zum Aufbau und Betrieb von weiteren bis zu 1.400 Ladepunkten (700 Ladesäulen) im öffentlichen Raum durch Private (vgl. Kapitel 1.3).**

Die öffentlich zugänglichen Ladesäulen sollen zum einen intelligent positioniert werden, zum anderen soll durch eine intelligente Steuerung der Ladevorgänge die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit für Nutzer verbessert und die Auslastung der Ladeinfrastruktur erhöht werden, um eine insgesamt höhere Akzeptanz für Elektromobilität zu erreichen. Mit diesem Ziel werden in AP 4.4 **Verfügbarkeitsprognosen entwickelt und** verschiedene Reservierungs- und Preismodelle untersucht und sowohl in Simulationen als auch im Reallabor innerhalb der Landeshauptstadt München getestet. **Die Entwicklungen der Ladeinfrastruktur im Hinblick auf angebotene Preise und Nutzung sowie Auswirkungen auf das Routenwahlverhalten der Elektroautonutzer werden untersucht.**

Übergeordnete wissenschaftliche Begleitforschung

Umrahmt werden die zwei Teilprojekte von Maßnahmen zur Einbindung und Vernetzung der Stadtgesellschaft und zur Verbreitung der Projekthinhalte (AP 1.0 „Partizipation, Vernetzung und Verbreitung“) unter Federführung der Landeshauptstadt München. Weiterhin erfolgt eine Analyse der Ist-Situation in der Stadt München hinsichtlich des Ladeinfrastrukturbestandes und der Nachfrage, unter Berücksichtigung verschiedener Nutzergruppen, darunter auch E-CarSharing-Anbieter. Die Ist-Analyse wird zu Beginn des Projekts unter Leitung der Universität der Bundeswehr München und mit Unterstützung der Forschungsstelle für Energiewirtschaft für den Bereich der Stromnetze durchgeführt. Durch eine erneute Erfassung der Ist-Situation am Projektende kann eine Bewertung der erfolgten Maßnahmen und Veränderungen durchgeführt werden (AP 2.0 „Analyse der Ist-Situation in der LHM“).

Im Rahmen der Projekterweiterung werden zusätzlich die Ladeinfrastruktur, die außerhalb des Projektrahmens im öffentlichen und halb-öffentlichen Raum installiert wurde, sowie die Potentiale durch Verflechtungen in die Region analysiert. Zudem werden Auswirkungen der verbesserten Ladeinfrastruktur auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen durch dynamische Mobilitätsdienste, wie zum Beispiel Carsharing- und Taxidienste, untersucht. So ergibt sich ein umfassendes Bild der tatsächlichen Elektromobilitätsentwicklungen im Raum München.

Übergreifend über diese zwei Teilprojekte, werden von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft die Netzzrückwirkungen der unterschiedlichen Lademöglichkeiten mit Hilfe von Lastflussrechnungen analysiert und bewertet. Darüber hinaus werden Möglichkeiten zur Beseitigung von Netzengpässen verglichen und Empfehlungen zur Beseitigung der Netzhemmnisse abgeleitet (AP 5.1 „Ermittlung und Bewertung von Netzzrückwirkungen durch Ladeinfrastruktur“).

Modellierungen zur Untersuchung der Veränderungen der NO₂-Immissionswerte erfolgen durch qualifizierte Gutachter, die von der Landeshauptstadt München beauftragt werden. Weiterhin erfolgt eine arbeitspaketübergreifende Betrachtung der verkehrlichen und emissionsorientierten Wirkung der Maßnahmen unter Leitung der Universität der

Bundeswehr (AP 5.2 „Verkehrliche Betrachtung der Auswirkungen der Ladeinfrastrukturdimensionierung und -positionierung auf die NO_x-Emissionen auf Straßenebene“).

Im neu definierten AP 6 wird die im Rahmen des Projekts aufgebaute Ladeinfrastruktur bzw. ausgewählte Ladesäulen/Ladeparks und die entsprechenden Verteilnetze bzw. Teilgebiete davon messtechnisch analysiert. Zur ganzheitlichen Erfassung, Analyse und Veröffentlichung von Ladevorgängen wird die Forschungsstelle für Energiewirtschaft dabei von der Technischen Universität München unterstützt, welche parallel zu den Messungen auf der Infrastrukturseite, die durchgeführten Ladevorgänge fahrzeugeitig misst.

Das Verbundvorhaben „München elektrisiert – M^{ee}“ hat unter Berücksichtigung der Projektverlängerung und -aufstockung das Ziel, insgesamt rund 3.400 neue Ladepunkte zu schaffen. Das vorliegende Vorhaben deckt die Zielsetzungen und Themenbereiche des Förderaufrufs vollständig ab (siehe Abschnitt „Bezug zu förderpolitischen Zielen“). Durch die Erarbeitung von Handlungsleitfäden, Musterdokumentationen und White Papers (siehe Abschnitt „Wissenschaftliche und/oder technische Arbeitsziele“ sowie „Verwertungsplan“) ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse sichergestellt.

Unter Berücksichtigung der Verlängerung der Laufzeit bis 30.09.2022 und der neuen Projektinhalte (Zusatzleistungen) ergibt sich nun folgende Projektstruktur:

Projektpartner	
	
	
0.0 Projektkoordination	
1.0 Partizipation, Vernetzung und Verbreitung	
2.0 Analyse IST-Situation zu Projektbeginn*	
Teilprojekt (1) 3.0 Errichtung von privater, gewerblicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern 3.1 Aufbau und Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“ 3.2 Wissenschaftliche Begleitforschung des Förderprogramms „Laden in München“*	Teilprojekt (2) 4.0 Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter 4.1 Erstellung einer Dokumentation mit Kriterienkatalog einschließlich einer Musterdokumentation für die Vergabe des Aufbaus und Betriebs von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter 4.2 Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter 4.3 (Aufbau und Betrieb weiterer Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter)* 4.4 Untersuchung intelligenter Lösungen für bedarfsgerechte und netzdienliche Ladeinfrastrukturpositionierung und -steuerung im öffentlichen Raum*
2.0 Analyse IST-Situation zu Projektende	
5.0 Gesamthafte Betrachtung der Netzbelastungen und NO_x-Emissionen bzw. NO₂-Immissionen, verkehrliche Betrachtung	
5.1 Ermittlung und Bewertung von Netzbelastungen durch Ladeinfrastruktur* 5.2 Verkehrliche Betrachtung der Auswirkungen der Ladeinfrastrukturdimensionierung und -positionierung auf die NO _x -Emissionen auf Straßenebene	
6.0 Erfassung, Analyse und Veröffentlichung ganzheitlicher Datensätze der umgesetzten Ladeinfrastruktur*	

* Arbeitspakete mit Zusatzleistungen wurden mit * gekennzeichnet.

1.2 Bezug zu förderpolitischen Zielen

Das vorliegende Vorhaben adressiert den Förderaufruf „Errichtung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im engen Zusammenhang mit dem Abbau bestehender Netzhemmnisse sowie dem Aufbau von Low Cost-Infrastruktur und Mobile Metering-Ladepunkten“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom 28. Dezember 2017 im Rahmen des Sofortprogramms „Saubere Luft 2017 bis 2020“.

Im Fokus des vorliegenden Vorhabens stehen Infrastrukturmaßnahmen, die die Akzeptanz der Elektromobilität und die Marktdurchdringung kurzfristig verbessern:

Lademöglichkeiten für Fahrzeugbesitzer, ohne Lademöglichkeit am privaten Parkplatz (Zielsetzung 1a des Förderaufrufs)

Im Rahmen des Vorhabens werden Lademöglichkeiten für Fahrzeugbesitzer geschaffen, die über keinen Ladepunkt am eigenen, privaten Parkplatz verfügen, und zwar sowohl

- im öffentlich-zugänglichen Raum (siehe Teilprojekt (2) im Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“) als auch
- im nicht öffentlich-zugänglichen Raum z. B. auf Parkplätzen in Tiefgaragen von Mehrfamilienhäusern (siehe Teilprojekt (1) im Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“).

Lademöglichkeiten für betriebliche Anwendungen (Zielsetzung 1b des Förderaufrufs)

Weiterhin werden Lademöglichkeiten für Fahrzeugflotten im Gewerbe, auf Betriebshöfen und auf Firmenparkplätzen (vgl. Teilprojekt (1) im Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“) entstehen.

Das vorliegende Vorhaben adressiert zudem die Themenblöcke A bis D des Förderaufrufs:

Thema A) Demonstrationsräume (Reallabore) zur Erprobung des Abbaus von Netzausbauhemmnissen

Mit dem Teilprojekt (2) (siehe Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“ sowie „wissenschaftliche und/oder technische Ziele“) werden Demonstrationsräume in München geschaffen, in denen durch hohe Konzentration von Lademöglichkeiten Untersuchungen zu Reservierungsverfahren, energieeffizientem und netzdienlichen Laden sowie Verfügbarkeitsprognosen durchgeführt werden können. Damit werden Lösungen für verschiedene Zielgruppen wie Kurier- und Expressdienste, Handwerker, Pflegedienste, Taxiverkehr etc. geschaffen, die auf das Nachladen im öffentlichen Raum angewiesen sind. Mit den Demonstrationsräumen werden Voraussetzungen für eine verbesserte Akzeptanz von Elektromobilität bei den Verkehrsteilnehmern geschaffen und mit Hilfe dieser Reallabore können die Auswirkungen auf Netz und Auslastung der Ladeinfrastruktur im Arbeitspaket „Ermittlung und Bewertung von Netzurückwirkungen durch Ladeinfrastruktur“ untersucht werden.

Thema B) Low Cost-Ladeinfrastruktur

Im Rahmen des Teilprojekts (1) ist zu erwarten, dass über das zu entwickelnde Förderprogramm „Laden in München“ insbesondere auch Low Cost-Ladeinfrastruktur beantragt wird, da diese insbesondere bei großvolumigen Ladeinfrastrukturprojekten aus Gründen der Wirtschaftlichkeit zum Einsatz kommen könnte. Zudem ist zu erwarten,

dass durch das Förderprogramm auch Anreize zur Elektrifizierung von Parkplätzen geschaffen werden, die bislang nicht öffentlich zugänglich waren.

Thema C) Ladeinfrastrukturlösungen mit intelligentem Management in nicht öffentlich-zugänglichen Räumen (Betriebshöfe, Arbeitgeberparkplätze)

Über das in Teilprojekt (1) zu entwickelnde Förderprogramm „Laden in München“ sowie über die begleitende Wirkungsforschung erhalten Unternehmen und weitere Fördernehmer eine Unterstützung bei der Errichtung von Lademöglichkeiten für Unternehmensflotten und Mitarbeiterfahrzeugen (siehe Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“ sowie „wissenschaftliche und/oder technische Ziele“).

Thema D) Errichtung von intelligenten Ladesystemen für das privat motivierte Parken und Laden (Parkhäuser in Mehrfamilienhäusern, öffentlich zugängliche Parkhäuser)

Mit dem in Teilprojekt (1) entwickelten Förderprogramm „Laden in München“ wird die Umsetzung von großvolumigen Ladeinfrastrukturprojekten im Bereich des privat motivierten Parkens und Ladens (Parkhäuser in Mehrfamilienhäusern sowie öffentlich zugänglichen Parkhäusern in München) gefördert und somit bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Hürden entgegengewirkt. Die geförderten Ladeinfrastrukturprojekte gehen dabei über eine reine Installation von Wallboxen/Ladepunkten hinaus und umfassen Maßnahmen zur Netzverstärkung, Netzintegration und des Lastmanagements (siehe Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“).

Weiterhin geht das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im genannten Förderaufruf explizit auf die Notwendigkeit des Abbaus bestehender Netzausbauhemmnisse und die Reduzierung von NO_x-Emissionen bzw. NO₂-Immissionen ein.

Das übergreifende Arbeitspaket „Betrachtung der Netzurückwirkungen und NO_x-Emissionen bzw. NO₂-Immissionen“ zielt dabei genau auf diese „Herausforderungen einer versorgungssicheren Netzintegration“ sowie das Monitoring der eingesparten Schadstoffausstöße ab. Dabei werden zum einen die von der Ausschreibung geforderten „kommunalen Besonderheiten im Hinblick auf den Netzausbau für Ladeinfrastruktur“ herausgearbeitet. Zum anderen werden die Netzurückwirkungen in einem wissenschaftlichen Simulationsmodell möglichst allgemeingültig untersucht.

Förderpolitische Zielsetzung des Vorhabens „München elektrisiert – M^e“ im Überblick:

Ziele	Förderpolitische Ziele	München elektrisiert - M ^e
Saubere Luft	NO _x -Emissionen und NO ₂ -Immissionen zeitnah und nachhaltig senken	<p>Vielfältiges Angebot an Ladeinfrastruktur durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Errichtung von privater, gewerblicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern • Errichtung von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter
	Demonstrationsräume (Reallabore) zur Erprobung des Abbaus von Netzausbauhemmnissen	<p>Schaffen von Demonstrationsräume in München, in denen durch hohe Konzentration von Lademöglichkeiten Untersuchungen zu Reservierungsverfahren, energieeffizientem und netzdienlichen Laden sowie Verfügbarkeitsprognosen durchgeführt werden können.</p> <p>Entwicklung von Lösungen für verschiedene Zielgruppen wie KEP-Dienste, Handwerker, Pflegedienste, Taxiverkehr etc., die auf das Nachladen im öffentlichen Raum angewiesen sind.</p>
	Low Cost-Ladeinfrastruktur	Schaffen von für den Endverbraucher und Investoren wirtschaftlich attraktiven Park- und Lademöglichkeiten innovative Ladeinfrastrukturlösungen.
	Ladeinfrastrukturlösungen mit intelligentem Management in nicht öffentlich-zugänglichen Räumen	Unterstützung von Unternehmen und weiterer Fördernehmer bei der Errichtung von Lademöglichkeiten für Unternehmensflotten und Mitarbeiterfahrzeugen.
	Errichtung von intelligenten Ladesystemen für das privat motivierte Parken und Laden	<p>Umsetzung von großvolumigen Ladeinfrastrukturprojekten im Bereich des privat motivierten Parkens und Ladens.</p> <p>Maßnahmen zur Netzverstärkung, Netzintegration und des Lastmanagements.</p>
Netze	Abbau von Netzhemmnissen	Durchführung und Analyse umfangreicher Simulationen zur Bewertung der Netzurückwirkungen von Ladeinfrastruktur sowie Aufzeigen von Möglichkeiten zur Beseitigung von Netzhemmnissen.
Gesellschaftliche Aspekte	Berücksichtigung verschiedener Nutzergruppen	Analyse der Stakeholder und Zielgruppen des Projekts und Erarbeitung eines Konzepts zu Partizipationsmöglichkeiten, Vernetzung und Verbreitung der Projektinhalte.
	Erhöhung der Nutzerakzeptanz und Erleichterung des Umstiegs auf Elektromobilität	<p>Ausrichtung einer jährlichen Veranstaltung durch die LHM für interessierte Stakeholder zur Vernetzung, Kommunikation und Verbreitung der Projektinhalte und Ergebnisse.</p> <p>Zielgruppenspezifische Kommunikation und Verbreitung der Projektaktivitäten und -ergebnisse in der Presse und auf geeigneten Fachtagungen, Konferenzen und sonstigen Veranstaltungen im Großraum München.</p> <p>Ausrichten eines Workshops mit Gewerbetreibenden, Wohneigentümergeinschaften und Parkhausbetreibern zur Ausrichtung des Förderprogramms „Laden in München“ an den Bedürfnissen der Antragstellerinnen und Antragsteller.</p>

1.3 Wissenschaftliche und/oder technische Arbeitsziele

(1) Teilprojekt: „Errichtung von privater, gewerblicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern“ (AP 3.1 und 3.2)

Aufbau und Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“

Derzeit bestehen noch immer rechtliche und wirtschaftliche Hürden, die einer Installation von Lademöglichkeiten in Wohngebäuden (Mietshäusern, Wohneigentümergeinschaften (WEG)) und Tiefgaragen (Parkhäuser) entgegenstehen. Je nach Art der Eigentumsverhältnisse und Baujahr der Tiefgarage ist die Nachrüstung baulich und insbesondere verfahrensrechtlich aufwändig. Die Installation einer Lademöglichkeit mit Verkabelung im Bereich des gemeinschaftlichen Eigentums stellt eine bauliche Änderung dar, die grundsätzlich der Zustimmung sämtlicher Eigentümer bzw. des Vermieters bedarf. Um die Errichtung von Ladeinfrastruktur in Bestandsimmobilien verfahrensrechtlich zu vereinfachen, bedarf es gesetzlicher Anpassungen des Miet- und WEG-Rechts durch den Bundesgesetzgeber.

Um wirtschaftliche Hemmnisse für die Installation von Lademöglichkeiten in Wohngebäuden und Tiefgaragen abzubauen und trotz bestehender rechtlicher Hürden einen Anreiz insbesondere für Wohnungsbaugesellschaften und Hausverwaltungen zu setzen, wird die Landeshauptstadt München ein Förderprogramm (Arbeitstitel: Förderprogramm „Laden in München“) für die Umsetzung von großvolumigen Ladeinfrastrukturprojekten in Wohngebäuden, in Gewerbebetrieben sowie in öffentlich zugänglichen Parkhäusern in München entwickeln und umsetzen.

Im Rahmen des Förderprogramms „Laden in München“ reicht die Landeshauptstadt München Mittel in Höhe von 3,41 Mio. Euro an die Antragstellerinnen und Antragsteller weiter und realisiert damit den Aufbau von rund 1.655 Ladepunkten. Im Zuge der Projektverlängerung und damit auch der Verlängerung des Förderprogramms „Laden in München“ erfolgt die Ausreichung dieser Fördermittel und die Umsetzung der Ladepunkte bis Ende September 2022. Dabei erfolgt in den ersten sechs Projektmonaten die Erarbeitung der Förderunterlagen sowie die Entwicklung des Antragsverfahrens inklusive der benötigten Antragsunterlagen. Die Entwicklung der Unterlagen erfolgt dabei in enger Abstimmung mit dem Projektträger und unter Beteiligung relevanter Stakeholder, um das Förderprogramm an den Bedarfen der potentiellen Antragstellerinnen und Antragstellern auszurichten. Ziel ist es, dass ab dem siebten Projektmonat Anträge gestellt werden können und in der Laufzeit des Förderprogramms rund 1.655 Ladepunkte geschaffen werden.

Durch die Unterstützung der Handwerkskammer für München und Oberbayern sowie durch die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern als assoziierte Partner und die Ausrichtung von regelmäßigen Informationsveranstaltungen und weiteren Aktivitäten zur Verbreitung der Projektinhalte wird das Risiko, dass durch eine zu geringe Bekanntheit des Förderprogramms die gewünschten Antragstellerzahlen nicht erreicht werden, minimiert. Die Umsetzung von großvolumigen Ladeinfrastrukturprojekten ist hoch komplex und beratungsintensiv. Durch die Förderung von Beratungsleistungen über das laufende Münchner Förderprogramm „München emobil“ kann zudem das Risi-

ko verringert werden, dass potentielle Antragstellerinnen und Antragsteller von der Umsetzung solcher großen Ladeinfrastrukturprojekte abgeschreckt werden.

Die Umsetzung des Förderprogramms erfolgt nach dem Vorbild des laufenden Förderprogramms „München emobil“ (www.muenchen.de/emobil) der Landeshauptstadt München. Dabei erfolgt auch die Abwicklung des neuen Förderprogramms zentral im Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München, das über umfangreiche Erfahrung im Aufbau und der Umsetzung von Förderprogrammen im Bereich Elektromobilität verfügt. Gefördert werden intelligente Ladesysteme für das privat motivierte Parken und Laden in Wohngebäuden (z. B. Mehrfamilienhäuser, Mietshäuser), in öffentlich zugänglichen Parkhäusern und in Gewerbebetrieben sowie Maßnahmen zur Netzverstärkung und Einrichtung zum Last- und Lademanagement. Gefördert werden im **städtischen Bereich** ausschließlich großvolumige Ladeinfrastrukturvorhaben ab elf Ladepunkten. Das zu erarbeitende Förderprogramm „Laden in München“ ist damit eine sinnvolle Ergänzung zum bereits existierenden städtischen Förderprogramm „München emobil“, über das bisher kleinvolumige Ladeinfrastrukturvorhaben (bis 10 Ladepunkte) im Gewerbe und bei Privatpersonen gefördert werden. Der Schutz der Daten der Antragstellerinnen und Antragsteller wird im neu zu entwickelnden Förderprogramm „Laden in München“ ebenso wie im bereits laufenden Förderprogramm „München emobil“ gewahrt und vom Datenschutzbeauftragten der Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt überwacht.

Im Rahmen der Lautzeitverlängerung des Projekts bis Ende September 2022 wird die Landeshauptstadt München prüfen, inwiefern ein Teil der Fördersumme aus „Laden in München“ Unternehmen im Umland Münchens, deren E-Fahrzeuge in die Landeshauptstadt einpendeln und damit zur verkehrlichen und lufthygienischen Problematik in München beitragen, zugute kommen kann.

Die gemachten Erfahrungen bei der Entwicklung und Umsetzung des Förderprogramms werden in einem Erfahrungsbericht („Lessons learned“) aufbereitet und eine Abschätzung und Empfehlung zur Notwendigkeit und zum Nutzen von künftigen Fördermaßnahmen für Ladeinfrastruktur auf kommunaler Ebene (2020+) wird gegeben. Beides wird in Form eines Leitfadens für andere Kommunen kostenfrei zur Verfügung gestellt (weitere Ergebnisse siehe Kapitel 4 „Verwertungsplan“).

Wissenschaftliche Begleitforschung zur Errichtung von privater, gewerblicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern

Die Technische Universität München übernimmt die wissenschaftliche Begleitforschung des Teilprojekts 1 - „Errichtung von privater, gewerblicher und öffentlicher Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern“. Als übergeordnetes Ziel strebt die Technische Universität München die Entwicklung und anschließende Validierung eines Standardvorgehens (Whitepaper) zur Errichtung von Ladeinfrastruktur in Wohngebäuden, im Gewerbe und in öffentlichen Parkhäusern an.

Zu Beginn wird im Rahmen einer initialen Bestandsaufnahme sowie technischen und wirtschaftlichen Gegenüberstellung aktuell verfügbarer Technologien und Tarifmodelle eine strukturierte und anwendungsorientierte Übersicht über das aktuelle Angebot geliefert.

Als Datengrundlage aller weiteren Entwicklungsprozesse wird eine umfangreiche Mobilitätsanalyse der adressierten Fokusgruppen des durch die Landeshauptstadt München entwickelten Förderprogramms „Laden in München“ dienen. Die Aufzeichnung der Daten wird vorrangig über einen OBD-Datenlogger erfolgen. Bei Bedarf kann zusätzlich eine bereits entwickelte Android Smartphone Datenlogger-Applikation verwendet werden. Durch Anschaffung von 370 neuen OBD-Dataloggern können innerhalb der Projektlaufzeitlaufzeit bis zu 2.800 Fahrzeuge aufgeteilt auf zwei Phasen aufgezeichnet und analysiert werden. Die Mobilitätsanalysen werden dabei in enger Zusammenarbeit mit der Handwerkskammer für München und Oberbayern und der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern durchgeführt. Diese haben bereits Kontakt zu zahlreichen Eigentümern von Wohnungen und Wohngebäuden, Parkhausbetreibern, Gewerbe- und Industriebetrieben, die die Errichtung von eigener Low Cost-Ladeinfrastruktur und Mobile Metering-Ladepunkten in naher Zukunft planen. Im Sinne eines schnellen Projektanlaufs werden die eben genannten Interessenten im Rahmen einer ersten Phase der Mobilitätsanalyse (im weiteren Verlauf mit Phase I bezeichnet), d. h. Datenerfassung und –auswertung, teilnehmen.

Um bereits direkt im Anschluss an Phase I die Teilnehmerinnen und Teilnehmer über mögliche Ladeinfrastrukturlösungen beraten zu können, wird basierend auf Erfahrungswerten früherer Forschungsprojekte sowie in enger Abstimmung mit der Handwerkskammer für München und Oberbayern und der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern eine entsprechende Heuristik entwickelt. Im weiteren Verlauf des Projekts wird aufbauend auf dieser ersten Heuristik ein Simulationsmodell zur technischen und wirtschaftlichen Abbildung relevanter Ladeinfrastrukturkonfigurationen entwickelt. Durch die Integration intelligenter Lade – und Lastmanagementlösungen wird schließlich aus dem Simulationsmodell ein ganzheitliches, modellbasiertes Vorgehen zur Ermittlung optimaler Ladeinfrastrukturlösungen geschaffen. Eine anschließende Evaluation und Plausibilisierung der entwickelten Gesamtmethodik wird Stärken und Schwächen in Hinblick auf Allgemeingültigkeit, Effizienz und Robustheit aufdecken, so dass ggf. kurzfristige Nachbesserungen möglich sein werden.

In Anknüpfung an Phase I der Mobilitätsanalyse werden zudem im Rahmen einer zweiten Phase (im weiteren Verlauf mit Phase II bezeichnet) Untersuchungsobjekte aus dem Förderprogramm „Laden in München“ analysiert und ausgewertet. In der daran anknüpfenden zweiten Beratungsphase werden basierend auf dem ganzheitlichen, modellbasierten Vorgehen optimale Ladeinfrastrukturlösungen für die Untersuchungsobjekte abgeleitet.

Umfangreiche, technische und wirtschaftliche Bewertungen der im Rahmen des Förderprogramms „Laden in München“ errichteten Ladeinfrastruktur bilden die Grundlage für die Ableitung des angestrebten Standardvorgehens (Whitepaper). Damit wird ein Werkzeug geschaffen, das auch ohne Expertenwissen und aufwändiger Datenerfassung Empfehlungen zum Aufbau von geeigneter Ladeinfrastruktur gibt sowie Daten für Netzintegration und mögliche Regelleistung der Anlagen im Verteilnetz liefert. Unter Anwendung des Standardvorgehens auf ausgewählte Untersuchungsobjekte aus Phase I kann das Vorgehen außerdem durch Vergleich mit der tatsächlich installierten Ladeinfrastruktur validiert werden.

Mit der Projektverlängerung wird die Durchführung von Mobilitätsanalysen der Fahrzeugflotte und anschließenden Auswertung und Beratung hinsichtlich optimaler Ladein-

frastrukturlösungen fortgeführt. Der Zeitraum hierfür ist bis kurz vor Ende der Projektlaufzeit angesetzt, da zum Projektende aufgrund des kurzen verbleibenden Förderzeitraums weniger Antragssteller zu erwarten sind.

Um die zeitliche Abfolge der Investitionen in Ladeinfrastruktur und Fahrzeuge bei der Umstellung der Fahrzeugflotte auf Elektrofahrzeuge und die Bereitstellung entsprechender Ladepunkte optimal zu gestalten, wird eine Realisierungsplanung zur Umsetzung des Ladeinfrastrukturausbaus und der Fahrzeugbeschaffung entwickelt.

Die entwickelten Simulationstools werden in die Webplattform WATE integriert. Damit kann der Nutzer selbst Kombinationen von Fahrzeugen und Ladeinfrastrukturlösungen auswählen und die Ergebnisse der Simulationen basierend auf seinem Mobilitätsverhalten auf eine nutzerfreundliche Art und Weise und interaktiv darstellen.

Das entwickelte Simulationsmodell wird durch die weiterhin gewonnenen Datensätze kontinuierlich optimiert und die Ergebnisse validiert. Mit der Kooperation der FfE werden bei geeigneten Untersuchungsobjekten neben den Mobilitätsdaten auch Daten am Netzanschluss erfasst. Durch Integration von ganzheitlichen Datensätzen, die auch das Lastverhalten des Untersuchungsobjekts außerhalb vom Fahrzeug beinhalten, lassen sich zudem Aussagen über das Effektivitäts-Potenzial von verschiedenen Lade- und Lastmanagementstrategien treffen.

Durch eine Veröffentlichung der aufbereiteten, anonymisierten Daten bestehend aus der Kombination der netzseitigen Belastung durch Verbraucher und Erzeuger, der Belastung durch Ladeinfrastruktur und der zugrundeliegende Mobilitätsbedarf am Standort wird ein wertvoller Beitrag für die internationale Wissenschaftsgemeinschaft geleistet. Zudem wird der Prozess der Datenerhebung, Datenaufbereitung und Veröffentlichung dokumentiert und veröffentlicht.

Eine abschließende Evaluation des Förderprogramms wird zudem Erkenntnisse über dessen Akzeptanz und Wirksamkeit aufdecken, womit eine Entscheidungsgrundlage für zukünftige Förderprogramme geschaffen wird.

(2) Teilprojekt: „Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter“ (AP 4.1 bis 4.4)

Erstellung einer Dokumentation mit Kriterienkatalog einschließlich einer Musterdokumentation für die Vergabe des Aufbaus und Betriebs von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter

In den letzten Monaten häuften sich die Anfragen von privaten Anbietern, öffentliche Ladeinfrastruktur auf städtischem Grund in München aufzubauen und zu betreiben. Eine öffentlich-private Partnerschaft zum Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur (Public-Private-Partnership, kurz: „PPP“) ist nicht nur für die Landeshauptstadt München, sondern auch für andere Kommunen in Deutschland Neuland und wirft sowohl fachliche als auch juristisch hoch komplexe Fragestellungen auf. Gleichzeitig birgt ein PPP-Modell im Bereich der Ladeinfrastruktur große Chancen, die Kommunen langfristig von dem aufwändigen und kostspieligen Prozess des Aufbaus und Betriebs von Ladeinfrastruktur (teilweise) zu entlasten.

Gespräche mit verschiedenen Kommunen sowie der NOW GmbH - Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie haben ergeben, dass eine Vielzahl von Kommunen mit Blick auf die aktuelle Rechtsprechung in Sachen Luftreinhaltung und/oder aufgrund der Fördermöglichkeiten im Rahmen des Sofortprogramms „Saubere Luft 2017-2020“ der Bundesregierung zunehmend Interesse an dem Ausbau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge hat. Aufgrund der Komplexität der Thematik, insbesondere der Ausarbeitung eines entsprechenden Konzepts und der Vergabedokumentation, wurde bislang jedoch von einer Umsetzung dieser Intentionen abgesehen.

Ziel dieses Teilprojekts ist in einem ersten Schritt der Aufbau und Betrieb von bis zu 400 Ladepunkten (200 Ladesäulen) im öffentlichen Raum durch Private im Stadtgebiet München unter Durchführung eines Vergabeverfahrens. **Im Rahmen der Projektverlängerung und durch die finanzielle Aufstockung des Projekts erfolgt die Umsetzung des Arbeitspaketes 4.3 (vgl. Kapitel 3.1) zum Aufbau und Betrieb von weiteren bis zu 1.400 Ladepunkten (700 Ladesäulen) im öffentlichen Raum durch Private.** Auf Grundlage der gewonnenen Erfahrungen bei der Erarbeitung des entsprechenden Konzepts und der Vergabedokumentation sollen ferner interessierte Kommunen bei der Durchführung entsprechender eigener Projekte beraten werden und eine Musterdokumentation für diese Zwecke erarbeitet und unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden. **In Rahmen der Projektverlängerung und auf Basis der in dessen Rahmen gewonnenen Erfahrungen mit der tatsächlichen Umsetzung und dem Regelbetrieb soll das Beratungsspektrum auch um die insoweit gewonnenen praktischen Erkenntnisse in der verwaltungsinternen wie auch -externen Umsetzung sowie um das (organisatorische) Zusammenspiel mit dem Konzessionsnehmer erweitert werden. In Anbetracht der Tatsache, dass eine Umsetzung in anderen Kommunen einen nicht unerheblichen Zeitraum in Anspruch nehmen (und nicht mit Projektmonat 24 beendet sein) wird, ermöglicht es die Projektverlängerung, die interessierten Kommunen über einen längeren Umsetzungszeitraum beratend zu begleiten, was es ermöglicht, die Quantität und Qualität der Beratung erheblich zu steigern. Zudem kann im Rahmen der Projektverlängerung eine 'Rückkoppelung' der bis dahin gewonnenen Erkenntnisse aus der Begleitforschung erfolgen in der Form, dass diese im Rahmen des Vertragsverhältnisses zum Konzessionsnehmer zu einer Optimierung der Ladeinfrastruktur und ihres Betriebs genutzt werden. Auf diese Weise können sich Synergieeffekte ergeben, welche neben der Kundenfreundlichkeit und Verfügbarkeit der Ladeinfra-**

struktur auch im Interesse des Konzessionsnehmers die Wirtschaftlichkeit weiter steigern können.

Es besteht grundsätzlich das Risiko, dass im Rahmen des Vergabeverfahrens kein Unternehmen ein passendes Angebot abgibt. Der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt München wurden allerdings von mehreren privaten Unternehmen in den vergangenen Monaten verschiedene komplette Pakete für Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur vorgestellt. Es scheint sich insoweit derzeit ein Markt für den Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet München herauszubilden und sich Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur zu einem tragenden Geschäftsmodell zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund erscheint das Risiko eines erfolglosen Vergabeverfahrens begrenzt. Es ist jedoch abhängig von der Ausgestaltung des zugrundeliegenden Konzepts respektive der Vergabekriterien und bedarf insofern einer umfassenden fachlichen Abstimmung und rechtlichen Prüfung durch die zu beauftragende Kanzlei und die Stadtverwaltung.

Untersuchung intelligenter Lösungen für bedarfsgerechte und netzdienliche Ladeinfrastrukturpositionierung und -steuerung im öffentlichen Raum

Die wissenschaftliche Begleitforschung erfolgt durch die Universität der Bundeswehr München (UniBW). Ziel ist es, eine bedarfsgerechte Dimensionierung und Positionierung von Ladeinfrastruktur in der Stadt München zu berechnen und intelligente Möglichkeiten zur zeitlichen Steuerung der Ladevorgänge durch Preis- und Reservierungsmethoden zu entwickeln und zu testen. Dabei werden unterschiedliche Zukunftsszenarien hinsichtlich der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen untersucht und optimale Ladestandorte für die ermittelte Nachfrage vorgeschlagen. Für diese Standorte wird eine voraussichtliche Auslastung simuliert, die von den Nutzergruppen am Ladestandort, sowie ihrem Aufenthaltszweck und ihrer Aufenthaltsdauer abhängt. Im Rahmen der Projektverlängerung erfolgt die Validierung des Optimierungsmodells wiederholt und auf Basis von aktuellen Daten, sodass abweichende Prognosen korrigiert und die Methodik verbessert werden können. **Der Einsatz von neuronalen Netzen soll die Verfügbarkeitsprognose der Ladesäulen verbessern, sodass Nutzer verlässlichere Informationen über ihre aktuellen Lademöglichkeiten erhalten.** Damit das Stromnetz den Ladebedarf optimal bedienen kann, sollen die Ladevorgänge zeitlich intelligent gesteuert werden. Zu diesem Ziel werden Reservierungs- und Preismodelle untersucht und zunächst simulativ getestet. Zusätzlich sollen die Möglichkeiten der intelligenten und netzdienlichen Steuerung der Ladevorgänge innerhalb des Demonstrationsraumes, in dem eine hohe Dichte an Ladesäulen unterschiedlicher Art geschaffen wird, gezeigt werden. Durch die intelligente Positionierung und Steuerung der Ladeinfrastruktur sollen die Akzeptanz und der Komfort der Elektromobilität erhöht und die Auslastung der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum verbessert werden. **Im Rahmen der Projekterweiterung werden die Auswirkungen des Ladeinfrastrukturausbaus auf die Nutzung der Ladesäulen, das Routenwahlverhalten von Elektroautonutzern, und die Entwicklung von angebotenen Preissystemen analysiert.** Die errichtete Ladeinfrastruktur kann Privatanutzer mit und ohne Heimlademöglichkeit zum Umstieg auf Elektromobilität bewegen. Privatanutzer mit Heimlademöglichkeit können durch den breiten Ausbau im öffentlichen Raum die Reichweitenangst verlieren, Privatanutzer ohne Heimlademöglichkeit erhalten so einen Standort, an dem ihr Elektrofahrzeug regelmäßig geladen werden kann.

Übergeordnete Wissenschaftliche Begleitforschung

Die Ist-Analyse wird zu Beginn und am Ende des Projekts unter Leitung der Universität der Bundeswehr München durchgeführt. Im Rahmen dieser Analyse wird zu Beginn des Projekts sowohl der Bestand an Ladesäulen zusammengetragen als auch die Nachfrage zonenbasiert berechnet. Dabei werden alle den Projektpartnern bekannte Informationen, wie zum Beispiel die aktuelle Marktdurchdringung durch Elektrofahrzeuge und durchschnittlich täglich zurückgelegte Wege berücksichtigt. Das Ergebnis der Analyse wird allen Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Zum Ende der Projektlaufzeit wird die Analyse wiederholt, um die Veränderungen im Ladesäulenbestand und in der Nachfrage zu dokumentieren. Die Qualität der Ergebnisse und damit die Relevanz hängen hier von der Qualität und dem Umfang der zur Verfügung gestellten Daten ab. Die Analyse kann aber in jedem Fall durchgeführt werden, da zumindest grundlegende Daten auch frei zur Verfügung stehen.

Es ist davon auszugehen, dass auch außerhalb des hier vorgestellten Projekts öffentliche oder halb-öffentliche Ladeinfrastruktur in München installiert und betrieben wird, welche Auswirkungen auf die Attraktivität von Elektromobilität in München hat. Im Rahmen der Projekterweiterung wird die Entwicklung der Ladeinfrastruktur auch außerhalb des Projektrahmens erfasst. Außerdem werden Verflechtungen zwischen Stadt und Umland berücksichtigt. Zusätzlich werden Rückwirkungen der verbesserten Ladeinfrastruktur auf die Nutzbarkeit von Elektrofahrzeugen für dynamische Mobilitätsdienste, wie zum Beispiel Carsharing, Taxis und autonome Shuttledienste ermittelt. So ergibt sich ein umfassendes Bild der tatsächlichen Elektromobilitätsentwicklungen und Potentiale im Raum München.

Gemeinsam mit der Universität der Bundeswehr München werden die Rückwirkungen einer großflächig verfügbaren Ladeinfrastruktur auf die Nutzung von Elektrotaxis und elektrischen on demand mobility Services analysiert. Die Verfügbarkeit öffentlicher Ladeinfrastruktur wird anhand des Mobilitätsbedarfs prädiert.

Von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft soll im Rahmen der Ist –Analyse der Status Quo der Netzinfrastuktur aus elektrotechnischer Sicht bewertet werden. Diese Analyse soll aufzeigen, wie hoch die Belastung der Netze auch ohne die erwartete Elektromobilität aktuell ist und wie groß der akute Handlungsbedarf im Bereich der Stromnetze ist. Diese Analyse stellt dabei essentiellen Input für die Analyse der Auswertungen zusätzlicher Ladepunkte dar (AP 2.0 „Analyse der Ist-Situation in der LHM“).

Ein weiteres Ziel der Forschungsstelle für Energiewirtschaft ist die Analyse und Bewertung der Netzurückwirkungen der unterschiedlichen Lademöglichkeiten mit Hilfe von Lastflussrechnungen. Hier sollen insbesondere mögliche unzulässige Netzzustände frühzeitig identifiziert werden um damit mittelfristig Netzengpässe zu vermeiden.

Ein Vergleich möglicher netzoptimierender Maßnahmen soll darüber hinaus Möglichkeiten zur Beseitigung von Netzengpässen aufzeigen und dabei unterstützen, Empfehlungen zur Beseitigung der Netzhemmnisse abzuleiten. (AP 5.1 „Ermittlung und Bewertung von Netzurückwirkungen durch Ladeinfrastruktur“).

Aktuell werden im Bereich der Stromverteilnetze nur sehr selten neue Komponenten wie Photovoltaikanlagen, Neubauten, neue Produktionsanlagen etc. angeschlossen. Durch die verhältnismäßig hohen Neufahrzeugraten kann der Anteil an Elektrofahrzeugen im Netzgebiet mit einer für Stromnetze untypisch hohen Zubaurate zur Herausforderung

bei der Netzplanung werden. Dies ist ein potenzielles Hemmnis für die schnelle Erreichung lokaler Emissionsreduktionsziele. Aus wissenschaftlicher Sicht spielt daher die Frage nach einer möglichen automatisierten und damit möglichst einfachen und schnellen Netzberechnung eine entscheidende Rolle. Neben dieser Frage zielen die Arbeiten der Forschungsstelle für Energiewirtschaft daher auch auf die Identifikation von Heuristiken und allgemeingültigen Handlungsempfehlungen ab.

Weiterhin erfolgt eine arbeitspaketübergreifende Betrachtung der verkehrlichen und emissionsorientierten Wirkung der Maßnahmen unter Leitung der Universität der Bundeswehr (AP 5.2 „Verkehrliche Betrachtung der Auswirkungen der Ladeinfrastrukturdimensionierung und -positionierung auf die NO_x-Emissionen auf Straßenebene“). Dazu wird ein bestehendes Verkehrssimulationsmodell der Landeshauptstadt München erweitert und mit einem einfachen Emissionsmodell verknüpft. Anhand verschiedener Szenarien bezüglich der Fahrzeugflotte und der Positionierung der Ladeinfrastruktur im Stadtgebiet werden mit der verknüpften Verkehrs- und Emissionssimulation Umweltwirkungen berechnet und statistisch ausgewertet. Modellierungen zur Untersuchung der Veränderungen der NO₂-Immissionswerte erfolgen durch qualifizierte Gutachter, die von der Landeshauptstadt München beauftragt werden. Insgesamt sollen die Ergebnisse dabei helfen, die NO_x-Belastung im Stadtgebiet möglichst schnell und nachhaltig zu senken.

Die im neu definierten AP 6 vollzogenen Messungen von Ladevorgängen ermöglichen der Forschungsstelle für Energiewirtschaft die Validierung der in den Simulationen ermittelten Netzbelastungen durch Ladeinfrastruktur (AP 5.1 „Ermittlung und Bewertung von Netzurückwirkungen durch Ladeinfrastruktur“). Seitens der TUM wird das Mobilitätsverhalten der Fahrzeugflotte und entsprechende Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen fahrzeugseitig erfasst. Mit den aufgezeichneten Daten von Ladevorgängen aus Netz- und Fahrzeugsicht lassen sich Potenziale von verschiedenen Last- und Lademanagement Strategien untersuchen und bewerten. Diese ganzheitlichen Messungen von Seiten der Infrastruktur und im Fahrzeug, sowie die entsprechende Analyse und anonymisierte Veröffentlichung unter Open-Source Lizenz durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft und die Technische Universität München bietet der wissenschaftlichen Community einen großen Mehrwert.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Arbeiten und Ergebnisse Dritter

Die Einführung der Elektromobilität bringt eine Reihe von Fragestellungen mit sich, die in den vergangenen Jahren in verschiedensten Projekten erforscht wurden. Für das angestrebte Vorhaben sind insbesondere sechs verschiedene Aspekte der Elektromobilität von Bedeutung:

- Flottendatengetriebene Untersuchungen
- Leitfäden zur Errichtung von Ladeinfrastruktur im nichtöffentlichen Raum
- Intelligente Positionierung und Steuerung von Ladeinfrastruktur
- Aufbau und Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur durch Private
- Netzauswirkungen
- Bewertung der lokalen Umweltwirkungen.

Dementsprechend ist die nachfolgende Beschreibung des Stands der Wissenschaft und Technik in diese sechs Teilbereiche unterteilt.

2.1.1 Flottendatengetriebene Untersuchungen

Die große Frage im Bereich Ladeinfrastruktur ist, wie man in den verschiedenen Modellregionen und für unterschiedliche Anwendungsfälle eine optimale Infrastruktur schaffen kann. Viele Projekte beschäftigen sich mit dieser Themenstellung. Im Folgenden werden diesbezüglich exemplarisch sechs Projekte herausgegriffen:

MENDEL - Minimale Belastung elektrischer Netze durch Ladevorgänge von Elektrobusen

Das Forschungsprojekt MENDEL setzt sich seit Januar 2016 mit der kosteneffizienten Nutzung vorhandener Infrastrukturen für das bedarfsgerechte Laden von Elektrobussen auseinander. Ziel des Vorhabens ist die Belastung der Netze sowohl durch eine Kostenreduktion für den Aufbau und Betrieb der Ladeinfrastruktur als auch durch eine Verringerung des Energieverbrauchs der Elektrobusse zu minimieren. Zur Erreichung dieser beiden übergeordneten Ziele werden bis Dezember 2018 verschiedene Teilprobleme untersucht. Diese umfassen die Optimierung der Fahrzeugeinsatzplanung und des Lastmanagements im Betrieb sowie operative Aspekte einer ressourceneffizienten Betriebsführung in Verkehrsunternehmen. Schließlich wird das Gesamtsystem über eine Flotte von fünf Elektro-Linienbussen in Braunschweig im Realbetrieb evaluiert. [1]–[4]

sMobilityCOM - Prädiktives Lade- und Einsatzmanagement für mobilitätsbasierte Dienstleister

Im Fokus des Forschungsprojektes sMobilityCOM steht die Entwicklung von Technologien rund um den Einsatz von Elektrofahrzeugen in gewerblichen Flotten. So wird seit Januar 2016 ein integriertes Informations- und Kommunikationssystem für elektromobilitätsbasierte Dienstleister entwickelt. Im Speziellen werden ambulante Pflegedienste betrachtet. Diese eignen sich aufgrund der hohen Zahl an Fahrzeugen und der typischen Tourenverläufe besonders für Elektromobilität. Durch die Kombination eines prädiktiven

Einsatzmanagements mit einem prädiktiven Last- und Lademanagement für Flotten sollen die Elektrofahrzeuge kostenoptimal geladen und ausgelastet werden. Die Einsatzmanagementlösung soll sich vor allem durch eine Maximierung der jährlichen Fahrleistung des elektrisch angetriebenen Flottenanteils auszeichnen. Darüber hinaus soll das prädiktive Last- und Lademanagement über einen variablen Stromtarif und eine dynamische Leistungssteuerung die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen im Bereich der ambulanten Pflegedienstleistung weiter steigern. In einem Flottenversuch mit 134 Fahrzeugen, wovon 24 elektrisch angetrieben sind, werden bis Dezember 2018 die im Rahmen des Projekts entwickelten Lösungen erprobt und evaluiert. [5]

INTELLAN – Intelligente Ladeinfrastruktur mit Netzintegration

Das Forschungsprojekt INTELLAN wurde im Oktober 2012 von sieben Partnern aus Forschung und Industrie unter der Leitung von Belectric Solarkraftwerke ins Leben gerufen, mit der Vision, kostengünstiges und netzfreundliches Laden von Elektrofahrzeugen aus regenerativen Energiequellen über intelligente Ladeinfrastruktur- und Lademanagementlösungen zu ermöglichen. Das Hauptaugenmerk galt hierbei der intelligenten Integration von Elektrofahrzeugflotten in das Stromnetz der Zukunft als Beitrag zur Netzstabilisierung unter Berücksichtigung der Regelmechanismen heutiger Stromversorgungsnetze und zukünftiger Smart Grids. So wurden im Zeitraum Oktober 2012 bis Juni 2015 u. a. Algorithmen für den prognosebasierten optimierten Ladebetrieb von Elektrofahrzeugen an Ladeclustern in Abhängigkeit der solaren Stromproduktion einer lokalen PV-Anlage, dem Gebäudeenergiemanagementsystem sowie dem zeitlichen Verschiebepotenzial einzelner Fahrzeuge beim Beladen entwickelt. Darüber hinaus wurde basierend auf einem numerischen Simulationsmodell eine Lastgangsteuerung zur Eigenverbrauchsoptimierung und Netzentlastung unter Berücksichtigung von Kosten- und Wetterdaten entwickelt und in einem Flottenversuch mit Elektrofahrzeugen sowie einem Solar-Carport mit Pufferbatterie evaluiert. Darüber hinaus wurden verschiedene Geschäftsmodelle hinsichtlich einem profitablen Betrieb von Ladeinfrastruktur untersucht sowie entsprechende Kalkulationsgrundlagen entwickelt. [6]–[8]

INEES - Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen

Unter dem Namen INEES haben sich im Jahr 2012 die Solar Technology AG, die Volkswagen AG, das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik und die LichtBlick SE zusammengeschlossen, um die zentrale Frage zu klären, inwieweit sich individuelles Fahrverhalten mit den Anforderungen des Strommarktes verbinden lässt. Das Projekt fand in Berlin zwischen Juni 2012 und Mai 2015 statt. In zwei Phasen á sechs Monaten untersuchten jeweils 20 Privatanutzer ausgestattet mit je einem VW e-up! ein Smart-Grid-Konzept. Über eine von VW speziell für dieses Projekt entwickelte Smartphone App konnten die Probanden ihre Fahrten frühzeitig planen, sodass trotz Rückspeisung ins Netz immer genügend Energie zur Verfügung stand. Jedem Teilnehmer wurde jeweils am Wohn- und am Arbeitsort eine Combined Charging System (CCS)-Ladestation mit bidirektionaler Netzanbindung zur Verfügung gestellt. Über ein zentrales Lademanagementsystem konnten die einzelnen Batterien zu einer virtuellen Gesamtbatterie zusammen geschaltet und in den Strommarkt eingebunden werden. [9]

CROME - CROss-border Mobility for EVs

Das Forschungsprojekt CROME war eine Initiative deutscher und französischer Ministerien. In diesem Gemeinschaftsprojekt mit deutschen und französischen Industrie- sowie Forschungspartnern wurden im Zeitraum von Sommer 2011 bis Sommer 2013 die Fahr-

ten von insgesamt 121 Elektrofahrzeuge in Deutschland und Frankreich mittels Smartphones und Datenloggern aufgezeichnet. Ziel dieses Projekts war die Ableitung von Handlungsempfehlungen in Bezug auf den europäischen Standardisierungsprozess der Elektromobilitätsinfrastruktur (Netzanschluss, Kabelanschluss etc.) sowie Elektromobilitätsdienstleistungen (Authentifizierung, Billing, Roaming, Reservierung, etc.). Hierfür wurde neben der Erprobung neuartiger E-Mobilitätskonzepte (Roaming, etc.) eine grenzüberschreitend kompatible Ladeinfrastruktur (Ladestecker, Ladekabel, Lade-Kommunikation, Zugangssysteme, Services, etc.) konzipiert und erprobt sowie das grenzüberschreitende Nutzerverhalten evaluiert. [10], [11]

hh=more – Einsatz von elektrisch angetriebenen Pkw und Aufbau von Ladeinfrastruktur in der Modellregion Hamburg

Im Forschungsprojekt hh=more wurden in einem Flottenversuch mit 68 gewerblich genutzten Elektrofahrzeugen in der Modellregion Hamburg verschiedenste Themengebiete der Ladeinfrastruktur untersucht. Vertreter der Energiewirtschaft, dem Verkehrsverbund und der Hansestadt unter der Leitung der hySOLUTIONS GmbH im Konsortium, legten dabei besonderen Wert auf die Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit. Im Zeitraum von November 2010 bis September 2011 wurden über 270 Standorte im Raum Hamburg bewertet und davon 50 ausgewählt, an denen jeweils zwei Ladesäulen errichtet wurden. Ziel bei der Auswahl war eine intelligente Vernetzung der Elektromobilität mit dem öffentlichen Personennahverkehr. Darüber hinaus wurden 78 Ladestationen auf Firmengeländen errichtet. Die Bewertung der Standorteignung erfolgte sowohl aus Anbieter-, als auch aus Nutzerperspektive unter Beantwortung von technischen und städtebaulichen Kriterien. [12]

Bisherige Untersuchungen beschränken sich auf 3 Forschungsbereiche. Hierzu zählt neben der simulativen Untersuchung und Optimierung bestehender Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeugflotten die Entwicklung und Erprobung neuer Ladeinfrastrukturtechnologien und -geschäftsmodele sowie die Bewertung der Standorteignung für die Errichtung von Ladeinfrastruktur. In Abgrenzung dazu fokussiert sich das geplante Forschungsvorhaben erstmals auf die Bewertung der am Markt vorhandenen Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Eignung für einen Standort. Durch das mittlerweile sehr große Angebot an verschiedenen Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturtechnologien und –tarifmodellen ist es zudem möglich, die Bewertungsverfahren deutlich differenzierter als in bisherigen Projekten zu gestalten, um modellbasiert optimale Ladeinfrastrukturlösungen zu ermitteln.

Bisherige Untersuchungen beschränken sich auf 3 Forschungsbereichen. Hierzu zählt neben der simulativen Untersuchung und Optimierung bestehender Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeugflotten, die Entwicklung und Erprobung neuer Ladeinfrastrukturtechnologien und -geschäftsmodele sowie die Bewertung der Standorteignung für die Errichtung von Ladeinfrastruktur. In Abgrenzung dazu fokussiert sich das geplante Forschungsvorhaben erstmals auf die Bewertung der am Markt vorhandenen Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Eignung für einen Standort. Durch das mittlerweile sehr große Angebot an verschiedenen Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturtechnologien und –tarifmodellen ist es zudem möglich, die Bewertungsverfahren deutlich differenzierter als in bisherigen Projekten zu gestalten, um modellbasiert optimale Ladeinfrastrukturlösungen zu ermitteln.

2.1.2 Leitfäden zur Errichtung von Ladeinfrastruktur im nicht öffentlichen Raum

Noch immer gelten die hohen Kosten für die Anschaffung privater Ladeinfrastruktur als ein zentrales Hemmnis beim Umstieg in die Elektromobilität. Erfahrungswerte bei der Planung und Umsetzung von Ladeinfrastruktur im nicht öffentlichen Raum gibt es bisher nur wenige. Im Folgenden werden die wichtigsten veröffentlichten Leitfäden und Standardvorgehen (Whitepaper) auf diesem Gebiet vorgestellt.

Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure

Dieses Whitepaper wurde vom International Council on Clean Transportation (ICCT) im Oktober 2017 mit dem Ziel veröffentlicht, eine umfassende Beurteilung bewährter politischer Methoden sowie Herausforderungen zur Förderung des Ausbaus von Ladeinfrastruktur in den wichtigsten Elektrofahrzeugmärkten der Öffentlichkeit bereitzustellen. Obwohl der wesentliche Fokus dieses Werks auf dem Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur in Metropolregionen liegt, wird auch auf bewährte politische Methoden zur Förderung von Ladeinfrastruktur im eigenen Zuhause oder am Arbeitsplatz eingegangen. [13]

Der Technische Leitfaden – Ladeinfrastruktur Elektromobilität

Die zweite Auflage dieses Leitfadens wurde von einem Zusammenschluss aus vier deutschen Verbänden und Kommissionen im Jahr 2015 mit dem übergeordneten Ziel herausgeben, Elektromobilität verständlich und greifbar zu machen, Vorteile zu kommunizieren und Berührungsängste sowie etwaige Vorurteile abzubauen. Im Konkreten wird v. a. Eigenheim- und Immobilienbesitzern, Immobilienverwaltern und Parkhausbetreibern sowie Architekten und Städteplanern aufgezeigt, was für die fachkundige Planung, Errichtung und den Betrieb von Ladeinfrastruktur notwendig ist. Darüber hinaus wird über potentielle Gefahren und kostspielige Fehlinvestitionen aufgeklärt. Laut eigener Angabe soll dieser Leitfaden nur als Empfehlung dienen und kein Fachpersonal ersetzen. [14]

Code of practice for electric vehicle charging equipment installation

Diese Veröffentlichung aus dem Jahr 2013 wurde von der Institution of Engineering and Technology verfasst und beschreibt einen ausführlichen Leitfaden rund um die Errichtung von Ladeinfrastruktur im privaten und gewerblichen Sektor. Es gibt einen umfassenden Überblick über vorhandene Ladeinfrastrukturlösungen, beleuchtet diese im Detail und leitet relevante technische Anforderungen an den gesamten Installationsprozess in Abhängigkeit des Installationsortes ab. Neben der technischen Realisierung wird auch in Bezug auf den gesamten Planungsprozess bei der Errichtung von Ladeinfrastruktur beraten. [15]

Ein wesentlicher Innovationsfaktor im geplanten Projekt „München elektrisiert“ ist die flächendeckende Umsetzung der ermittelten optimalen Ladeinfrastrukturlösungen über das Förderprogramm „Laden in München“ innerhalb der Projektlaufzeit. In Folge dessen können erstmals unter Realbedingungen verschiedene Ladeinfrastrukturkonfigurationen im Rahmen eines Benchmarks verglichen und die dem Auswahlprozess zugrundeliegende Methodik validiert werden. Mit den gewonnenen Daten und Erkenntnissen aus den Installations- und Inbetriebnahmeprozessen kann darüber hinaus erstmals ein datengetriebenes Standardvorgehen/Leitfaden (Whitepaper) zur Umsetzung von optimalen Low Cost-Ladeinfrastruktur und Mobile Metering-Ladepunkten in privaten Parkhäusern von Wohngebäuden, in öffentlich zugänglichen Parkhäusern sowie in Gewerbebetrieben abgeleitet werden. Es ist zudem nicht bekannt, dass auf kommunaler Ebene in Deutschland in der Vergangenheit oder gegenwärtig ein vergleichbares Förderprogramm wie

das zu entwickelnde Förderprogramm „Laden in München“ umgesetzt wurde oder derzeit umgesetzt wird.

2.1.3 Intelligente Positionierung und Steuerung von Ladeinfrastruktur

Im Bereich „Intelligente Positionierung und Steuerung von Ladeinfrastruktur“ haben sich die meisten Forschungsprojekte mit der bedarfsgerechten Planung von Ladeinfrastruktur basierend auf unterschiedlichen Annahmen beschäftigt.

Metropol-E - Elektromobilität Rhein-Ruhr

Im Forschungsprojekt Metropol-E wurde unter anderem von der PTV Group ein Leitfaden und ein Planungsinstrument zur Errichtung einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur im urbanen Raum unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien erstellt. Das „Siedlungsorientierte Modell für nachhaltigen Aufbau und Förderung der e-Ladeinfrastruktur (SIMONE)“ [16] basiert auf ersten Schätzungen der Europäischen Union, die beispielsweise einen Ladepunkt je 10 E-Fahrzeuge im öffentlichen Raum vorsehen. Im Projekt „München elektrisiert“ kann auf eine größere Datenbasis zurückgegriffen werden, da bereits einige öffentlich zugängliche Ladesäulen in München existieren. Zudem wurde im Projekt „Metropol-E“ keine Steuerung der Ladevorgänge untersucht.

STELLA - Standortfindungsmodell für elektrische Ladeinfrastruktur

Im Forschungsprojekt STELLA entwickelt die RWTH Aachen ein modellbasiertes Verfahren zum Aufbau einer bedarfsgerechten und flächendeckenden Ladeinfrastruktur. Dabei werden Methoden und Datenstrukturen ähnlich zu Verfahrensweisen aus dem Bereich der Verkehrsmodellierung genutzt. Das Grundpotential bildet eine Nutzerbetrachtung mit dem jeweils charakteristischen Mobilitätsverhalten [17]. Die Ausgabe des Modells ist der Ladebedarf in einem Gitternetz mit einer Kantenlänge von 250 Metern. Im Projekt STELLA werden keine Steuerungsmöglichkeiten durch Preis- und Reservierungsmodelle untersucht.

Projekte aus der Profilerion Mobilitätssysteme Karlsruhe

Die Profilerion Mobilitätssysteme Karlsruhe ist der Zusammenschluss der Karlsruher Institutionen für Forschung und Lehre im Bereich der Mobilitätssysteme in einem Leistungszentrum. Ziel ihres ersten Projekts ist es, einen bedarfsgerechten und effizienten Aufbau von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge bis 2030 zu bestimmen. Dazu wird auf bestehende Verkehrsmodelle (mobitopp – Verkehrsnachfragemodell des KIT) und auf eine Prognose der Marktdurchdringung durch Elektrofahrzeuge (ALADIN – Marktdiffusionsmodell für Elektrofahrzeuge des Fraunhofer ISI) aufgebaut. [18, 19]

Bezüglich der Frage, wie die begrenzten Kapazitäten vorhandener Ladeinfrastruktur bestmöglich genutzt werden können, wurde ebenfalls bereits einiges an Forschungsaufwand betrieben. Zumeist wird dabei davon ausgegangen, dass man die Start- und Zielpunkte aller E-Fahrzeuge, sowie deren aktuellen Aufenthaltspunkt und Ladezustand kennt. Hieraus ist dann eine optimale Zuteilung von Fahrzeugen zu Ladeinfrastruktur herzuleiten. „Optimal“ bedeutet in diesem Kontext stets, dass ein sicheres Ankommen der Fahrzeuge am jeweiligen Zielort garantiert ist. Im Rahmen der Optimierung werden dabei unterschiedlichste Einzelaspekte in den Vordergrund gestellt: In [20] wird speziell auf die durch Warteschlangen verursachten Wartezeiten eingegangen, wohingegen in [21] Echtzeitverkehrsinformationen innerhalb der Berechnungen berücksichtigt werden um damit akkuratere Reisezeitschätzungen zu erzielen. Auch die Lösungsansätze unter-

scheiden sich stark. So wird in [22] das Zuteilungsproblem als ganzzahliges Optimierungsproblem hoher Komplexität modelliert und mittels klassischer Ansätze der ganzzahligen Optimierung verbessert. In [23] hingegen wird auf einem realitätsnahen Verkehrsnetzwerk eine Reihe von Simulationsläufen durchgeführt und dabei eine Methode zur lokalen Zuteilung von Ladeinfrastruktur mit einem zentralisierten Ansatz verglichen. Hierbei werden neben den E-Fahrzeugen auch die Ladeinfrastruktureinheiten als „Agents“ modelliert, die ihren Profit maximieren wollen. Gemein ist den meisten bereits durchgeführten Lösungsansätzen, dass oftmals eine aus praktischer Sicht vollkommen unrealistische Informationslage vorausgesetzt wird. Fahrzeuge außerhalb des Systems, d.h. Fahrzeuge über die keine Informationen vorliegen, gibt es nicht. Auch wird davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge sich stets strikt an die Vorgaben halten und auch Rechenzeiten sind häufig nicht für Echtzeitanwendungen geeignet. In [24] werden Preismodelle und Warteschlangen analysiert, sodass der Gewinn an der Ladesäule maximiert wird. Auch in [25] werden Preismodelle untersucht, die das Mobilitätsverhalten der Nutzer miteinbeziehen.

In den Forschungsarbeiten und -projekten wird jeweils nur entweder die Positionierung oder die Steuerung der Ladeinfrastruktur untersucht, während im Projekt „München elektrisiert“ die beiden Aspekte Positionierung und Steuerung durch Preis- und Reservierungsmodelle verknüpft werden.

2.1.4 Aufbau und Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur durch Private

Es ist nicht bekannt, dass in Deutschland bereits ein vergleichbarer Ansatz zu Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum durch Private verwirklicht wurde oder derzeit verwirklicht wird.

Zwar wurde versucht, alternative Modelle zum Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur durch private Betreiber zu etablieren. So hat das Land Berlin Errichtung und Betrieb von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum sowie im öffentlich zugänglichen Raum im Rahmen eines Vergabeverfahrens vergeben. Die im durchgeführten Vergabeverfahren obliegende Bietergemeinschaft wurde dort nach Kenntnisstand der Landeshauptstadt München verpflichtet Ladeinfrastruktur zu errichten und diskriminierungsfrei für alle Mobilitätsanbieter zu betreiben. Auch in der Hansestadt Hamburg wird Ladesäuleninfrastruktur in Zusammenarbeit von den stadteigenen Stadtwerken (Hamburg Energie) und Vattenfall Europe Innovation GmbH errichtet und betrieben. Errichtung und Betrieb der Ladesäulen liegen dabei allerdings in der zentralen Koordinierungsverantwortung der städtischen Stromnetz Hamburg GmbH und damit nicht in der Verantwortung eines privaten Anbieters.

Eine Musterdokumentation für andere Kommunen haben diese Städte nach Wissen der Landeshauptstadt München nicht entwickelt. Auch existiert für dritte Kommunen keine intensive Informationsmöglichkeit, welche in seiner Qualität dem Arbeitspaket 4.1 entsprechen würde. Es ist darüber hinaus bei der Landeshauptstadt München auch nicht bekannt, dass andere Kommunen respektive Bundesländer entsprechende Musterdokumentationen bereits entwickeln oder entwickelt haben und den anderen Kommunen zur Verfügung stellen würden.

2.1.5 Netzauswirkungen

Die Netzauswirkungen der Elektromobilität wurden bereits in verschiedenen Projekten untersucht. Dabei bestehen allerdings Unterschiede zum Fokus des aktuellen Projekts. Im Folgenden soll beides kurz vorgestellt werden.

NET-ELAN - Netzintegration von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antriebssystemen in bestehende und zukünftige Energieversorgungsstrukturen (Fkz.: 0328004C)

Im Projekt NET-ELAN bestimmte die Technische Universität Berlin die Netzauswirkungen der Elektromobilität insbesondere auf das Übertragungsnetz. Im hier beantragten Forschungsvorhaben „München elektrisiert“ beschäftigt sich der Antragssteller insbesondere mit Netzengpässen im Verteilnetz. Zusätzlich haben sich seit Abschluss des Forschungsvorhabens NET-ELAN (Jahr 2012) zahlreiche neue Entwicklungen im Bereich der Elektromobilität ergeben.

SmartGridModels (Fkz.: 0325616)

Im Projekt SmartGridModels der Universität Kassel wurde eine Netzsimulationsumgebung (pandapower) weiterentwickelt. Jedoch erfolgte in diesem Projekt keine Bewertung der Netzauswirkungen der Elektromobilität. Die Simulationsumgebung pandapower ist der Modellumgebung „GridSim“, die im Rahmen des hier beantragten Forschungsvorhabens zum Einsatz kommen soll, ähnlich. Durch Vorläuferprojekte sind im Simulationsmodell GridSim bereits zum jetzigen Stand verschiedene Möglichkeiten zur Modellierung der Elektromobilität enthalten.

NET-INES – Netzintegration mobiler Energiespeicher: Testbasierte Evaluierung, technische Potentiale und Bereitschaft von Fahrzeughaltern (Fkz.: 03ET4005C)

Im Projekt NET-INES der Technischen Universität Berlin erfolgte eine Bewertung der Netzintegration der Elektromobilität in Kombination mit fluktuierenden Erneuerbaren Energien. Das hier beantragte Vorhaben konzentriert sich auf lastgeprägte Gebiete (insbesondere in Städten wie München). Hier steht keine aus technischer Sicht relevante Menge an PV-Energie zur Verfügung, die tendenziell netzentlastend wirken könnte. Zusätzlich kann von der FfE vollständig auf die Vorarbeiten des bereits abgeschlossenen, sehr ähnlichen Forschungsvorhabens „Sun2Car@GAP“ zurückgegriffen werden.

Harz.ErneuerbareEnergien-mobility – Einsatz der Elektromobilität vernetzt mit dem RegModHarz-Projekt (Fkz.: 03KP620)

Im Verbundprojekt „Harz.ErneuerbareEnergien-mobility“, ausgeführt von der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, wurden die Integrationsmöglichkeiten von Elektrofahrzeugen in der Testregion untersucht. Ein Teilziel (E.ON Avacon) bestand in der Koordination von Lasten und Erzeugung, um das Netz zu entlasten und Elektromobilität und regenerative Erzeugungsanlagen optimal ins Netz einzubinden. Im Gegensatz dazu wird im Projekt „München elektrisiert“ nicht auf optimale Standorte eingegangen. Vielmehr werden im Rahmen des Projekts die Standorte der Ladeinfrastruktur durch verfügbare Parkplätze bestimmt werden. Ebenfalls liegt der Fokus nicht auf der lokalen Deckung des Energiebedarfs durch Erneuerbare Energien.

Systemintegration von Elektrofahrzeugen (Fkz.: 0325402)

Das Projekt „Systemintegration von Elektrofahrzeugen“ des Fraunhofer IWES hatte das Vorhaben die Systemintegration von Elektrofahrzeugen in die elektrische Energieversor-

gung zur Unterstützung des Ausbaus von erneuerbaren Energien zu untersuchen. Ein Aspekt war unter anderem die Untersuchung, Prüfung und Charakterisierung der Wechselwirkungen zwischen Netz und Batterien bei verschiedenen Umgebungsbedingungen. Der Fokus von „München elektrisiert“ liegt nicht auf der Systemintegration. Vielmehr sollen lokale Netzengpässe beseitigt werden.

2.1.6 Verkehrliche Emissionsbewertung der Elektromobilität

Die meisten Betrachtungen der Umweltauswirkungen von Elektromobilität beziehen sich auf einen längeren Zeitraum, beispielsweise auf ein Jahr oder die gesamte Nutzungsdauer des Fahrzeugs. In der Regel geht die Betrachtung der Umweltwirkungen von der Fahrzeugebene aus und zieht zum Beispiel die jährliche Fahrleistung in die Berechnung ein, nicht aber die Verkehrssituationen [26]. Das heißt, lokale verkehrsabhängige Auswirkungen sind bisher kaum untersucht.

Im [27] wurden die Auswirkungen eines hohen Anteils an Elektrofahrzeugen auf die NO₂-Immissionen in München untersucht. Dabei wurden das tägliche Verkehrsaufkommen sowie die typische Verkehrssituation (Stau, freier Verkehr, etc.) aus dem Verkehrsmodell entnommen. Mithilfe eines Emissionsmodells nach HBEFA [28] wurden die fahrzeugbedingten Emissionen berechnet. Anschließend wurden die Berechnungen mit einem Immissionsmodell verknüpft, welches zusätzlich die Bebauung vor Ort und die Wiedereinflüsse berücksichtigt. Kalibriert wurde das Modell mit den Messwerten an den entsprechenden Stationen. Durch das pauschale Ansetzen des täglichen Verkehrsaufkommens und der durchschnittlichen Verkehrssituation ist es nicht möglich, Spitzenstunden zu betrachten. Im Gegensatz dazu wird im Projekt „München elektrisiert“ eine Mikrosimulation genutzt, in der die Verkehrssituation über die Zeit möglichst realistisch dargestellt ist.

2.2 Bisherige eigene Arbeiten zum Thema

Die Antragsteller haben bereits eine Vielzahl an Forschungsprojekten und Handlungsprogrammen durchgeführt, die im Folgenden für jeden Projektpartner kurz vorgestellt werden. Ausführlichere Beschreibungen und Listen mit relevanten Veröffentlichungen finden sich in den jeweiligen Teilvorhabenbeschreibungen.

Landeshauptstadt München

München ist die am stärksten mit Luftschadstoffen belastete Kommune Deutschlands. Da der Verkehrssektor, insbesondere der Dieserverkehr, wesentlicher Verursacher der Grenzwertüberschreitungen in München ist (vgl. hierzu Abschnitt „Analyse der NO_x-Emissionen bzw. NO₂-Immissionen“), hat eine Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen einen besonders großen Effekt. Es ist dringend notwendig, die Anzahl (lokal) emissionsfreier Fahrzeuge auf Münchens Straßen zu erhöhen.

Die Landeshauptstadt München fördert mit dem „Integrierten Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München“ (IHFEM) die Elektromobilität als eine zukunftsträchtige Technologie, die in der Lage ist, wichtige Beiträge zum Klima- und Lärmschutz, zur Luftreinhaltung und ganz allgemein zu einer Abkehr von fossilen Energieträgern zu leisten. Hierfür hat der Münchner Stadtrat für den Zeitraum von 2015 bis 2020 ein Maßnahmenpaket mit einem Finanzvolumen von ca. 60 Mio. Euro beschlossen und damit das größte kommunale Handlungsprogramm im Bereich Elektromobilität in Deutschland geschaffen (Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 02722 vom 20.05.2015 [29] sowie Sitzungsvorlage Nr. 14-20 V 08860 vom 26.07.2017 [30]). Bereits zuvor hatte die Landeshauptstadt München seit 2013 im Rahmen des Schaufensterprojekts „E-Plan München“ (Schaufenster „Elektromobilität verbindet Bayern-Sachsen“) erste wichtige Erfahrungen zur Umsetzung der Elektromobilität in München gesammelt und dabei bereits mit dem Großteil der Partnerinstitutionen von „München elektrisiert –M^e“ zusammengearbeitet.

Um der Elektromobilität zur weiteren Marktdurchdringung zu verhelfen, ist der Auf- und Ausbau eines dichten Netzes von Ladepunkten entscheidend. Besonders ein vielfältiges Angebot an Ladeinfrastruktur ist wichtig, um die Nutzerakzeptanz zu erhöhen und den Umstieg zu erleichtern. München hat im Rahmen des IHFEM bereits den Aufbau von 1.100 öffentlichen Ladepunkten durch die Stadtwerke München GmbH bis Ende 2019 beschlossen. Damit wird der Grundstein zur Schaffung eines Netzes an öffentlicher Ladeinfrastruktur in München gelegt. Über das bestehende Förderprogramm „München emobil“ wurden zudem mit Stand Ende Mai 2018 3.350 Anträge von Privatpersonen, Selbstständigen und Gewerbetreibenden für E-Leichtfahrzeuge, Ladeinfrastruktur und Beratungsleistungen gestellt.

Um einen ersten Überblick von der Umsetzung eines PPP-Modells zum Aufbau und dem Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur durch private Anbieter zu gewinnen, wurde am 31.01.2018 ein Workshop mit der niederländischen Gesellschaft ElaadNL durchgeführt. ElaadNL wurde von den niederländischen Netzbetreibern gegründet und verantwortet in den Niederlanden den Aufbau und die Errichtung öffentlicher Ladeinfrastruktur durch Private. An diesem Workshop nahmen mehrere Vertreter der Landeshauptstadt München teil. Im Rahmen des Workshops wurde seitens ElaadNL ihr Prozessablauf betreffend den Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur durch Private vorgestellt. Zudem

wurden die Erfahrungen von EaadNL mit Einzelheiten der Vergabedokumentation sowie Schwierigkeiten im Rahmen der Umsetzung thematisiert und das Bewusstsein der Teilnehmerinnen und Teilnehmer für bestimmte rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte (z. B. Erfahrungen im europaweiten Marktdialog, Gestaltung des Strompreises, technische Vergabekriterien, Anforderungen an das sogenannte „smart charging“) geschärft.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) ist als eingetragener Verein eine unabhängige Institution, die sich auf wissenschaftlicher Grundlage mit energietechnischen und energiewirtschaftlichen Fragen befasst. Die Tätigkeitsbereiche der FfE umfassen unter anderem die Bereiche Erzeugung und Markt, Mobilität, Speicher und Netze sowie Ressourcen und Klimaschutz. Durch das große Netzwerk der Forschungsstelle für Energiewirtschaft kann sichergestellt werden, dass die Projektergebnisse schnell Anwendung finden und dem Ziel der Förderausschreibung „Saubere Luft“ Rechnung getragen wird. Mobilität und im Besonderen die Elektromobilität stellt ein wichtiges Forschungsthema in der Einrichtung dar. Das langfristige Ziel einer Abkehr von fossilen Brennstoffen steht dabei an oberster Stelle. Durch viele erfolgreich abgeschlossene Projekte hat die Forschungsstelle für Energiewirtschaft einen engen, vertrauensvollen Umgang mit dem für München zuständigen Netzbetreiber aufgebaut. Auf diese Weise kann auch im hier beantragten Vorhaben auf relevante Netzdaten zurückgegriffen werden. Im Folgenden erfolgt eine kurze Beschreibung der einzelnen Vorarbeiten.

Aufbau von Ladeinfrastruktur und Entwicklung von Lademanagement am Park&Ride Parkplatz Buchloe (Projekt „ePlanB“)

Im Rahmen des Forschungsprojektes ePlanB wurde ein intelligentes Lademanagement für den Pendlerverkehr mit Elektrofahrzeugen entwickelt. Ziele waren unter anderem Leistungsspitzen zu vermeiden, die Netzeffizienz zu erhöhen und heimische regenerative Energien zu verwenden. Insbesondere die Elektrofahrzeuge von Pendlern stehen meist länger an der gleichen Stelle und bieten viel Spielraum für flexibles Laden. Dazu wurden insgesamt acht Ladesäulen mit je zwei Ladepunkten aufgebaut und 15 Testfahrzeuge verschiedenen Probanden zur Verfügung gestellt. Um das Laden intelligent steuern zu können, haben die Nutzer dabei entweder direkt vor Ort an der Ladesäule oder über eine Website die Daten zu ihrer geplanten Parkdauer und dem aktuellen Batterieladestandard eingegeben. [31]

eFlott

Das Ziel des Projekts „eFlott“ lag darin, die Grundlage für zukünftige Geschäftsmodelle im Bereich der Elektromobilität zu entwickeln. Hierfür wurde das Lastverschiebungspotential und Einsparungspotential durch gesteuertes Laden begutachtet sowie abgeschätzt, wie viele Elektrofahrzeuge für eine Teilnahme an Regelleistungsmärkten notwendig sind und an welchen Uhrzeiten sie zur Verfügung stehen. Ein weiteres Ziel war die Beantwortung der Frage nach optimalen Standorten der Ladeinfrastruktur und der potentiellen Energieabsatzmenge an ausgewählten Standorten. Abschließend wurde eine ökologische Betrachtung der Energieeffizienz und des CO₂-Einsparpotenzials, welches sich durch einen Umstieg auf die neue Technologie ergeben würde, angestellt. [32]

„eGAP“ –Projekt „Smart Grid-Basis“

Das Verbundprojekt wurde im Rahmen der Modellkommune Elektromobilität „eGAP“ in Garmisch-Partenkirchen durchgeführt. In dem Projekt wurde analysiert inwieweit sich

der lokal erneuerbar erzeugte Strom ins Elektrofahrzeug integrieren lässt und ob Elektrofahrzeuge die negativen Auswirkungen dezentraler Erneuerbarer Energien dämpfen. Dabei wurde der historische PV-Ausbau dachflächenscharf über eine detaillierte GIS-Analyse analysiert. Unter Berücksichtigung der Flächennutzung, der Gebäudestruktur und der Globalstrahlung wurden hochaufgelöste Ausbauszenarien für PV entwickelt, die als Grundlage für eine detaillierte Netzsimulation („GridSim“) eingesetzt werden. Die GridSim stellt für verschiedene Netzbelastungssituationen und Szenarien eine geeignete Simulationsumgebung zur Bewertung der Netzurückwirkungen dar. GridSim wird auch im Projekt „München elektrisiert“ verwendet. [33]

„eGAP“-Projekt „Sun2Car“

Eine große Anzahl an Elektrofahrzeugen und dezentralen Photovoltaikanlagen könnte einen Ausbau der elektrischen Energieversorgungsnetze erforderlich machen. In wie weit intelligente Haushalte mit Elektrofahrzeug, Photovoltaikanlage und stationären Energiespeicher insbesondere auf die direkt betroffenen Verteilnetze wirken, sollte anhand von Spannungsmessungen sowie detaillierten Netzsimulationen bestimmt werden. Als stationäre Energiespeicher könnten dabei Batteriespeicher dienen, welche alterungsbedingt aus den Elektrofahrzeugen herausgenommen wurden. Ein ausführlicher Abschlussbericht zu diesem Projekt wurde von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. veröffentlicht [34].

Merit Order Netz-Ausbau 2030 (MONA 2030)

Im Zuge der Ausschreibung „Zukunftsfähige Stromnetze“ hat die FfE vor dem Hintergrund eines starken Ausbaus Erneuerbarer Energien einen Forschungsverbund initiiert, um auf breiter Basis bestehende und zukünftige Möglichkeiten der Netzgestaltung zu evaluieren und gegenüberzustellen. Damit wird die Basis für eine vorausschauende, ganzheitliche Netzplanung entwickelt. Unter dem Titel „Merit Order Netz-Ausbau 2030“ erfolgte ein Vergleich der Maßnahmen und Technologien zur Netzentlastung, speziell im Hinblick auf die Einspeisung hoher Anteile Erneuerbarer Energien in die Übertragungs- und Verteilnetze. [35]

Dissertationen:

Zudem wurde im Rahmen einer Dissertation ein Simulationsmodell entwickelt, das realistische Ganzjahressimulationen der Stromversorgung von Wohngebieten, unter Berücksichtigung von Elektromobilität, PV-Anlagen und Hausspeichersystemen, ermöglicht [36]. Im Rahmen einer weiteren Dissertation wurde ein ganzheitlicher Vergleich netzoptimierender Maßnahmen simulativ durchgeführt. Damit wird ein Beitrag dazu geleistet, dass eine Elektrifizierung der Mobilität und Wärmebereitstellung nicht zu übermäßigem Netzausbau führen und den Netzbetreibern weitere Möglichkeiten zur Netzoptimierung zur Verfügung stehen [37].

Technische Universität München

Die Technische Universität München hat sich in den vergangenen Jahren als eine der führenden Forschungseinrichtungen im Bereich der Elektromobilität etabliert. An dieser Stelle sollen stellvertretend für den Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik die wichtigsten Projekte und Ergebnisse der vergangenen Jahre in Bezug auf die Ziele dieses Forschungsvorhabens dargestellt werden:

WATE – Webbasiertes Analyse-Tool Elektromobilität

Ziel des von der LHM geförderten Forschungsprojekts WATE ist die Entwicklung einer webbasierten, offenen und ganzheitlichen IT-Lösung zur nachhaltigen Umsetzung von Elektromobilität im privaten und gewerblichen Sektor. Hierfür wird seit Januar 2017 auf Basis der Ergebnisse vorangegangener Forschungsprojekte eine IT-Infrastruktur zur Erfassung, Speicherung und Auswertung von Bewegungsdaten entwickelt. Mit Hilfe einer Smartphone App oder einem OBD-Datenlogger (beide Aufzeichnungsgeräte wurden vom Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik entwickelt) werden zunächst Bewegungsdaten erfasst. Basierend auf diesen Bewegungsdaten wird die Eignung für Elektromobilität technisch und wirtschaftlich bewertet sowie optimale, nutzerspezifische Elektromobilitätslösungen, bestehend aus einem Fahrzeug oder einer Fahrzeugflotte, der eigenen Ladeinfrastruktur und einer Photovoltaikanlage, ermittelt. Den Kern des Projekts stellt eine zugangsbeschränkte Webapplikation zur Visualisierung von Statistiken, Auswertungen und Simulationsergebnissen als zentrale Schnittstelle zum Anwender. Mit der Unterstützung der HWK als assoziierter Partner des Vorhabens wird das webbasierte Werkzeug WATE durch ausgewählte Handwerksbetriebe erprobt. [38]

VEM - Virtuelle Elektromobilität im Taxi- und Gewerbeverkehr München (Förderkennzeichen: 01ME12111)

Im Rahmen des Projekts VEM wurden von einem Konsortium bestehend aus der Handwerkskammer für München und Oberbayern, der Stadtwerke München GmbH, des Taxiverband München und der Technischen Universität München verschiedene Elektrofahrzeug- und Ladeinfrastrukturkonzepte für den Taxi- und Wirtschaftsverkehr im Münchner Raum simulativ untersucht. Zentrales Ziel war die Entwicklung und wirtschaftliche Bewertung eines daten- und modellbasierten Konzepts zur Analyse unterschiedlicher Elektrifizierungstechnologien in gewerblichen Fahrzeugflotten. Damit konnten verschiedene Elektrofahrzeugkonzepte und Flottenzusammensetzungen hinsichtlich ihrer technischen Eignung bewertet sowie Empfehlungen für den Ausbau von Ladeinfrastruktur ausgegeben werden. Im Zeitraum von Oktober 2012 bis Ende 2015 wurden über 4 Mio. km an Bewegungsdaten von 28 Gewerbefahrzeugen sowie 90 Taxis mit einer Smartphone App des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik aufgezeichnet und ausgewertet. [39]–[45]

sun2car@GAP (Förderkennzeichen MOD-1210-0008)

Im Projekt sun2car@GAP wurde im Zeitraum von September 2013 bis September 2014 in Kooperation mit der Audi AG und der Forschungsstelle für Energiewirtschaft das Kundenannahmeverhalten bezüglich der Integration von Erneuerbaren Energien in Elektrofahrzeugen im ländlichen Raum untersucht. Im Zentrum des Vorhabens stand ein System bestehend aus Haushalt, Elektrofahrzeug, Photovoltaikanlage und Hausspeichersystem sowie die Fragestellung, wie das System aus den Blickwinkeln der Umweltverträglichkeit, der Versorgungssicherheit und der Wirtschaftlichkeit zu bewerten ist. Begleitet wurde das Projekt durch einen Flottenversuch, aufgeteilt auf 2 Phasen á 6 Monate. Hierbei wurden 20 Haushalte in Garmisch-Partenkirchen mit 10 elektrisch und 10 konventionell angetriebenen Fahrzeugen ausgestattet und mittels einer vom Lehrstuhl für

Fahrzeugtechnik eigens dafür entwickelten Smartphone App das Mobilitätsverhalten von insgesamt 58 Probenaden erfasst und analysiert. [46]–[48]

Darüber hinaus war der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik an einigen weiteren großangelegten Flottenversuche, wie eMuc, eFlott (Förderkennzeichen: 03KP534B) und Linde Hydrogen Mobility Concept (Förderkennzeichen: 03B10401B) in der Modellregion maßgeblich beteiligt.

Im Rahmen der beschriebenen Projekte konnte der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik eine umfassende IT-Toollandschaft entwickeln die es erlaubt in kurzer Zeit relevante Fragestellungen in Bezug auf das Mobilitätsverhalten, innovative Fahrzeugkonzepte und Infrastruktur zu beantworten (siehe [49]). Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik verfügt daher über ein hohes Maß an Kompetenz im Bereich der Aufzeichnung, Aufbereitung, Speicherung und Auswertung von Mobilitätsdaten. Durch die vorhandene Datenbasis konnten in der Vergangenheit für unterschiedliche Problemstellungen Simulationsmodelle entwickelt werden. Neben einzelnen Fahrzeugen kann mit Hilfe eines agentenbasierten Simulationsansatzes das Verhalten ganzer Fahrzeugflotten unter Berücksichtigung realer Rahmenbedingungen untersucht werden (siehe [50]). Das speziell für diesen Zweck durch den Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik entwickelte Simulationsmodell erlaubt es außerdem Veränderungen in der Infrastruktur abzubilden. So können zum Beispiel gezielt die Auswirkungen geplanter Standorte für Ladesäulen bzw. Tankstellen untersucht und bewertet werden.

Universität der Bundeswehr München

Die Universität der Bundeswehr München beschäftigt sich schon seit einigen Jahren mit der Akzeptanz, der Förderung und den Auswirkungen von Elektromobilität. Hierzu wurden am Lehrstuhl für Verkehrstechnik bereits mehrere Forschungsprojekte erfolgreich abgeschlossen. Die Erfahrungen aus diesen Projekten liefern für die in diesem Projekt enthaltenen Arbeitsinhalte einen bedeutenden Mehrwert.

DC-Ladestation am Olympiapark

Im Rahmen des Projekts hat die Universität der Bundeswehr Empfehlungen für Elektroautonutzer erarbeitet, um sie auf Langstreckenfahrten schnell und sicher ans Ziel zu kommen. Die Empfehlungen enthalten eine optimale Routenplanung inklusive einer auf die Strecke und die aktuelle Verkehrssituation abgestimmten Ladestrategie [51; 52].

Elektromobilität in München – Potenzialanalyse

Im Rahmen der Potenzialanalyse für Elektromobilität in München wurde analysiert, welche Durchdringungsrate von Elektrofahrzeugen nötig wäre, um die NO₂-Immissionsgrenzen im Jahresmittel innerhalb des Mittleren Rings in München einzuhalten. Die Universität der Bundeswehr München analysierte die daraus resultierende tägliche Anzahl an Ladevorgängen.

Elektromobilitätskonzepte für die Landkreise Traunstein, Berchtesgadener Land und München

Im Rahmen dieser Projekte wurden gewonnene Erkenntnisse über die Nutzung von Elektrofahrzeugen und öffentlicher Ladeinfrastruktur auf den ländlichen Raum angepasst. Das Ergebnis ist eine Optimierung der Ladeinfrastrukturplanung für den ländlichen Raum [53].

E-Plan München – Planung von Elektromobilität im Großraum München

Im Rahmen des Projekts E-Plan München wurde ein Masterplan für den Aufbau von Ladeinfrastruktur in urbanen Räumen entwickelt. Dabei wurden auch verschiedene Ladetechnologien umfassend analysiert. Die Universität der Bundeswehr München hat in diesem Projekt ein Modell zur Schätzung der Anzahl von täglichen Ladevorgängen in verschiedenen Regionen entwickelt [54; 55], eine Analyse der Ladevorgänge von CarSharing-Fahrzeugen durchgeführt [56] und die Auslastung an Ladesäulen analysiert und simuliert [57]. Darüber hinaus wurde der Aufbau von Ladeinfrastruktur im Rahmen von Stadtentwicklungsplänen an den Beispielen München und Peking dargestellt [58]. Die Arbeiten bildeten die Grundlage für eine Dissertation [59]. Im Vorhaben Me kann auf einige Ergebnisse des Projekts E-Plan München zurückgegriffen werden, allerdings gibt es einige Unterschiede und dieses Vorhaben geht über den Inhalt des Projekts E-Plan München hinaus. Während im Projekt E-Plan eine Grundversorgung durch Ladeinfrastruktur geschaffen wurde, wird die Versorgung in diesem Projekt deutlich verbessert. Dadurch ist es nun möglich, reale Daten über einen längeren Zeitraum und mit einer höheren Anzahl von Elektrofahrzeugen auszuwerten. Zudem wird im Vorhaben Me Ladeinfrastruktur betrachtet, die durch Unternehmen bereitgestellt wird und es werden insbesondere Reservierungs- und Preismodelle evaluiert. Darüber hinaus wird die Wirkung der Ladeinfrastrukturverteilung auf Lärm und Emissionen detailliert untersucht.

PREMIUM – Plug-In-, Range-Extender- und Elektrofahrzeuge unter realen Mobilitäts-umständen: Infrastruktur, Umweltbedingungen und Marktakzeptanz

Die Universität der Bundeswehr München hat in diesem Projekt Verfahren entwickelt, um den Fahrern von Elektrofahrzeugen energieverbrauchsoptimierte Verkehrsinformationen zu bieten [60] und durch Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage exaktere Reichweitenprognosen zu erstellen [61]. In diesem Zusammenhang wurde auch das Mobilitäts- und Ladeverhalten von Elektroautonutzern untersucht [62].

Weitere Projekte sind beispielsweise BeEmobil, City2Share und WiMobil, in denen die Elektromobilität insbesondere im Hinblick auf Sharing-Systeme untersucht wurde.

2.3 Schutzrechte

Durch das Vorhaben werden nach dem Stand bisheriger Recherchen keine Rechte Dritter (Patentrechte oder Gebrauchsmusterschutz) verletzt.

3 Ausführliche Beschreibung des Arbeitsplanes

3.1 Einführende Beschreibung des Arbeitsablaufs über die Projektzeit

Der in Anlage 1 dargestellte Balkenplan sowie der nachfolgende Meilensteinplan stellen den Arbeitsablauf des Vorhabens „München elektrisiert – M^{ee}“ dar.

Meilensteinplan

Meilenstein	Monat	Beschreibung
M1	10	Förderprogramm „Laden in München“ ist ausgearbeitet, Anträge können gestellt werden.
M2	12	Wissenschaftliche Ergebnisse für das Vergabeverfahren zum Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter liegen vor.
M3	17	Unterlagen für die Vergabe des Aufbaus und Betriebs von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter liegen vor.
M4	18	Beratung der Teilnehmer aus Phase I und II der Mobilitätsanalysen im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung des Förderprogramms „Laden in München“ ist abgeschlossen.
M5	43	Ergebnisse der Emissions- und Immissionsberechnungen liegen vor.
M6	48	Netzurückwirkungen sind analysiert und Lösungsansätze identifiziert.
M7	48	Reale Lastgänge der verbauten Ladeinfrastruktur sind gemessen, verarbeitet und anonymisiert veröffentlicht.

Tabelle: Beschreibung der Meilensteine

3.2 Ausführliche Beschreibung der Arbeitspakete

In den nachfolgenden Tabellen sind inhaltliche Anpassungen sowie Anpassungen an Personenmonaten, die auf eine reine Projektverlängerung zurückzuführen sind, in schwarzer Textfarbe dargestellt. Anpassungen, die auf Zusatzleistungen zurückzuführen sind, sind in grüner Textfarbe dargestellt.

AP-Nr.: 0.0		Projektkoordination	
Leitung		LHM	
Beteiligte		FfE, TUM, UniBW	
Start-Projektmonat:		1	
End-Projektmonat:		48	
Personalaufwand gesamt (in PM)		11,5 PM + 13 PM	
LHM		10,5 PM + 12 PM	
TUM		0,5 PM + 0,5 PM	
UniBW		0,5 PM + 0,5 PM	
Ziel des Arbeitspaketes			
<ul style="list-style-type: none"> Projektsteuerung und Verbundkoordination, Sicherstellen einer effizienten, zielgerichteten Projektumsetzung 			
Voraussetzung (Input)			
<ul style="list-style-type: none"> Regelmäßige Berichterstattung aus anderen Arbeitspaketen und von den externen Dienstleistern 			
Ergebnis (Output)			
<ul style="list-style-type: none"> Ergebnisprotokolle von Konsortialtreffen, Status- und Zwischenberichte, Projektdokumentation 			

AP-Nr.: 1.0		Partizipation, Vernetzung und Verbreitung	
Leitung		LHM	
Beteiligte		FfE, TUM, UniBW	
Start-Projektmonat:		1	
End-Projektmonat:		48	
Personalaufwand gesamt (in PM)		18,5 PM + 16,5 PM	
LHM		12 PM + 12 PM	
FfE		3 PM + 3 PM	
TUM		2,5 PM + 1,5 PM	
UniBW		1 PM	
Ziel des Arbeitspaketes			
<ul style="list-style-type: none"> Beteiligung der Stadtgesellschaft, Vernetzung der relevanten Stakeholder in München und Verbreitung der Projektergebnisse 			
Voraussetzung (Input)			
<ul style="list-style-type: none"> Regelmäßig Berichterstattung aus anderen Arbeitspaketen, diverse Informationen von den assoziierten Partnern und Stakeholdern (z. B. Kontakte zu Zielgruppen) 			
Ergebnis (Output)			

<ul style="list-style-type: none"> Die Ergebnisse der Analyse der Stakeholder und Zielgruppen und des geplanten Workshops werden in Berichtsform festgehalten und die Projektergebnisse verbreitet 	
---	--

AP-Nr.: 2.0	Analyse Ist-Situation in der LHM
Leitung	UniBW
Beteiligte	FfE
Start-Projektmonat:	1
End-Projektmonat:	48
Personalaufwand gesamt (in PM)	17,5 PM + 8 PM + 33 PM
UniBW	9 PM + 8 PM + 26 PM
FfE	8,5 PM
TUM	7 PM
Ziel des Arbeitspaketes <ul style="list-style-type: none"> Detaillierte Erfassung des Bestandes an Ladeinfrastruktur und an Elektrofahrzeugen in der Landeshauptstadt München, sowie eine Prognose aufgrund der Auslastung der bestehenden Ladeinfrastruktur. Ermittlung des Elektromobilitätspotentials in der Region München unter Berücksichtigung der Ladeinfrastruktur und der Verkehrsströme zwischen Stadt und Umland und Analyse der Rückwirkungen auf dynamische Mobilitätsdienste. Ermittlung der vorhandenen Netztopologien inkl. der aktuellen Belastung um eine fundierte Basis für die Bewertung der Netzurückwirkungen der geplanten Ladeinfrastruktur zu erhalten. 	
Voraussetzung (Input) <ul style="list-style-type: none"> Daten über die Auslastung der bestehenden Ladeinfrastruktur Detaillierte Daten zu bestehenden öffentlich zugänglichen und Ladepunkten und über den Bestand an Elektrofahrzeugen (sowohl an privaten als auch an gewerblichen und Flottenfahrzeugen) erhöhen die Qualität der Analyse. Netzdaten der zuständigen Netzbetreiber erhöhen die Relevanz der Ergebnisse für München. 	
Ergebnis (Output) <ul style="list-style-type: none"> Übersichtliche Darstellung der bestehenden Ladeinfrastruktur und ihrer Auslastung und des Bestands an Elektrofahrzeugen in der Landeshauptstadt und im Rahmen der Projekterweiterung in der Region München, sowie eine Prognose der zukünftigen Entwicklung. Diese Darstellung wird allen Projektpartnern zur Verfügung gestellt und dient dem Verständnis der Ausgangssituation in der Landeshauptstadt München. Die Ergebnisse dienen im Rahmen dieser Teil- 	

<p>vorhabenbeschreibung insbesondere auch als Input für das AP 4.4.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse der Potentialanalyse für Elektrofahrzeuge in Carsharing-, Taxi- und On-Demand-Flotten. • Relevante Netzgebiete inkl. Zusatzinformationen sind in das Simulationsmodell GridSim integriert und der Status quo, ohne die im Projekt geplante Ladeinfrastruktur, der Netzbelastung ist ermittelt. 	
---	--

AP-Nr.: 3.1	Aufbau und Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“
Leitung	LHM
Beteiligte	TUM
Start-Projektmonat:	1
End-Projektmonat:	48
Personalaufwand gesamt (in PM)	26 PM + 24 PM
LHM	24 PM + 24 PM
TUM	2 PM
Ziel des Arbeitspaketes	
<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“ 	
Voraussetzung (Input)	
<ul style="list-style-type: none"> • Einholen der Anforderungen des Projektträgers und der Bedarfe relevanter Stakeholder 	
Ergebnis (Output)	
<ul style="list-style-type: none"> • Die gemachten Erfahrungen bei der Entwicklung und Umsetzung des Förderprogramms werden in einem Erfahrungsbericht („Lesson’s learned“) aufbereitet und eine Abschätzung und Empfehlung zur Notwendigkeit und zum Nutzen von künftigen Fördermaßnahmen für Ladeinfrastruktur auf kommunaler Ebene (2020+) wird gegeben. Beides wird in Form eines Leitfadens für andere Kommunen kostenfrei zur Verfügung gestellt. 	

AP-Nr.: 3.2	Wissenschaftliche Begleitforschung des Förderprogramms „Laden in München“
Leitung	TUM
Beteiligte	FfE
Start-Projektmonat:	1
End-Projektmonat:	48
Personalaufwand gesamt (in PM)	58 PM + 12 PM + 12 PM
TUM	55 PM + 12 PM + 12 PM
FfE	3 PM
Ziel des Arbeitspaketes	
<ul style="list-style-type: none"> • Ableitung eines ganzheitlichen, modellbasierten Vorgehens zur Ermittlung optimaler Low Cost- und Mobi- 	

<ul style="list-style-type: none"> le Metering-Ladeinfrastrukturlösungen • Ermittlung optimaler Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen für die Teilnehmer am Förderprogramm „Laden in München“ • Entwicklung eines Standardvorgehens (Whitepaper) zur Umsetzung von optimalen Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen in privaten Parkhäusern von Wohngebäuden, in öffentlich zugänglichen Parkhäusern sowie in Gewerbebetrieben 	
Voraussetzung (Input) <ul style="list-style-type: none"> • Ausreichend viele Interessenten am Förderprogramm • Ausgearbeitetes und einsatzbereites Förderprogramm für Phase II der Mobilitätsanalyse 	
Ergebnis (Output) <ul style="list-style-type: none"> • Ganzheitliches, modellbasiertes Vorgehen zur Ermittlung optimaler Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen • Optimale Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen für die geförderten Untersuchungsobjekte • Standardvorgehen (Whitepaper) zur Umsetzung von optimalen Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen in privaten Parkhäusern von Wohngebäuden, in öffentlich zugänglichen Parkhäusern sowie in Gewerbebetrieben 	

AP-Nr.: 4.1*	Erstellung einer Dokumentation mit Kriterienkatalog einschließlich einer Musterdokumentation für die Vergabe des Aufbaus und Betriebs von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter	
Leitung	LHM	
Beteiligte		
Start-Projektmonat:	1	
End-Projektmonat:	24	
Personalaufwand gesamt (in PM)		
LHM	38 PM	
	38 PM	
Ziel des Arbeitspaketes		
<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung der Vergabeunterlagen, Strukturierung des Vergabeverfahrens, Durchführung des Vergabeverfahrens, Erstellung einer Musterdokumentation 		
Voraussetzung (Input)		
<ul style="list-style-type: none"> • Erfassen sämtlicher tatsächlicher und rechtlicher Umstände, die in Bezug auf die Dokumentation der Vergabe erforderlich sind 		
Ergebnis (Output)		
<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung des obsiegenden Bieters für den Aufbau von Ladeinfrastruktur. Erstellung einer Musterdoku- 		

mentation zur Vergabe von Ladeinfrastruktur. Diese wird in Form eines Leitfadens o. ä. Für andere Kommunen kostenfrei zur Verfügung gestellt	
--	--

*abweichend von der oben dargestellten Tabelle hat sich aufgrund der Ereignisse im Projekt (Erhalt des Zuwendungsbescheides im Dezember 2018; siehe Zwischenbericht) eine Verschiebung der PM zwischen den Arbeitsschritten ergeben, die im Balkenplan dargestellt ist.

AP-Nr.: 4.2	Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter	
Leitung	LHM	
Beteiligte		
Start-Projektmonat:	15	
End-Projektmonat:	24	
Personalaufwand gesamt (in PM)	2 PM	
LHM	2 PM	
Ziel des Arbeitspaketes		
<ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Betrieb von öffentlicher Ladeinfrastruktur durch einen oder mehrere private Betreiber 		
Voraussetzung (Input)		
<ul style="list-style-type: none"> Abschluss des AP 4.1 		
Ergebnis (Output)		
<ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Betrieb von 400 Ladepunkten (200 Ladesäulen) durch einen oder mehrere private Betreiber, Beratung von Kommunen auf Grundlage der Erfahrungen mit Aufbau und Betrieb der Ladesäulen 		

AP-Nr.: 4.3	Aufbau und Betrieb von weiterer Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter (optionales AP)	
Leitung	LHM	
Beteiligte		
Start-Projektmonat:	25	
End-Projektmonat:	48	
Personalaufwand gesamt (in PM)	48 PM	
LHM	48 PM	
Ziel des Arbeitspaketes		
<ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Betrieb weiterer öffentlicher Ladepunkte durch einen oder mehrere private Anbieter 		
Voraussetzung (Input)		
<ul style="list-style-type: none"> Abschluss AP 4.1 und 4.2 		
Ergebnis (Output)		
<ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Betrieb weiterer bis zu 1.400 öffentlicher Ladepunkte durch einen oder mehrere private Anbieter 		

AP-Nr.: 4.4	Untersuchung intelligenter Lösungen für bedarfsgerechte und netzdienliche Ladeinfrastrukturpositionierung und -steuerung im öffentlichen Raum	
Leitung	UniBW	
Beteiligte	FfE, TUM	
Start-Projektmonat:	1	
End-Projektmonat:	48	
Personalaufwand gesamt (in PM)		
UniBW	33 PM + 7,5 PM + 32 PM	
FfE	31 PM + 7,5 PM + 25 PM	
TUM	1 PM	
	1 PM + 7 PM	
Ziel des Arbeitspaketes		
<ul style="list-style-type: none"> • Optimierungsvorgehen zur Positionierung der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum und erwartete Auslastung an den verschiedenen Standorten, sowie intelligente Reservierungs- und Preismodelle zur zeitlichen Steuerung der Ladevorgänge. • Vergleichende Analyse der Preismodelle an Ladesäulen und des Nutzungs- und Routenwahlverhaltens von Elektrofahrzeugnutzern. 		
Voraussetzung (Input)		
<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse der Ist-Analyse in AP 2.0. 		
Ergebnis (Output)		
<ul style="list-style-type: none"> • Optimierungsverfahren zur Dimensionierung und Positionierung von Ladeinfrastruktur. • Positionen für Ladeinfrastruktur mit erwarteter Auslastung für die Stadt München. • Reservierungs- und Preismodelle zur intelligenten zeitlichen Steuerung von Ladevorgängen und ihre Auswirkungen auf die Nachfrage an Ladesäulen im öffentlichen Raum. • Vergleichende Verfügbarkeitsprognose für Ladesäulen anhand eines neuronalen Netzes und einer agentenbasierten Simulation. 		

AP-Nr.: 5.1	Ermittlung und Bewertung von Netzzrückwirkungen durch Ladeinfrastruktur	
Leitung	FfE	
Beteiligte	TUM, UniBW	
Start-Projektmonat:	6	
End-Projektmonat:	48	
Personalaufwand gesamt (in PM)		
FfE	32,5 PM + 1,8 PM + 3 PM	
TUM	30,5 PM + 1,8 PM + 3 PM	
	2 PM	

Ziel des Arbeitspaketes <ul style="list-style-type: none"> • Umfassende Bewertungen der Netzurückwirkungen der geplanten Ladeinfrastruktur bei verschiedenen Nutzungsfällen und in verschiedenen typischen Netzgebieten. • Weiterentwicklung des Simulationsmodells GridSim, dass zukünftig eine vereinfachte und automatisierte Bewertung der Netzurückwirkungen möglich ist. 	
Voraussetzung (Input) <ul style="list-style-type: none"> • Status quo wurde in AP 2 erfasst • Nutzungsdaten der Ladeinfrastruktur sind vorhanden 	
Ergebnis (Output) <ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Bewertung der Netzurückwirkungen durch die geplante/installierte Ladeinfrastruktur. • Weiterentwicklung des Simulationsmodells zur einfachen und automatisierten Abschätzung der Netzurückwirkungen • Bewertung der Ladevorgänge aus energiewirtschaftlicher Sicht und Ableitung von Handlungsempfehlung • Aufbereitung der Ergebnisse und Zusammenfassung in einem Abschlussbericht 	

AP-Nr.: 5.2	Verkehrliche Betrachtung der Auswirkungen der Ladeinfrastrukturdimensionierung und -positionierung auf die NO_x-Emissionen auf Straßenebene	
Leitung	UniBW	
Beteiligte	LHM, TUM	
Start-Projektmonat:	3	
End-Projektmonat:	44	
Personalaufwand gesamt (in PM)	33 PM + 14 PM	
UniBW	30,5 PM + 14 PM	
LHM	1,5 PM	
TUM	1 PM	
Ziel des Arbeitspaketes <ul style="list-style-type: none"> • Darstellung der Auswirkungen von verschiedenen Szenarien bezüglich Elektroflotten/Fahrzeugklassen und räumlicher Verteilung der Ladeinfrastruktur auf Umweltwirkungen, wie z. B. Lärm, CO₂- und NO_x-Emissionen, NO₂-Immissionen. 		
Voraussetzung (Input) <ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse der Analyse der Ist-Situation aus AP 2.0. 		
Ergebnis (Output) <ul style="list-style-type: none"> • Auswirkung von verschiedenen Szenarien hinsichtlich der Flottenzusammensetzung und der Ladeinfrastrukturpositionierung auf die NO_x- und Lärm-Emissionen auf Straßenebene, sowie auf die NO₂-Immissionen an ausgewählten Knotenpunkten, Strecken- und Netzabschnitten. 		

AP-Nr.: 6	Erfassung, Analyse und Veröffentlichung ganzheitlicher Datensätze der umgesetzten Ladeinfrastruktur	
Leitung	FfE	
Beteiligte	TUM	
Start-Projektmonat:	13	
End-Projektmonat:	48	
Personalaufwand gesamt (in PM)		
FfE	39,5 PM	
TUM	15,5 PM	
	24 PM	
Ziel des Arbeitspaketes		
<ul style="list-style-type: none"> • Gezielte Messdatenerfassung und –auswertung der im Projekt aufgebauten Ladeinfrastruktur. • Ganzheitliche Betrachtung und Beurteilung realer Ladevorgänge und deren Auswirkungen auf die Netzbelastung. • Analyse der Potenziale von Lademanagementstrategien. 		
Voraussetzung (Input)		
<ul style="list-style-type: none"> • An für Messungen geeigneten Stellen wurde eine Ladeinfrastruktur errichtet. • Die Ladeinfrastruktur wird u.a. von einer wiederkehrenden Fahrzeugflotte genutzt. 		
Ergebnis (Output)		
<ul style="list-style-type: none"> • Validierung der Simulationsergebnisse zur Netzbelastung im urbanen Verteilnetz • Validierung der Wirksamkeit des Förderprogramms auf Basis der Messdaten • Signifikanter Mehrwert für die internationale Wissenschaftscommunity, durch Open Source Veröffentlichung realer und valider Ladevorgänge unterschiedlicher Nutzergruppen • Potenziale von Lademanagementstrategien und deren Realisierbarkeit 		

3.3 Ressourcenplanung

Kosten-/Ausgabenplanung

Tabelle: Darstellung der Kosten und Höhe der Zuwendung

Hinweis: Tabelle wurde zum Schutz der Rechte Dritter geschwärzt

4 Verwertungsplan

Mit dem Integrierten Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München (IHFEM) hat die Landeshauptstadt München das größte kommunale Programm für Fördermaßnahmen im Bereich der Elektromobilität beschlossen.

Teil des im Zeitraum 2018 bis 2020 laufenden IHFEM sind unter anderem die Einrichtung einer Koordinationsstelle „Elektromobilität“ als zentrale Informations- und Anlaufstelle innerhalb der Stadtverwaltung für z. B. Stakeholder, Bürgerinnen und Bürger, Industrie und Handwerk und die Umsetzung einer groß angelegten Kommunikationskampagne zur Verbreitung der laufenden Maßnahmen im Bereich der Elektromobilität. Beides sind sehr gut geeignete Kanäle, um auch die Projektergebnisse aus „München elektrisiert - M^e“ zu verbreiten.

Die Ergebnisse aus „München elektrisiert – M^e“ fließen unmittelbar in die bereits laufenden IHFEM-Maßnahmen ein. So können beispielsweise die gewonnenen Erkenntnisse aus der Entwicklung und der Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“ ein wertvoller Input für das bereits laufende Förderprogramm „München emobil“ und weitere in der Landeshauptstadt München laufende Förderprogramme sein. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zudem bei der Fortschreibung des bestehenden IHFEM über 2020 hinaus relevant.

Mit dem Projekt „München elektrisiert – M^e“ wird zudem ein Beitrag zur Luftreinhaltung und zur Erreichung der städtischen Klimaschutzziele geleistet. Vor dem Hintergrund des Pariser Klimaschutzabkommens im November 2015 und des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung hat der Münchner Stadtrat am 27. September 2017 seine bisherigen Klimaschutzziele überprüft und neu definiert: Bis 2050 soll München klimaneutral werden. Das bedeutet, dass bis 2050 nur noch geringfügig Treibhausgase ausgestoßen werden sollen (0,3 t pro Einwohner im Jahr). Die Umstellung des motorisierten Individualverkehrs auf alternative Antriebskonzepte wie die Elektromobilität ist zum Erreichen dieses Ziels von besonderer Bedeutung. Die Landeshauptstadt München verfügt weiterhin bereits über zahlreiche Planungsgrundlagen, die die Thematik der Luftreinhaltung und Reduzierung der NO_x-Emissionen aufgreifen oder tangieren, etwa in Form des Luftreinhalteplanes in seiner aktuell 6. Fortschreibung. Diese in unterschiedlichen Referaten angesiedelten Planungen werden derzeit im Rahmen der Erstellung eines „Masterplans Luftreinhaltung“, der unter Federführung des Referats für Gesundheit und Umwelt im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017-2020“ erarbeitet wird, gesichtet und gebündelt. Der Masterplan Luftreinhaltung wird erstmals eine objektive Abschätzung von NO₂-Minderungspotenzialen und erwarteten Zeithorizonten der NO₂-Minderung von Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmenbündeln liefern. Die Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität spielen in diesem Masterplan eine zentrale Rolle, da Voruntersuchungen eine hohe Wirksamkeit der Maßnahme nahelegen. Gemäß der Untersuchung „Potenziale der E-Mobilität zur Luftreinhaltung am Beispiel der Landeshauptstadt München“, vorgestellt im Rahmen einer Fachtagung des Bayerischen Landesamts für Umwelt 2017, ist davon auszugehen, dass die Substitution von konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren durch Elektrofahrzeuge bei entsprechenden Substitutionsanteilen zu einer deutlichen Reduzierung der Belastung mit Stickstoffdioxid NO₂ führt und damit eine Verbesserung der Luftqualität erreicht wird. Das Projekt „München elektrisiert – M^e“ wird dabei Teil des Masterplans zur Luftreinhaltung.

4.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Zeithorizont; Marktaussichten; funktionale, wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen

Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

Durch die Umsetzung der Ladeinfrastrukturmaßnahmen im Rahmen von „München elektrisiert – M^e“, der Entwicklung und Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“ sowie dem Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund, wird unmittelbar der Markthochlauf der Elektromobilität in München vorangetrieben und die notwendige Erweiterung des bestehenden Ladeinfrastrukturnetzes initiiert. Dabei wird ein wichtiger Beitrag zur Auflösung des bekannten „Henne-Ei-Problems“ von mangelnder Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur auf der einen Seite und der zögerlichen Anschaffung von Elektrofahrzeugen auf der anderen Seite geleistet.

Mit dem Förderprogramm „Laden in München“ werden kurz- und mittelfristig größere Investitionen bei Gewerbebetrieben, Parkhäusern und im Wohnbau angestoßen und die gemachten Erfahrungen bei der Entwicklung und Umsetzung des Förderprogramms werden in einem Erfahrungsbericht („Lessons learned“) aufbereitet und eine Abschätzung und Empfehlung zur Notwendigkeit und zum Nutzen von künftigen Fördermaßnahmen für Ladeinfrastruktur auf kommunaler Ebene (2020+) wird gegeben. Beides wird in Form eines Leitfadens für andere Kommunen kostenfrei zur Verfügung gestellt. Durch die Umsetzung eines PPP-Modells zum Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch Private wird Unternehmen der Zugang zum Markt der öffentlichen Ladeinfrastruktur geöffnet. Die Belegung dieses Marktes kann positive Auswirkungen auf die Verfügbarkeit und Marktakzeptanz des Ladens an öffentlichen Ladesäulen haben und schafft ein größeres Angebot für die Nutzerinnen und Nutzern verbunden mit einem leichteren Zugang zu Lademöglichkeiten. Die Musterdokumentation zum Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch Private soll ebenfalls interessierten Kommunen kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Damit einhergehend wird eine fachliche Beratung zu den Erfahrungen mit der Dokumentation sowie dem nachfolgenden Aufbau und Betrieb der Ladeinfrastruktur erfolgen.

Die zahlreichen Anfragen aus der Vergangenheit zu weiteren städtischen Förderprogrammen im Bereich der Ladeinfrastruktur und zum Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur durch Private deuten darauf hin, dass beide Teilprojekte erfolgreich verlaufen und die damit erzielten Ergebnisse und ausgelösten Investitionen über das Projektende hinauswirken werden. Durch die Verbreitung der Projektergebnisse mittels des vorgesehenen Leitfadens, der Musterdokumentation sowie der Beratung wird zudem ein Beitrag geleistet, auch in anderen Kommunen den weiteren Markthochlauf der Elektromobilität voranzutreiben und für diese als Modellstadt zu wirken.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. strebt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse an. Allerdings besteht für andere Unternehmen z. B. Verteilnetzbetreiber die Möglichkeit basierend auf den Erkenntnissen und Vorarbeiten der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. die Netzurückwirkungen besser abzuschätzen und geeignete Maßnahmen zum Abbau von Netzhemmnissen zu ergreifen. Somit können durch die im Rahmen dieses Projekts erlangten Erkenntnisse die Netzplanungsprozesse optimiert und geeignete Maßnahmen zum schnellen Aufbau von Ladeinfrastruktur unter Beachtung der Netze ergriffen werden. Ein kostenoptimaler

Netzausbau kommt am Ende allen Stromkunden zu Gute, da die Kosten des Stromnetzes über Netzentgelte umgelegt werden.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

Die Technische Universität München strebt mit diesem Projekt die Reduzierung von verkehrsbedingten Schadstoffemissionen über die beschleunigte Einführung der Elektromobilität in Deutschland an. Gemäß den genannten Gesamtzielen sowie damit einhergehend den Zielen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017 bis 2020“ wird mit diesem Projekt ein Werkzeug geschaffen, das die effiziente und flächendeckende Errichtung von Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastruktur ermöglicht und damit unmittelbar zur Förderung der Elektromobilität beiträgt. Der Fokus liegt dabei auf einer schnellen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Umsetzung der vorgeschlagenen Ladeinfrastruktur. Darüber hinaus wird im Sinne eines beschleunigten Markthochlaufs die Eignung der aktuell angebotener Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastruktururlösungen hinsichtlich des tatsächlichen Bedarfs ausführlich bewertet, woraus Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Als solide Grundlage soll dieses Projekt dazu dienen, die entwickelten Werkzeuge auf andere Städte auszuweiten.

Universität der Bundeswehr, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung

Die Universität der Bundeswehr München verfolgt selbst keine wirtschaftliche Verwertung. Die Ergebnisse werden jedoch als Strategien und Handlungsempfehlungen den beteiligten Projektpartnern und anderweitig interessierten Kommunen und Unternehmen kurzfristig nach Ende des Projekts zur Verfügung gestellt. Durch die intelligente Positionierung und Steuerung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur kann Elektromobilität sowohl bei Privatanwendern, als auch innerhalb von gewerblichen Flotten und Sharing-Angeboten für den Nutzer attraktiver gestaltet werden. Dies wird langfristig zu einem Abbau der kundenspezifischen Hemmnisse führen und somit zur Verbreitung der Elektromobilität beitragen.

4.2 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten mit Zeithorizont

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. wird im Rahmen dieses Projekts die Modellierung von Ladelastgängen für Elektrofahrzeuge weiterentwickeln und mit Hilfe von realen Daten validieren. Dies dient insbesondere zur unmittelbaren Weiterentwicklung und Validierung des in mehreren Forschungsprojekten verwendeten Simulationsmodells GridSim. Somit ist es in zukünftigen Forschungsprojekten möglich, die Auswirkungen von Elektrofahrzeugen in verschiedenen Netzgebieten mit geringem Aufwand zu ermitteln.

Die geplanten Veröffentlichungen der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (während der Projektlaufzeit von „München elektrisiert“) stellen sicher, dass ein Austausch mit der wissenschaftlichen Community stattfindet und die entwickelte Methodik sowie das entwickelte Modell diskutiert werden. Dieses Projekt unterstützt somit die wissenschaftliche Konkurrenzfähigkeit der Forschungsstelle für Energiewirtschaft durch die Verbesserung der Modelle und einer breiteren Wissens- und Datenbasis. Dieses Wissen wird auch über die Projektlaufzeit hinweg sowohl direkt an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft an junge Mitarbeiter als auch in der Lehre an Studierende weitergegeben.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

Die Erkenntnisse aus diesem Projekt tragen maßgeblich dazu bei, bestehende Planungs- und Simulationswerkzeuge zu erweitern, um diese zukünftig auch für die Auslegung bedarfsgerechter Ladeinfrastrukturlösungen und Geschäftsmodellen verwenden zu können. Dadurch können zukünftig kostengünstig eine Vielzahl an unterschiedlichen Nutzungsszenarien untersucht und technologieübergreifend eine für den Anwendungszweck passende Ladeinfrastrukturlösung entwickelt werden. Ferner ist es zukünftig möglich, maßgeschneiderte Fuhrparkmanagementlösungen und -zusammensetzungen abzuleiten, in denen batterieelektrische Fahrzeuge mit der entsprechenden Ladeinfrastruktur intelligent gekoppelt werden. Die Ergebnisse aus diesem Forschungsprojekt werden darüber hinaus direkt in die Lehre an der Technischen Universität München einfließen. Im Studium soll auf die konzeptionelle Auslegung von Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeugen, sowie auf die Analyse und Auswertung von großen Datenmengen mehr Bezug genommen werden. Das Thema Kundenakzeptanz wird dahingehend mit betrachtet. Außerdem wird versucht, Studenten im Rahmen von Studienarbeiten und durch wissenschaftliche Hilfstätigkeiten in die Entwicklung der Softwareapplikation, die Erstellung von Auswertalgorithmen, sowie in die gesamtheitliche Analyse der Versuche mit einzubeziehen. Nach Abschluss des Projekts können die OBD-Datenlogger als Entwicklungs- und Testumgebungen, beispielsweise in Hochschulpraktika, Studienarbeiten oder Übungen verwendet werden.

Universität der Bundeswehr, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung

Bereits kurzfristig werden die Ergebnisse des Vorhabens auf Fachkonferenzen vorgestellt und in Fachzeitschriften veröffentlicht. Damit kann sich die Universität im Feld Elektromobilität noch besser positionieren und mittelfristig auch weitergehend vernetzen. Durch die Einbindung in bereits abgelaufene Projekte zum Thema „Elektromobilität“ existieren hochschulübergreifende Netzwerke, in die die Ergebnisse durch Präsentationen oder Handreichungen ebenfalls eingespeist werden. Zudem werden die Ergebnisse in mehrere Dissertationen einfließen und somit auch den wissenschaftlichen Nachwuchs

der Universität garantieren und die erzielten Ergebnisse langfristig in das Wissens- und Methodenportfolio der Hochschule einbringen. Das Teilvorhaben der Universität der Bundeswehr München wird auch die Ergebnisse und Erkenntnisse nach Ende des Projekts in unterschiedlichen wissenschaftlichen Kontexten nutzen: (1) durch Einbringung in die Lehre in den relevanten Studiengängen, (2) durch Vergabe von Abschlussarbeiten: Bachelorarbeiten, Masterarbeiten. Nach dem Ende des Projekts werden die Forschungsergebnisse dem interessierten Fachpublikum sowie der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

4.3 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

Anschlussmöglichkeiten in Hinblick auf das Förderprogramm „Laden in München“ bestehen insbesondere darin, dass aus den Vorhaben, die über das Förderprogramm von den Antragstellerinnen und Antragstellern umgesetzt wurden, wichtige Informationen für einen künftigen Ausbau der Ladeinfrastruktur abgeleitet werden können. Standorte der geförderten (teil-)öffentlichen Vorhaben, verwendete Technologie, Erfahrungen der Antragstellerinnen und Antragsteller mit der verwendeten Technik zeigen auf, wo weiterhin „weiße Flecken“ im Ladeinfrastrukturnetz der Stadt München bestehen, die geschlossen werden müssen, und welche Technik zukunftsfähig ist.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Die Ergebnisse, welche von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft im Rahmen des Projekts „München elektrisiert“ erzielt werden, können sowohl aus wissenschaftlicher, als auch aus wirtschaftlicher Sicht weitergeführt werden. Zu nennen sind dabei insbesondere die folgenden Aspekte:

Durch den Forschungsverbund im Projekt „München elektrisiert“ kann die Kooperation mit wissenschaftlichen und politischen Stakeholdern insbesondere hinsichtlich Daten- und Methodenaustausch vertieft werden. Dies trägt zur Hebung von Synergien bei der Datenvalidierung und Aufbereitung bei. Zusätzlich können die Ergebnisse zielgerichtet verbreitet werden.

Durch die Bearbeitung relevanter Themen und aktueller Fragestellungen wird der Wissensfundus der Forschungsstelle für Energiewirtschaft erweitert. Dies dient unter anderem der zielgerichteten Identifikation neuer Forschungsfragen.

Durch die lokal öffentlichkeitswirksame Kommunikation der Projektergebnisse (Vergleiche AP1) und die überregional fachliche Präsentation der wissenschaftlichen Erkenntnisse, wird die Sichtbarkeit der an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft vorhandenen Kompetenzen erhöht.

Durch das verbesserte Knowhow und den erhöhten Bekanntheitsgrad werden die Chancen auf die Akquise von EU-Projekten in vergleichbarem Kontext erhöht.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

Nach einem erfolgreichen Abschluss des Projekts bestehen mehrere Möglichkeiten einer Anschlussfähigkeit. Es ist zu erwarten, dass durch die gewonnenen Erkenntnisse weitere Fragen und Problemstellungen auftreten werden, die in weiteren Forschungsprojekten bearbeitet werden können. Die Resultate der Mobilitätsanalysen bilden dabei eine breite Datengrundlage für die Auslegung neuer Ladeinfrastruktur- und Mobilitätskonzepte sowie Geschäftsmodellen. Das entwickelte Whitepaper kann als Entscheidungsgrundlage und Beratungswerkzeug zur unmittelbaren, d. h. ohne aufwändige Da-

tenerfassung, und effizienten Umsetzung zukünftiger Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastruktur überregional verwendet werden. Darüber hinaus stellt die Ausweitung des zu entwickelnden Whitepapers auf andere Nutzergruppen eine weitere Anschlussmöglichkeit dar, die zu einer klimaneutralen Mobilität beiträgt.

Universität der Bundeswehr, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung

Die Universität der Bundeswehr München wird die im Rahmen des Projekts gesammelten methodischen Erfahrungen künftig auch in Folgeprojekten anwenden. Die Verbundpartner/innen gehen von einer hohen wirtschaftlichen Relevanz der Ergebnisse des Gesamt- und Teilvorhabens für die Steigerung der Akzeptanz von Elektromobilität und die Verbesserung der Luftqualität aus. Es ist zu erwarten, dass sich durch die Erkenntnisse wieder neue Fragestellungen ergeben. Die entwickelten theoretischen Modelle zum Beispiel [zur Verfügbarkeitsprognose](#), zur Preisgestaltung oder zur Emissionsbewertung lassen sich durch Anpassungen auch auf andere Anwendungsbereiche übertragen. Zudem werden die erzielten Zwischenergebnisse sowohl in die Lehre weitergetragen als auch in der Fachwissenschaft veröffentlicht, sodass hier die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit gegeben ist. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden über die Projektlaufzeit hinaus langfristig in wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Forschungsprojekten sowie in der Hochschulbildung verwertet. Es wird außerdem erwartet, dass die durch das Projekt gewonnenen Erkenntnisse die Forschung zur Elektromobilität innerhalb unserer Hochschule qualitativ verbessern werden. Damit steigen auch die Chancen, weitere Forschungsprojekte zu generieren und so den Bereich der Forschung weiter auszubauen.

4.4 Verwertungstabelle

Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt			
Lfd. Nr.	Projekt-Ergebnis	Verwertung	Zeithorizont*
1	Leitfaden zum Aufbau und Umsetzung eines Förderprogramms zur Ladeinfrastruktur auf kommunaler Ebene (AP 3.1)	Die gemachten Erfahrungen bei der Entwicklung und Umsetzung des Förderprogramms werden in einem Erfahrungsbericht („Lessons learned“) aufbereitet und eine Abschätzung und Empfehlung zur Notwendigkeit und zum Nutzen von künftigen Fördermaßnahmen für Ladeinfrastruktur auf kommunaler Ebene (2020+) wird gegeben. Beides wird in Form eines Leitfadens für andere Kommunen kostenfrei zur Verfügung gestellt.	1-2 Jahre
2	Aufbau und Umsetzung eines Förderprogramms zur Ladeinfrastruktur auf kommunaler Ebene (AP 3.1)	Beratung von Kommunen auf Grundlage der Erfahrungen mit dem Aufbau und der Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“	1 Jahr
3	Musterdokumentation mit Kriterienkatalog zum Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter (AP 4.1)	Musterdokumentation zur unentgeltlichen Verwendung durch Kommunen; Beratung von Kommunen auf Grundlage der Musterdokumentation	1-2 Jahre
4	Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter (AP 4.2)	Beratung von Kommunen auf Grundlage der Erfahrungen mit Aufbau und Betrieb der Ladesäulen	1-2 Jahre
5	Weiterer Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter (AP 4.3)	Beratung von Kommunen auf Grundlage der Erfahrungen mit Aufbau und Betrieb der Ladesäulen	1-2 Jahre
6	AP 3.1, 4.2 und 4.3 siehe oben	Wissenstransfer bei Veranstaltungen, Konferenzen im Rahmen von Vorträgen, Podiumsdiskussionen etc.	1 Jahr
Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.			
Lfd. Nr.	Projekt-Ergebnis	Verwertung	Zeithorizont
1	Weiterentwicklung und Validierung der Modellierung der Netzbelastung durch Ladeinfrastruktur im Simu-	Bewertung der Netzbelastung durch Ladeinfrastruktur in anderen Netzgebieten	1. – 2. Jahr

	lationsmodell GridSim		
2	Weiterentwicklung und Validierung der Modellierung der Netzbelastung durch Ladeinfrastruktur in München	Anwendung der Forschungsergebnisse bei der Ausbildung von Studenten	1. – 2. Jahr
3	Erweiterung der Kompetenz auf dem untersuchten Themengebiet	Erweiterung der Lastflusssimulation um neue elektrische Komponenten (beispielsweise Wärmepumpen o.ä.)	3. Jahr
4	Durchführung eines Stakeholder-Workshops	Verbreitung und Diskussion der Projektergebnisse	2. Jahr
5	Abgeleitete Erkenntnisse	Publikationen und Wissenstransfer	2. Jahr
Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik			
Lfd. Nr.	Projekt-Ergebnis	Verwertung	Zeithorizont
1	Analyse der Daten	Wissenschaftliche Bewertung des Bedarfs an Low Cost-Ladeinfrastruktur und Mobile Metering-Ladepunkten in privaten Parkhäusern von Wohngebäuden, in öffentlich zugänglichen Parkhäusern und in Gewerbebetrieben	1. - 2. Jahr
2	“	Wissenschaftliche Bewertung der Eignung der am Markt angebotener Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen für private Parkhäuser in Wohngebäuden, für öffentlich zugängliche Parkhäuser und für Gewerbebetriebe	1. - 2. Jahr
3	“	Benchmark der am Markt angebotener Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen	1. - 2. Jahr
4	“	Anwendung der Forschungsergebnisse bei der Ausbildung von Studenten	> 2. Jahr
5	Entwickeltes Whitepaper	Beschleunigung der Einführung der Elektromobilität in München	> 2. Jahr
6	“	Standardvorgehen als Entscheidungshilfe bei der Umsetzung von Low Cost-Ladeinfrastruktur und Mobile Metering-Ladepunkten	> 2. Jahr
7	Abgeleitete Erkenntnisse	Reduzierung von NO ₂ -Immissionen und NO _x -Emissionen durch Ausbau der Ladeinfrastruktur	> 2. Jahr

8	“	Empfehlungen für eine bedarfsgerechte Entwicklung von Low Cost-Ladeinfrastruktur seitens der Industrie	2. Jahr
9	“	Übertragung der Erkenntnisse auf andere Ladeinfrastrukturkonzepte und Fokusgruppen	> 2. Jahr
10	“	Erweiterung der Kompetenz auf dem untersuchten Themengebiet	2. Jahr
11	“	Akquise von neuen Förderprojekten	2. Jahr
12	“	Publikationen und Wissenstransfer	2. Jahr
13	Anonymisierte Datensätze aus AP6	Bereitstellung hochwertiger Datensätze an die internationale Wissenschaftsgemeinschaft	> 2. Jahr
Universität der Bundeswehr, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung			
Lfd. Nr.	Projekt-Ergebnis	Verwertung	Zeithorizont
1	Ergebnis der Ist-Analyse	Anwendung in der Lehre und in Abschlussarbeiten	ab 1. Jahr
2	Abgeleitete Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen 4 und 5	Anwendung in der Lehre und in Abschlussarbeiten	ab 2. Jahr
3	Abgeleitete Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen 4 und 5	Akquise von neuen Forschungsprojekten	ab 3. Jahr
4	Abgeleitete Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen 4 und 5	Erweiterung der Kompetenz im untersuchten Themengebiet	2.-4. Jahr
5	Entwicklung und Validierung von Optimierungsverfahren und neuronalen Netzen im Arbeitspaket 4	Übertragbarkeit von Optimierungsverfahren und Verfahren mit neuronalen Netzen auf andere Forschungsfragen	ab 3. Jahr
6	Abgeleitete Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen 4 und 5	Publikationen, Präsentationen auf Konferenzen und Wissenstransfer	2.-4. Jahr

*nach Projektstart

5 Arbeitsteilung / Zusammenarbeit mit Dritten

5.1 Arbeitsteilung und Koordination im Verbund

Die Landeshauptstadt München verfügt bereits über eine mehrjährige Erfahrung im Aufbau von Ladeinfrastruktur, bei der Entwicklung und Umsetzung von Förderprogrammen im Bereich Elektromobilität und der Umsetzung sonstiger Elektromobilitätsmaßnahmen. Für die Realisierung solcher Vorhaben ist die Einbindung unterschiedlicher Fachreferate wie z.B. des Referats für Arbeit und Wirtschaft als Betrauungsreferat der Stadtwerke München GmbH, des Referats für Stadtplanung und Bauordnung, des Baureferats und des Kreisverwaltungsreferats notwendig. Daraus resultierende koordinierende und lenkende Tätigkeiten zur Steuerung der Arbeiten innerhalb der Landeshauptstadt München und zwischen der Kommune und den Projektpartnern ist durch das Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München zu leisten.

Weiterhin übernimmt die Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt die Entwicklung und Umsetzung des Förderprogramms „Laden in München“ sowie die Erstellung einer Dokumentation mit Kriterienkatalog einschließlich Musterdokumentation für die Vergabe des Aufbaus und Betriebs von Ladeinfrastruktur auf öffentlichem Grund durch private Anbieter.

Die Technische Universität München übernimmt im Rahmen des Projektes die wissenschaftliche Begleitforschung im Rahmen des Förderprogramms „Laden in München“. Die geplanten Arbeitsinhalte der Technischen Universität München fokussieren sich anfangs auf die Erhebung und Analyse der Mobilitätsdaten sowie die Modellbildung und Simulation von Ladeinfrastruktur. Basierend auf der anschließenden modellbasierten Beratung der Teilnehmer am Förderprogramm „Laden in München“ liegt das Hauptaugenmerk der Technischen Universität München auf der Ableitung eines Standardvorgehens (Whitepaper) zur Planung und Errichtung von Mobile Metering- und Low Cost-Ladeinfrastrukturlösungen.

Die wissenschaftliche Begleitforschung wird in enger Zusammenarbeit mit der Handwerkskammer für München und Oberbayern und der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern erfolgen. Dabei kann die Technische Universität München auf deren Expertise im direkten Kontakt mit Fahrzeugnutzern, Wohnungseigentümern und Gewerbetreibenden zurückgreifen und so die notwendige Kooperation im Rahmen der Datenaufzeichnung, Datenauswertung und Umsetzung der Ergebnisse möglichst effizient gestalten.

Durch die fahrzeugseitige Aufzeichnung von Ladevorgängen und der Hinzunahme von Netzbelastungsdaten der Forschungsstelle für Energiewirtschaft werden verschiedene Lade- und Lastmanagementstrategien entwickelt und deren Potenzial analysiert. Weiterhin werden gemeinsam mit der Universität der Bundeswehr München die Rückwirkungen einer großflächig verfügbaren Ladeinfrastruktur auf die Nutzung von Elektrotaxis und elektrischen on demand mobility Services analysiert. Zur Erhöhung der Nutzbarkeit wird eine Verfügbarkeitsprognose anhand des Mobilitätsbedarfs erstellt.

Die Universität der Bundeswehr München übernimmt zum einen die wissenschaftliche Begleitforschung im Rahmen des Teilprojekts „Errichtung von öffentlicher Ladeinfrastruktur“.

tur durch einen oder mehrere private Anbieter“. Die geplanten Arbeitsinhalte umfassen die Modellierung der Ladenachfrage und die Optimierung der Ladeinfrastrukturplanung, sowie die Entwicklung von **Verfügbarkeitsprognosen und** Reservierungs- und Preismodellen zur intelligenten Steuerung der Ladevorgänge. Ziel ist es, durch eine intelligente Positionierung, sowie durch Verfügbarkeitsprognosen und Reservierungsmöglichkeiten, Ladevorgänge optimal zu steuern und die Akzeptanz für Elektromobilität zu erhöhen. Die Forschung erfolgt in enger Zusammenarbeit mit der Landeshauptstadt München. Insbesondere fließen wissenschaftliche Ergebnisse in das Vergabeverfahren der Landeshauptstadt München ein und die entsprechenden Reservierungs- und Preismodelle werden im Reallabor getestet. **Die Auswirkungen auf die Nutzung der Ladeinfrastruktur und das Routenwahlverhalten von Elektroautonutzern werden analysiert.**

Den wissenschaftlichen Rahmen um die zwei Teilprojekte des Gesamtvorhabens spannt eine Analyse der Ist-Situation in der Stadt München, sowie die gesamthafte Betrachtung der Netzurückwirkungen und NO_x-Emissionen bzw. NO₂-Immissionen, die von der Universität der Bundeswehr München und der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. durchgeführt werden.

Die geplanten Arbeitsinhalte der Universität der Bundeswehr München im Rahmen der Ist-Analyse umfassen das Recherchieren und Auswerten von Daten zum Bestand der Ladeinfrastruktur und ihrer zeitlichen Auslastung und der Durchdringung von Elektrofahrzeugen. Die Analyse erfolgt in Zusammenarbeit mit allen Projektpartnern und die Ergebnisse werden allen Projektpartnern zur Verfügung gestellt. **Im Rahmen der Projekterweiterung werden zusätzlich Entwicklungen der öffentlichen und halböffentlichen Ladeinfrastruktur außerhalb des Projektrahmens sowie Verflechtungen in die Region München und Auswirkungen auf dynamische Mobilitätsdienste untersucht.** Zur Analyse der NO_x-Emissionen erweitert die Universität der Bundeswehr München ein bestehendes Verkehrssimulationsmodell, sodass aktuelle Verkehrsmanagement- und Infrastrukturmaßnahmen abgebildet sind und verschiedene Fahrzeugklassen definiert werden können. Die Bewertung der Emissionen erfolgt mittels der Entwicklung eines Emissionsmodells und dessen Verknüpfung mit der Verkehrsmikrosimulation. Die Simulationsarchitektur wird in Kooperation mit der Landeshauptstadt München und die zu untersuchenden Szenarien werden in Kooperation mit der Technischen Universität München definiert. Die Bewertung der Umweltwirkungen erfolgt in Zusammenarbeit mit dem von der Landeshauptstadt München beauftragten Gutachter, der für die Bewertung der NO₂-Immissionen zuständig ist.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. konzentriert sich im Rahmen dieses Forschungsvorhabens auf die Betrachtung der Rückwirkungen der Ladeinfrastruktur auf das Stromnetz. Hier wird im AP2 der Universität der Bundeswehr München im ersten Schritt eine Ist-Analyse durchgeführt und der Status quo bewertet. Im Weiteren werden unter anderem basierend auf im Projekt erhobenen Daten der Technischen Universität München Modelle zur Abbildung von verschiedenen Ladeinfrastrukturnutzungen entwickelt. Betrachtete Nutzungsfälle sind das Laden zu Hause, am Arbeitsplatz oder an öffentlichen Plätzen. Basierend auf diesen Modellen und eigenen Vorarbeiten bewertet die Forschungsstelle für Energiewirtschaft die Netzurückwirkungen. Für die Ermittlung der Netzbelastungen wird das an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft vorhandene Verteilnetzsimulationsmodell GridSim erweitert und angewendet. Abschließend werden Lösungsmöglichkeiten zur Behebung von Netzengpässen aufgezeigt.

Abgerundet werden die Tätigkeiten der Forschungsstelle für Energiewirtschaft durch die Unterstützung des Arbeitspakets „1.0 Partizipation, Vernetzung und Verbreitung“, welches von der Landeshauptstadt geleitet wird.

Einen Überblick über die Arbeitsteilung im Verbund zeigt zudem das Schaubild in Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“.

5.2 Darstellung der Projektpartner

Das Konsortium unter der Führung der Landeshauptstadt München zeichnet sich durch eine langjährige vertrauensvolle und partnerschaftliche Zusammenarbeit u. a. im Rahmen des „Integrierten Handlungsprogramms zur Förderung der Elektromobilität in München“ (IHFEM) und in vorhergehenden (Forschungs-)Projekten wie dem Projekt „E-Plan München“ aus.

Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt (Verbundkoordinator)

Das Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München wurde mit Beschluss der Vollversammlung des Stadtrates am 20.05.2015 mit der Umsetzung des „Integrierten Handlungsprogramms zur Förderung der Elektromobilität in München (IHFEM)“ beauftragt (SV-Nr. 14-20 / V 02722). Bereits zuvor hatte das Referat seit 2013 im Rahmen des Schaufensterprojektes „E-Plan München“ („Elektromobilität verbindet Bayern Sachsen“) der Bundesregierung die Konsortialführerschaft inne. Das Referat für Gesundheit und Umwelt verfügt daher über ein breit angelegtes Wissen und sehr viel Erfahrung bei der Entwicklung und Umsetzung von Elektromobilitätsmaßnahmen. Dies gilt sowohl für den Ausbau öffentlicher Ladeinfrastruktur, der in München derzeit sehr nachdrücklich als eine wesentliche IHFEM-Maßnahme umgesetzt wird, als auch für den privaten Bereich, in dem aus Mitteln des Förderprogramms Elektromobilität „München mobil“ der Landeshauptstadt München die Anschaffung von Lademöglichkeiten finanziell unterstützt wird. Eine Darstellung der Abgrenzung zwischen den bisherigen Ladeinfrastrukturmaßnahmen und den Maßnahmen des vorliegenden Vorhabens erfolgt im Abschnitt „Gesamtziel des Vorhabens“.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) ist als gemeinnütziger Verein eine unabhängige Institution, die sich auf wissenschaftlicher Grundlage mit energietechnischen und energiewirtschaftlichen Fragen befasst. Ihre Tätigkeitsbereiche umfassen unter anderem die Bereiche Erzeugung und Markt, Mobilität, Speicher und Netze sowie Ressourcen und Klimaschutz. Durch das große Netzwerk der Forschungsstelle für Energiewirtschaft kann sichergestellt werden, dass die Projektergebnisse schnell Anwendung finden und dem Ziel des Vorhabens „Saubere Luft“ Rechnung getragen wird.

In ihrer knapp 70jährigen Geschichte hat sich die Forschungsstelle für Energiewirtschaft fundiertes Wissen über das deutsche Energiesystem, die Anforderungen der Elektromobilität wie auch der Netzintegration erworben. In den vergangenen Jahren hat sie zahlreiche Projekte (siehe Kapitel 2.2 „Bisherige eigene Arbeiten“) im Bereich Elektromobilität und zukünftige Stromnetze, sowie an der Schnittstelle dieser Themenbereiche durchgeführt und eine breite Wissensbasis aufgebaut.

Durch zahlreiche Projekte hat die Forschungsstelle für Energiewirtschaft einen engen, vertrauensvollen Umgang mit dem für München zuständigen Netzbetreiber aufgebaut.

Auf diese Weise kann auch im hier beantragten Vorhaben, in dem der Fokus der Forschungsstelle für Energiewirtschaft Tätigkeiten auf der Simulation und Bewertung der Netzzurückwirkungen liegt, auf relevante Netzdaten zurückgegriffen werden.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

Der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik besitzt aktuell fünf thematische Arbeitsfelder: Fahrerassistenz und Sicherheitssysteme, Fahrzeugkonzepte, Fahrdynamik und Regelsysteme, Komponenten von Elektrofahrzeugen sowie Smarte Mobilität. Ein Schwerpunkt des Instituts ist der Bereich der Elektromobilität. Zusätzlich zum elektrisch angetriebenen Fahrzeug werden weitergehende Rahmenbedingungen, bspw. notwendige Ladeinfrastruktur und die Wirtschaftlichkeit von Fahrzeugflotten untersucht. Als Koordinator von zahlreichen großangelegten Flottenversuchen in der Modellregion München besitzt der Lehrstuhl Erfahrung in der Sammlung und der Analyse großer Datenmengen. Aufgrund dieser vergangenen Projekte kann auf eine ausgebaute Serverinfrastruktur und Toolandschaft zur Speicherung, Analyse und Verarbeitung von GPS-Trajektorien und weiteren Messdaten zurückgegriffen werden. Die Zusammenarbeit der Technischen Universität München mit der Handwerkskammer für München und Oberbayern wird hauptsächlich im direkten Kontakt mit den Fahrzeugnutzern, Eigentümern und Gewerbebetreibern bestehen. Hierbei kann die Technische Universität München auf die Projekterfahrung und Beratungskompetenz der bereits zertifizierten „Berater/innen für Elektromobilität (HWK)“ zurückgreifen und so die Zusammenarbeit möglichst effizient und professionell gestalten. Des Weiteren kann beidseitig auf einen breiten Erfahrungsschatz aus der langjährigen Zusammenarbeit im Bereich der Aufzeichnung und Auswertung von GPS-Fahrprofilen aufgebaut werden.

Universität der Bundeswehr, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung

Das Institut für Verkehrswesen und Raumplanung verfügt über eine umfangreiche Expertise im Bereich Ladeinfrastruktur und Elektromobilität. Im Rahmen zahlreicher abgeschlossener Projekte wurden bereits verschiedene Aspekte der Elektromobilität erforscht. Dazu gehört das Schaufensterprojekt „E-Plan München“ unter Leitung der Landeshauptstadt München, in dem ein Masterplan für den Aufbau von Ladeinfrastruktur in urbanen Räumen entwickelt wurde. Dabei wurden auch verschiedene Ladetechnologien umfassend analysiert. In weiteren Projekten wurden Betreiberkonzepte für erfahrungsspezifische Elektromobilitätsdienstleistungen analysiert, verkehrsabhängige Routenvorschläge und optimale Ladestrategien auf Langstreckenfahrten erstellt und elektromobilitätsfördernde Maßnahmen, wie zum Beispiel die Freigabe von Busspuren für Elektrofahrzeuge untersucht. Federführend ist die Universität der Bundeswehr München für die Analyse der Ladeinfrastruktur und der Nachfrage in AP 2.0, sowie für die Begleitforschung in AP 4.4 und die Wirkungsforschung auf Straßenebene in AP 5.2 tätig.

5.3 Zusammenarbeit mit Dritten (assoziierte Partner)

Handwerkskammer für München und Oberbayern (HWK), Referat Sonderprojekte E-Mobilität

Beauftragte für Innovation und Technologie der Handwerkskammer für München und Oberbayern engagieren sich seit 2009 in Beratung und Weiterbildung zum Thema Elektromobilität. Kompetenzaufbau erfolgte in den Förderprojekten „Virtuelle Elektromobilität im Taxi- und Gewerbeverkehr München“ (VEM; IKT-II) und „Smart Advisor“ (Schaufenster Elektromobilität verbindet Bayern-Sachsen). In den letzten Jahren wurde die Fortbildung von Fachexperten zu „Berater/innen für Elektromobilität (HWK)“ erfolgreich am Weiterbildungsmarkt platziert. Die Methodenentwicklung im Bereich Mobilitätsanalysen konnte in Kooperation mit der Technischen Universität München fortgesetzt werden. Zahlreiche Beratungsprojekte wurden durchgeführt. Diese Aktivitäten werden durch die Landeshauptstadt München bezuschusst.

Das Referat Sonderprojekte E-Mobilität der Handwerkskammer für München und Oberbayern wird bereits zertifizierte und in Fortbildung befindliche „Berater/innen für Elektromobilität (HWK)“ projekthaft in die Aktivitäten des vorgeschlagenen Projektes einbinden und Mitgliedsbetriebe motivieren, sich aktiv am Aufbau von Ladeinfrastruktur zu beteiligen. Diese Beratung erfolgt im Rahmen der täglichen Praxis; Personal- oder Sachkosten werden seitens der Handwerkskammer nicht geltend gemacht. Der Aufbau von Ladeinfrastruktur in Wohnbau und Gewerbe München wird ohne projekthafte Beratung und substantielle Förderung im beabsichtigten Umfang nicht darstellbar sein.

Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern (IHK)

Die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern engagiert sich in der Elektromobilität seit 2009 in der Beratung ihrer Mitgliedsunternehmen (ca. 400.000) und in der Weiterbildung über die IHK-Akademie. Die Organisation von Präsentationsmöglichkeiten für Fachunternehmen auf der internationalen Fachmesse für Elektromobilität eCarTec über eigene Messestände, die Unterstützung von Herstellern bei der Entwicklung von E-Fahrzeugen für den städtischen Wirtschaftsverkehr sind einige wenige Aktivitäten der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern in Sachen Elektromobilität. Das spezielle Referat der Industrie- und Handelskammer für Elektromobilität entwickelt fortlaufend neue Beratungstools für den Einstieg von Unternehmen in die Materie der Elektromobilität. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang das IHK-Canvas Elektromobilität, das zwischenzeitlich weit über die Industrie- und Handelskammer hinaus große Beachtung und Einsatz findet. Die Unterstützung eines örtlichen Busunternehmers gemeinsam mit der Landeshauptstadt München beim Umbau eines Münchner Sightseeingbusses auf Elektroantrieb ist das jüngste Produkt aus der engen Zusammenarbeit von Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern, Stadt München und Unternehmen im Bereich Elektromobilität.

Der zügige Ausbau von Ladeinfrastruktur im privaten und öffentlichen Raum ist derzeit eines der zentralsten Themen mit denen sich die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern befasst. In diesem Zusammenhang hat sie vor wenigen Monaten einen eigenen Arbeitskreis unter der Leitung eines mittelständischen Unternehmers gegründet, der sich intensiv um den Aufbau von Ladeinfrastruktur an den Unternehmensstandorten für Mitarbeiter und Kunden kümmert. Die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern unterstützt nach Kräften auch die Schaffung von

Lademöglichkeiten für Fahrzeugbesitzer, die über keinen Ladepunkt am eigenen, privaten Parkplatz verfügen. Dies ist aus ihrer Sicht ein ganz entscheidender Schlüssel um die Reichweitenangst zu bekämpfen und damit die schnelle Verbreitung von Elektrofahrzeugen nachhaltig zu fördern. Der schnelle Aufbau von Ladeinfrastruktur ist auch für das ortsnahe Laden von E-Car-Sharing-Fahrzeugen im Stadtgebiet München von größter Bedeutung.

Die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern wird keine Personal- und Sachkosten geltend machen. Der Aufbau von Ladeinfrastruktur im Wohn- und Gewerbebau sowie insbesondere auch im öffentlichen Raum für den Kunden- und Wirtschaftsverkehr wird ohne projekthafte Umsetzung und substanzielle Förderung nicht in der dringend notwendigen Geschwindigkeit zu realisieren sein. Dies ist jedoch zwingend notwendig, um die Luftqualität in München schnellstmöglich so zu verbessern, dass Fahrverbote verhindert werden können.

6 Notwendigkeit der Zuwendung

Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt (Verbundkoordinator)

Der Installation von Lademöglichkeiten in Wohngebäuden (z.B. Mietshäusern) und Parkhäuser stehen derzeit wesentliche rechtliche Hemmnisse gegenüber, verursacht durch das WEG-Gesetz in seiner aktuell gültigen Fassung. Neben rechtlichen spielen auch wirtschaftliche Belange eine tragende Rolle bei der bisherigen Zurückhaltung bei der Ausstattung von Wohngebäuden und Parkhäusern, aber auch bei Firmenparkplätzen mit Ladeinfrastruktur, da die hierfür benötigte Vorrüstung wie Stromanschluss, Verkabelung und Dimensionierung des Hausnetzanschlusses häufig nicht vorhanden ist. Die Entwicklung und Umsetzung des vorgesehenen Förderprogramms „Laden in München“ für großmaßstäbliche Ladeinfrastrukturprojekte kann aus städtischen Mitteln nicht geleistet werden und bedarf daher einer Förderung durch den Bund.

Zu einem sachgerechten und rechtssicheren Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum durch Private ist zum einen umfassendes fachliches Wissen (etwa die Gewährleistung der Interoperabilität von Ladesystemen, die Bewertung von Geschäftsmodellen für Elektro-Ladeinfrastruktur, marktübliche Absicherungsregelungen für den Fall einer Insolvenz respektive der Haftung im Schadensfall, marktübliche Regelungen zur Standortbestimmung und die Verknüpfung mit einer Sondernutzungserlaubnis betreffend) erforderlich, das auf langjähriger Erfahrung in den einzelnen Teilbereichen aufbaut. Zum anderen ist auch ein profundes, in der Praxis vertieftes rechtliches Wissen zu einer Vielzahl von Aspekten spezialgesetzlicher Regelungen (insbesondere Energiewirtschaftsrecht, Mess- und Eichrecht, Konzessionsrecht sowie Straßen- und Wegerecht und Projektfinanzierungsrecht einschließlich Insolvenzrecht) sowie ihrem Zusammenspiel im Kontext des rechtlichen Neulands des Ladeinfrastrukturausbaus unverzichtbar, um ein Gelingen des Vorhabens sicherzustellen. Erforderlich ist damit letztlich eine Bündelung von praxiserprobtem Fachwissen mit rechtlichem Spezialwissen für die gesamte Infrastruktur-Vergabe.

Dieses gebündelte Spezialwissen auf dem neuen Gebiet des Ladeinfrastrukturausbaus fehlt in sämtlichen Kommunen, mit welchen dazu gesprochen wurde - so auch bei der Landeshauptstadt München – und lässt sich auch nicht kurzfristig aufbauen. Dies stellt regelmäßig einen Hemmschuh dar, welche Kommunen davon abhält, derartige Projekte zu realisieren.

Vor diesem Hintergrund kann das Teilvorhaben der Landeshauptstadt München nur mit externer Unterstützung sowie der beantragten personellen und finanziellen Ressourcen erfolgen. Der dabei erarbeitete Leitfaden zum Förderprogramm „Laden in München“ sowie die erarbeitete Musterdokumentation können andere Kommunen ausgehend von praxiserprobten und realen Erfahrungen bei dem Aufbau und der Umsetzung eines Förderprogramms für Ladeinfrastruktur sowie bei dem Aufbau von Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum durch Private unterstützen.

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. ist ein gemeinnütziger Verein ohne Grundfinanzierung. Da dieser kaum Eigenkapital besitzt, können nur Projekte bearbeitet werden die vorrangig gefördert werden. Die Personalkosten werden regelmäßig vom Finanzamt geprüft und festgestellt. Sie entsprechen denen anderer Forschungsinstitute ohne Grundfinanzierung.

An der Forschungsstelle für Energiewirtschaft werden Lösungen erarbeitet, die wissenschaftliche Fragestellungen energieträgerneutral, ganzheitlich und damit im hohen Maße zukunftsorientiert betrachten. Projekte – wie das Vorhaben „München elektrisiert“ - welche keinen unmittelbaren wirtschaftlichen Nutzen für mögliche Drittmittelgeber versprechen, werden von der Wirtschaft nur mit Zurückhaltung unterstützt. Die Arbeitspakete der Forschungsstelle für Energiewirtschaft können daher ohne eine Zuwendung durch den Fördermittelgeber nicht bearbeitet werden.

Im hier beantragten Teilvorhaben „Bewertung der Netzbelastungen durch die Ladeinfrastruktur“ des Projekts „München elektrisiert“ erfolgt insbesondere die Bewertung der Netzurückwirkungen der zu erwartenden Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge aus wissenschaftlicher Sicht. Dabei werden im Projekt die Ergebnisse mit Hilfe eines weiterzuentwickelnden ganzheitlichen Energiesystemmodell für das Verteilnetz („GridSim“) erarbeitet. Die Ergebnisse werden im Anschluss veröffentlicht und stehen der Allgemeinheit kostenfrei zur Verfügung.

Die im Teilvorhaben zu erarbeitenden Fragestellungen, über die sich direkt die von der Volkswirtschaft aufzubringenden Kosten für den Umbau der Versorgungsinfrastruktur ermitteln lassen, haben gesellschaftspolitische Relevanz und sind daher von hohem allgemeinem Interesse.

Aufgrund des innovativen Ansatzes und der Entwicklung von anschließend frei verfügbaren wissenschaftlichen Methoden und Erkenntnissen ist das Projekt als grundlegende Forschung mit großem gesellschaftlichem Mehrwert sowie politischer und wirtschaftlicher Relevanz anzusehen. Unter anderem durch das erst kürzlich beschlossene Klimaabkommen von Paris wird der Weg der Bundesregierung hin zu einer ressourcenschonenden und dekarbonisierten Zukunft des Energiesystems nun auch international bestätigt und konsequent weiter verfolgt. Die Ergebnisse des geplanten Projekts „München elektrisiert“ sollen zeigen, wie Netzengpässe im Kontext des schnellen Aufbaus von Ladeinfrastruktur vorhergesehen werden können und wie damit umgegangen werden kann.

Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

In diesem Projekt wird zum ersten Mal die flächendeckende Umsetzung von Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastrukturlösungen in Wohngebäuden, in öffentlich zugänglichen Parkhäusern sowie in Gewerbebetrieben wissenschaftlich untersucht. Für die Realisierung von Low Cost- und Mobile Metering-Ladeinfrastruktur im Zusammenhang mit Wohngebäuden, öffentlich zugänglichen Parkhäusern und Gewerbebetrieben existieren bisher nur wenige Erfahrungswerte. Die Projektpartner betreten auf diesem Gebiet wissenschaftliches Neuland. Zusammen mit dem hohen personellen Einsatz seitens der Universität zur Umsetzung des Vorhabens stellt die Umsetzung ein Risiko dar. Dies macht eine Finanzierung von öffentlicher Hand erforderlich.

Universität der Bundeswehr, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung

Da die Universität der Bundeswehr München das vorliegende Teilvorhaben nicht aus eigenen Mitteln finanzieren kann, sind die Zuwendungen zur Unterstützung des Teilvorhabens erforderlich. Letztlich handelt es sich bei diesem Projekt um ein Projekt mit großer Bedeutung für die Verbesserung der Luftqualität in deutschen Städten. Die Forschungsarbeiten der UniBw sind notwendig, um das Gesamtziel des Verbundes zu erreichen. Auch wenn für das dargestellte Projekt starkes Forschungsinteresse besteht, ist eine Bearbeitung nur im Rahmen der beantragten Finanzierung durchführbar. Für die Durchführung der Tätigkeiten des Teilvorhabens müssen an der Universität der Bundeswehr München zusätzliche wissenschaftliche Mitarbeiter eingestellt werden. Eine Finanzierung dieser zusätzlichen Beschäftigten und der weiteren im Rahmen dieses Vorhabens erforderlichen Ausgaben sind der Universität aus eigenen Mitteln nicht möglich. Die Durchführung der beschriebenen Tätigkeiten setzt deshalb die Förderung durch öffentliche Mittel voraus.

7 Kostentrennungserklärung

Eine Kostentrennungserklärung wird abgegeben von:

- Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.
- Technische Universität München
- Universität der Bundeswehr München

8 Literaturverzeichnis

- [1] J. Trumpold *et al.*, "MENDEL: Minimum load of electrical networks caused by charging operations of electric buses," 2017.
- [2] L. Schnieder *et al.*, "Minimale Belastung elektrischer Netze durch Ladevorgänge von Elektrobussen," Mar. 2016.
- [3] H. Büchter and S. Naumann, "Charging Electrically Driven Buses Considering Load Balancing in the Power Grid," Springer, Cham, 2018, pp. 124–132.
- [4] H. Büchter and S. Naumann, "A Hybrid Planning Method for Charging Infrastructure for Electrically Driven Buses in Public Transportation," Springer, Cham, 2017, pp. 175–185.
- [5] "sMobilityCOM." [Online]. Available: <http://www.smobility.net/>. [Accessed: 18-Jun-2018].
- [6] B. D. Gmbh, K. Ag, H. Zittau-görlitz, and A. Henning, "INTELLAN – intelligente Ladeinfrastruktur mit Netzintegration - Abschlussbericht," 2015.
- [7] K. Dallmer-Zerbe, T. Stillahn, T. Erge, B. Wille-Haussmann, and C. Wittwer, "Analysis of the Exploitation of EV Fast Charging to Prevent Extensive Grid Investments in Suburban Areas," *Energy Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 54–63, Jan. 2014.
- [8] F. Mierau, M.; Noeren, D.; Becker, "Potential der Ladung von Elektrofahrzeugen durch Photovoltaikenergie im Privathaushalt," p. 40, 2014.
- [9] V. Ag, F. Iwes, L. Se, and S. M. A. T. Ag, "Intelligente Netzanbindung von Elektrofahrzeugen zur Erbringung von Systemdienstleistungen," vol. 1015, pp. 1–105, 2015.
- [10] P. Gagnol, P. Jochem, M. Pierre, and W. Fichtner, "CROME: The French and German field demonstration of the interoperable mobility with EVs," in *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)*, 2013, pp. 1–8.
- [11] P. Jochem, *Cross-border Mobility for Electric Vehicles: Selected results from one of the first cross-border field tests in Europe* *Cross-border Mobility for Electric Vehicles Selected results from one of the first cross-border field tests in Europe*, no. May 2017. crome, 2016.
- [12] H. V. Gmbh, "hh=more - Abschlussbericht," pp. 1–39, 2011.
- [13] D. Hall and N. Lutsey, "Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure," no. October, pp. 1–54, 2017.
- [14] DKE/AK EMOBILITY.60, *Der Technische Leitfaden - Ladeinfrastruktur Elektromobilität*, 2nd ed., vol. 2. BDEW, DKE, ZVEH, ZVEI, 2015.
- [15] IET Standards Limited, *IET code of practice on electric vehicle charging equipment installation*, 2nd ed. IET Standards, 2013.
- [16] Kindl, A., Luchmann, I. and N. Szabo, "SIMONE Bedarfsorientiertes Verfahren zur Planung von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur". *Leitfaden. Gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Förderkennzeichen 03EM0605B*, 2015.
- [17] Brost, W., Funke, T. and R. Philipsen, "Calculation of potential for setting up charging infrastructure for battery-powered electric vehicles – Focusing on the calculation of potential according to the urban quarter level". *mobil.TUM 2018 International Scientific Conference on Mobility and Transport: Urban Mobility – Shaping the Future Together*, 2018.
- [18] Michaelis, J., Gnann, T. and A.-L. Klingler, "How much charging infrastructure is needed and how does it affect the load shift potential of electric vehicles?", *EVS30 Symposium Stuttgart, Germany, October 9-11, 2017*.

- [19] Gnann, T., Plötz, P., Globisch, J., Schneiderr, U., Dütschke, E., Funke, S., Wietschel, M., Jochem, P., Heilig, M., Kagerbauer, M. and M. Reuter-Oppermann, "Öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge". *Ergebnisse der Profilvereinigung Mobilitätssysteme Karlsruhe*, 2017.
- [20] Jung, J., Chow, J., Jayakrishnan, R. and J. Park, "Stochastic dynamic itinerary interception refueling location problem with queue delay for electric taxi charging stations". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2014, Vol. 40, pp. 123-142.
- [21] Mehar, S., Senouci, S. and G. Remy, "EV-planning: Electric vehicle itinerary planning", *2013 IEEE International Conference on Smart Communications in Network Technologies (SaCoNeT)*. pp. 1-5, 2013.
- [22] Wang, T., Cassandras, C. and S. Pourazarm, "Energy-aware Vehicle Routing in Networks with Charging Nodes", *19th World Congress of the International Federation of Automatic Control*, 2014.
- [23] Rigas, E., Ramchurn, S., Bassiliades, N., Koutitas, G., "Congestion management for urban EV charging systems", *2013 IEEE International Conference on Smart Communications in Network Technologies (SmartGridComm)*, pp. 121-126, 2013.
- [24] Wang, S., Bi, S. Jun, Zhang, Y. and J. Huang, "Electrical Vehicle Charging Station Profit Maximization: Admission, Pricing, and Online Scheduling", *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2017.
- [25] Xiong, Y., Gan, J., An, B., Miao, C. and Y. Soh, Y. (2016). "Optimal Pricing for Efficient Electric Vehicle Charging Station Management", *Proceedings of the 15th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2016)*, May 9-13, 2016, Singapore.
- [26] Michaelis, J., Helm, H., Noeren, D., Dallmer-Zerbe, K., Gnann, T., Haendel, M., Reinhard, C. and S. Marwitz, "Energie und Umwelt. Elektromobilität in Baden-Württemberg im Jahr 2030"
- [27] Gerstenberger, M., Listl, G. and T. Nagel, "Impact analysis of traffic management measures to reduce the NO2 immissions", *mobilit.TUM 2018 International Scientific Conference on Mobility and Transport: Urban Mobility – Shaping the Future Together*, 2018.
- [28] INFRAS, "Handbook emission factors for road transport (HBEFA) Version 3.2", *INFRAS on behalf of the Federal Environmental Agency*, July 2014, Bern.
- [29] Landeshauptstadt München, "Integriertes Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München (IHFEM 2015)", *Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 02722 vom 20.05.2015*. URL: https://www.ris-muenchen.de/Ril/Ril/ris_vorlagen_detail.jsp?risid=3614869 (Abruf 22.06.2018)
- [30] Landeshauptstadt München, "Integriertes Handlungsprogramm zur Förderung der Elektromobilität in München (IHFEM 2018)", *Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 08860 vom 26.07.2018*. URL: https://www.ris-muenchen.de/Ril/Ril/ris_vorlagen_detail.jsp?risid=4468341 (Abruf 22.06.2018)
- [31] Dronia, Michael; Fischhaber, Sebastian; Gallet, Marc; Müller, Mathias; Mauch, Wolfgang Prof. Dr.-Ing.; Kerber, Georg Dr.-Ing.; Schaarschmidt, Kathrin, et al: Lademanagement an Park and Ride Parkplätzen: Endbericht. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2017
- [32] Mauch, Wolfgang Prof. Dr.-Ing.; Nobis, Philipp Dipl.-Ing.; Pellingner, Christoph Dipl.-Phys.; Staudacher, Thomas Dipl.-Phys.; Hener, Heinrich; Knodt, Janina; Koppelt, Kristoffer; Schwerd, Stephan; Pfrogner, Magnus; Müntz, Christopher; Wimmer, Patrick: eFlott - Wissenschaftliche Analysen zur Elektromobilität. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2011

- [33] Nobis, Philipp; Fischhaber, Sebastian; Samweber, Florian: e-GAP: Smart Grid – Basis einer elektromobilen Zukunft. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) , 2015
- [34] Samweber, Florian; Nobis, Philipp; Wachinger, Kristin; Köppl, Simon; Gallet, Marc; Fischhaber, Sebastian; Staudacher, Thomas: Sun2Car@GAP - Endbericht. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2014
- [35] Köppl, Simon; Samweber, Florian; Müller, Mathias et al: Projekt MONA 2030: Grundlage für die Bewertung von Netzoptimierenden Maßnahmen - Teilbericht Basisdaten. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2017
- [36] Nobis, Philipp: Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Analyse der Netzstabilität in Wohngebieten mit Elektrofahrzeugen, Hausspeichersystemen und PV-Anlagen. Dissertation. München: Technische Universität München - Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, 2016
- [37] Samweber, Florian: Systematischer Vergleich Netzoptimierender Maßnahmen zur Integration elektrischer Wärmeerzeuger und Fahrzeuge in Niederspannungsnetze. München: Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU München, 2017
- [38] "WATE - Webbasieretes Analyse-Tool Elektromobilität." [Online]. Available: <https://www.ftm.mw.tum.de/forschungsfelder/smarte-mobilitaet/wate-webbasieretes-analyse-tool-elektromobilitaet/>. [Accessed: 19-Jun-2018].
- [39] J. Betz, T. Scholz, and M. Lienkamp, "Evaluation of the potential of integrating battery electric vehicles into the energy structure of a commercial company," in *2016 IEEE Smart Energy Grid Engineering (SEGE)*, 2016, pp. 301–307.
- [40] J. Betz, S. Prottung, and M. Lienkamp, "An evaluation of the car-free city potential for the city of Munich regarding mobility data," in *2017 Twelfth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, 2017, pp. 1–6.
- [41] B. Jäger, C. Hahn, and M. Lienkamp, "An Evolutionary Algorithm for an Agent-Based Fleet Simulation Focused on Electric Vehicles," in *2016 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 2016, pp. 457–464.
- [42] B. Jäger and M. Lienkamp, "Smartphone-basierte Energieverbrauchssimulation für Elektrofahrzeuge.," *Conf. Futur. Automot. Technol. - Focus Electromobility*, 2014.
- [43] J. Betz, D. Werner, and M. Lienkamp, "Fleet Disposition Modeling to Maximize Utilization of Battery Electric Vehicles in Companies with On-Site Energy Generation," *Transp. Res. Procedia*, vol. 19, pp. 241–257, Jan. 2016.
- [44] J. Betz and M. Lienkamp, "Approach for the development of a method for the integration of battery electric vehicles in commercial companies, including intelligent management systems," *Automot. Engine Technol.*, vol. 1, no. 1–4, pp. 107–117, Dec. 2016.
- [45] B. Jäger, M. Wittmann, and M. Lienkamp, "Analyzing and Modeling a City's Spatiotemporal Taxi Supply and Demand: A Case Study for Munich," *6th Int. Conf. Traffic Logist. Eng. (ICTLE 2016)*, 2016.
- [46] M. Kugler, C. Frank, S. Osswald, M. Miramontes, and J. Kinigadner, "sun2car@GAP - Abschlussbericht," 2016.
- [47] M. Kugler and M. Lienkamp, "Development of a Mobility Demand Model for Private Usage under Non-Urban Conditions," *20th Eur. Conf. Mobil. Manag. – ECOMM 2016*, vol. 2016, no. June.
- [48] M. Kugler, S. Osswald, C. Frank, and M. Lienkamp, "Assessment of Electromobility in Non-Urban Environments," *Conf. Futur. Automot. Technol.*, no. October, 2015.
- [49] M. Wittmann et al., "A holistic framework for acquisition, processing and evaluation of vehicle fleet test data," in *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2017, pp. 1–7.

- [50] B. Jäger, F. M. M. Agua, and M. Lienkamp, "Agent-based simulation of a shared, autonomous and electric on-demand mobility solution," in *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2017, pp. 250–255.
- [51] Huber, G. and K. Bogenberger, „Long-Trip Optimization of Charging Strategies for Battery Electric Vehicles”. *Transportation Research Board, 94th Annual Meeting, Compendium of Papers, Washington DC, 2015*.
- [52] Huber, G., Bogenberger, K. and H. Van Lint, "Concept for Estimating Energy Buffer Size for Battery Electric Vehicles to Account for Error-prone Traffic Predictions”. *Transportation Research Board, 95th Annual Meeting, Compendium of Papers, Washington DC, 2016*.
- [53] Niels, T., Gerstenberger, M., Bogenberger, K., Hessel, C., Gigl, A. and K. Wagner, „Model-based optimization of public charging infrastructure planning in rural areas”. *mobil.TUM 2018 International Scientific Conference on Mobility and Transport: Urban Mobility – Shaping the Future Together*.
- [54] Schüßler, M. and K. Bogenberger, „Schätzung der Anzahl von täglichen Ladevorgängen von Elektroautos in Stadtbezirken“. *In: HEUREKA 2014, S. 655-673, 2014*.
- [55] Schüßler, M., Niels, T. and K. Bogenberger, Model-based estimation of private charging demand at public charging stations. *European Journal of Transport and Infrastructure Research (EJTIR), No. 17, 2017*.
- [56] Schüßler, M. and K. Bogenberger, „Fusion of carsharing and charging station data to analyze behavior of free-floating carsharing bevs”. *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2015*.
- [57] Schüßler, M. and K. Bogenberger, „Capacity Utilization Simulation of Existing Charging Stations for Battery Electric Vehicles Based on a Stochastic Queuing Model”. *Transportation Research Board Annual Meeting 2016*.
- [58] Schüßler, M., Hecker, A. and K. Bogenberger, Development of charging infrastructure concepts based on city development plans using the examples of Munich and Beijing. *Conference on Future Automotive Technology (CoFAT), Munich, 2014*.
- [59] Schüßler, M., Evolutionäres kommunales Planungsverfahren Ladeinfrastruktur. *Dissertation, Universität der Bundeswehr München, 2017*.
- [60] Kessler, L. and K. Bogenberger, "Forecast of the Energy Consumption of BEV Based on Dynamic Traffic Information”. *mobil.TUM 2015 – International Scientific Conference on Mobility and Transport: Technologies, Solutions and Perspectives for Intelligent Transport Systems, 2015*.
- [61] Kessler, L. and K. Bogenberger, "Dynamic traffic information for electric vehicles as a basis for energy-efficient routing”. *mobil.TUM 2018 International Scientific Conference on Mobility and Transport: Urban Mobility – Shaping the Future Together, 2018*.
- [62] Kessler, L. and K. Bogenberger, „Mobility Patterns and Charging Behavior of BMW i3 Customers”. *2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2016*.