

Elektromobilität in Unternehmen - Schwerpunkte und Methoden der Forschung

Bettina Steden,¹ Jorge Marx Gómez²

Abstract: Die Relevanz alternativer Antriebe steigt. Auch für Unternehmen wird eine Abkehr von konventionellen Antrieben zunehmend interessant. Die bekannteste Alternative zu konventionellen Fahrzeugen stellt Elektromobilität dar. Die Möglichkeit, Elektromobilität in verschiedenen Unternehmen einzusetzen wurde folglich auch in der Forschung vielfach betrachtet. In diesem Paper wird daher mit Hilfe einer Literaturanalyse untersucht, wo die Forschungsschwerpunkte bei dem Einsatz von Elektromobilität liegen. Es kann gezeigt werden, dass fünf Themenschwerpunkte existieren. Dies sind zum einen Entscheidungsunterstützung und die Auswirkungen einer Elektrifizierung. Zum anderen werden die Akzeptanz von Elektromobilität, das Laden sowie das Potential, das Elektromobilität bietet, schwerpunktmäßig untersucht.

Keywords: Elektromobilität, Unternehmen, nachhaltige Mobilität

1 Einleitung

Elektromobilität gewinnt zunehmend an Bedeutung in Politik und Gesellschaft. So stiegen die Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen von 3 % im Januar 2020 auf 14 % im Dezember 2020 [Di]. Auch in Unternehmen steigt das Interesse, Fahrzeugflotten nachhaltiger zu gestalten. Die beschränkte Reichweite und die längere Ladedauer im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen erschwert jedoch den Umstieg auf Elektromobilität. Die Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Unternehmen wurden folglich auch in der Forschung vielfach betrachtet. Die untersuchten Unternehmen stammen dabei aus den verschiedensten Sektoren wie zum Beispiel dem städtischen Lieferverkehr oder dem öffentlichen Sektor.

In diesem Paper wird daher mittels einer Literaturanalyse dargestellt, wo die Forschungsschwerpunkte bei dem Einsatz von Elektromobilität liegen. Es sollen die folgenden Fragestellungen beantwortet werden: Welche Problemstellungen werden untersucht? Welche Methoden kommen schwerpunktmäßig zum Einsatz? Ein besonderer Fokus soll auf Veröffentlichungen gelegt werden, die Elektromobilität im praktischen Einsatz untersuchen. Auf diese Weise können Rückschlüsse auf die Herausforderungen bei der Einführung von Elektromobilität in Unternehmen gezogen werden.

¹ Universität Oldenburg, VLBA, Ammerländer Heerstraße 114-118, 26129 Oldenburg, Deutschland bettina.steden@uni-oldenburg.de

² Universität Oldenburg, VLBA, Ammerländer Heerstraße 114-118, 26129 Oldenburg, Deutschland jorge.marx.gomez@uni-oldenburg.de

1.1 Verwandte Arbeiten

In [GHR21] werden Forschungsergebnisse der Jahre 2016-2020 in dem Bereich der unternehmensbezogenen Mobilität betrachtet. Sie können feststellen, dass Forschungsschwerpunkte auf verkehrsplanerischen Ansätzen und politischen Anreizen sowie auf den Stakeholdern liegen. Die in [GHR21] untersuchte Literatur beschränkt sich jedoch nicht auf Elektromobilität. [Pa21] führen ein Literaturreview im Bereich der Last-Mile-Logistik durch, um die wesentlichen Fragestellungen und Herausforderungen bei der Einführung von Elektrofahrzeugen zu ermitteln. Sie identifizieren die drei Forschungsschwerpunkte Nachhaltigkeit, Politik und Optimierungsprobleme. In [Wa18] wird ebenfalls der Fokus der Literatur bei Elektromobilität im städtischen Lieferverkehr untersucht. Es zeigt sich, dass der Großteil der untersuchten Veröffentlichungen die Realisierbarkeit von Elektrofahrzeugen betrachtet, die Unterstützung von Stakeholdern hingegen deutlich seltener adressiert wird. [Ju16] führen ein Literaturreview durch, um die ökologischen sowie planerischen und operativen Herausforderungen bei der Nutzung von Elektromobilität zu identifizieren. Ein besonderer Fokus liegt hier auf Vehicle Routing Problemen.

2 Methodik

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde ein systematisches Literaturreview nach [Br15] durchgeführt. Die Datenbanken Scopus, Web of Science, Science Direct und IEEE wurden mit dem Suchbegriff „Elektromobilität“ in Verbindung mit „Unternehmen“, sowie Synonymen dieses Begriffs, durchsucht. Die Suchbegriffe und Ergebnisse können Tabelle 1 entnommen werden. Die in dieser Tabelle dargestellten Ergebnisse sind bereits gefiltert. Publikationen, die dem Titel nach nicht im Zusammenhang mit dem Thema „Elektromobilität in Unternehmen“ stehen, wurden zuvor aussortiert. So enthielten die Ergebnisse viele medizinische Publikationen, die ausgeschlossen werden konnten. Bezüglich der Erscheinungsjahre gibt es keine Einschränkung.

Von den Ergebnissen sind insgesamt 25 Paper mit in die weitere Analyse eingeflossen. Über eine Vorwärts- und Rückwärtssuche mit diesen Veröffentlichungen konnten 31 weitere relevante Publikationen identifiziert werden. Nach einer Analyse der Paper konnten induktiv Kategorien zur Einteilung dieser in Forschungsschwerpunkte gebildet werden.

Electromobility AND	Company	Car Fleet	Corporation	Business Enterprise	Business	Commercial
Scopus	11	9	0	1	4	8
Web of Science	2	4	0	1	2	5
Science Direct	3	6	1	2	0	13
IEEE Xplore	2	2	0	0	0	2

Tab. 1: Ergebnisse im Zusammenhang mit den Suchbegriffen nach Ausschluss irrelevanter Themen

2.1 Limitationen

Es gibt weit mehr Themenbereiche, die sich mit der Nutzung von Elektromobilität beschäftigen, als hier abgebildet werden können. Auf Grund der beschränkten Reichweite von

Elektrofahrzeugen bieten sich Vehicle Routing Probleme an. Da diese jedoch genug Umfang für eine eigenständige Literaturanalyse bilden, wurden Publikationen, die allein dieses Thema betrachten, nicht mit aufgenommen. Für ein Review in diesem Bereich siehe zum Beispiel [KDC21]. Ebenso kann hier nicht die Bandbreite der Veröffentlichungen abgedeckt werden, die sich allein mit Kostenvorteilen oder Unterschieden in den Treibhausgasemissionen beschäftigen. Bei der Auswahl der Paper wurden einzig Publikationen, die Carsharing Unternehmen betrachten, nicht weiter berücksichtigt, da diese Unternehmen nochmals eine besondere Struktur bieten. Davon abgesehen fand im Vorfeld keine Einschränkung auf bestimmte Unternehmen statt.

3 Ergebnisse

Veröffentlichung	Ziel
Entscheidungsunterstützung (9)	
[WBL19] [Kr21] [HE20], [Wq17], [KIM19] [Te22], [Ma22], [IL19] [Be15], [HE20], [KIM19], [Wq17]	Ganzheitliche Lösung zur Nutzung von Elektromobilität Hierarchie zur Elektrifizierung von Fahrzeugen Multikriterielle Entscheidungsanalyse Optimierung Fahrzeugpoolzusammenstellung Unterstützung des Planungsprozess
Potentiale und Herausforderungen (22)	
[Iw21] [Iw19], [An21], [QC21], [Vu21], [Di21], [Ga21] [Qu16], [FW15], [Jo20], [Wq17] [TKT16] [BL16], [FW15], [Iw19], [Fi18], [Be17], [KKR13], [Ga21], [WHA14], [Ro22], [Gn13] [Ch17], [KRZ16] [Ma16]	Effizienz elektrischer Transportfahrzeuge Hindernisse und Herausforderungen Nutzung Elektrofahrzeuge (EVs) Machbarkeit Nutzung EVs Operative Eignung EVs Potential der Integration von EVs Potential verschiedener Sektoren Technische Merkmale mit Einfluss auf Effizienz von EVs
Motivation und Akzeptanz (15)	
[GDS18], [Vu21] [Qu16], [KH14], [Gi19] [GDW18], [İÇK21], [Ka16], [Bo18] [SSKP21], [Vu21], [Si14] [KH14] [CK12] [Ja21], [Vu21], [LMV16], [Si14] [Mi19]	Akzeptanz von EVs Einstellung gegenüber der Nutzung von Elektromobilität Faktoren mit Einfluss auf Inanspruchnahme/Akzeptanz von EVs in Fahrzeugflotten Faktoren mit Auswirkung auf Interesse an alternativen Antrieben Identifikation von Early Adoptern Informationen auf Grundlage derer Kaufentscheidungen von Firmen getroffen werden Motivation Einführung EVs Projekte, um Nutzung Elektromobilität voranzubringen
Auswirkungen der Elektrifizierung (12)	
[MBC14], [Iw21] [MBC14] [Ts20], [Ar20] [Gh21] [Be15], [MBC14], [KKR13], [An20], [Bo18], [PP20], [BL16], [Ma18]	Auswirkung Nutzung von EVs auf die Energieeffizienz Auswirkung Nutzung von EVs auf den Verkehr Kostenvorteile EVs Minimierung Total cost of Ownership Ökonomische und ökologische Auswirkungen
Laden (8)	
[FFR20], [WBL19] [Ar20] [Ro22] [KHQ21], [Ma21] [Bo18] [Te22]	Analyse Ladeverhalten Effekte einer CO_2 Bepreisung Einfluss Ladeinfrastruktur auf Elektrifizierungspotential Ladestrategien, Simulation von Ladevorgängen Optimierung elektrischer Infrastruktur Vehicle to Grid Erlöse
Sonstiges (3)	
[Os14], [KO16] [Na21]	Carsharing zwischen verschiedenen Unternehmen Konzipierung und Umsetzung elektrisches Lieferfahrzeug

Tab. 2: Ergebnisse der Literaturanalyse

Die Ergebnisse stammen aus den Jahren 2012-2022, wobei ein Großteil seit 2019 erschienen ist, siehe Abbildung 2. Eine Einteilung der Ergebnisse nach Sektoren ist in Abbildung 1 dargestellt. Es wird insbesondere der städtische Lieferverkehr untersucht, da er sich durch planbare Strecken und kurze Wege auszeichnet. Eine ebenso große Rolle spielen allgemeine Firmenflotten.

Eine zusammenfassende Darstellung der Paper und deren Ziele ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Ergebnisse können hauptsächlich den Themenbereichen *Entscheidungsunterstützung*, *Auswirkungen der Elektrifizierung*, *Motivation und Akzeptanz*, *Laden* sowie *Potentiale und Herausforderungen* zugeordnet werden. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Themenbereiche anhand ausgewählter Publikationen näher erläutert. Es werden diejenigen Veröffentlichungen gewählt, die über Piloteinführungen oder reale Flottendaten das Vorgehen evaluieren. Dies ermöglicht eine Ableitung von Herausforderungen an eine Einführung von Elektromobilität.

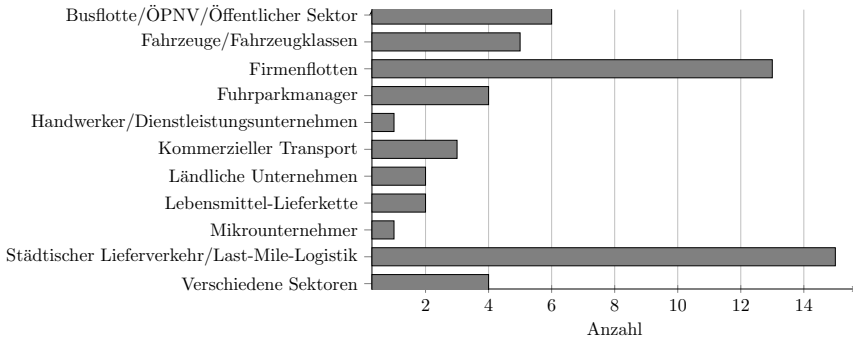


Abb. 1: Veröffentlichungen nach Sektoren (eigene Darstellung)

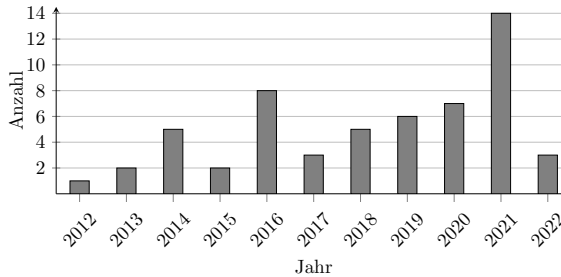


Abb. 2: Veröffentlichungen nach Erscheinungsjahren (eigene Darstellung)

Entscheidungsunterstützung. Der Themenbereich Entscheidungsunterstützung umfasst die Unterstützung des Planungsprozesses bei der Einführung von Elektromobilität sowie die Ermittlung der optimalen Poolzusammenstellung. Hierzu werden in erster Linie mathematische Modelle genutzt. Eine wichtige Rolle spielt die multikriterielle Entscheidungsunterstützung, da meist viele zum Teil konkurrierende Ziele und Kriterien betrachtet werden. So nutzen [Wą17, KIM19] multikriterielle Entscheidungsanalyse, um den Einsatz ausgewählter Fahrzeuge im Lieferverkehr zu bewerten. Die dort definierten Bewertungskriterien lassen sich in die Kategorien Leistung, Batterie, Motor und Anschaffungspreis einteilen. Zur Bewertung der Fahrzeuge anhand dieser Kriterien, werden Promethee II [BVM86] und TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) [PP18] genutzt. In Feldtests wurden [KIM19] mit dem Problem konfrontiert, dass nicht

alle Daten zu den aufgestellten Kategorien zur Verfügung stehen und demzufolge mit Durchschnittswerten gearbeitet werden muss. [HE20] nutzen zur Evaluation des Einsatzes von Elektromobilität in Busflotten ebenfalls TOPSIS. Bei der Anwendung des Ansatzes auf Busflotten verschiedener Metropolen stellen sie fest, dass vielfach keine klare Dominanz einer Handlungsalternative vorliegt.

Um die optimale Flottenzusammenstellung zu ermitteln, wenden [Ma22] auf zwei Flotten das stochastische Fleet-Size-and-Mix Problem an. Hierbei zeigen sich unterschiedliche Nutzungszeiten für Sommer und Winter, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen. [KKR13] entwickeln ein Simulationsmodell anhand dessen das Potential für die Nutzung von Elektromobilität in Unternehmensflotten ermittelt werden kann. Das Potential wird mittels zurückgelegter Strecken und der Zeit zwischen zwei Buchungen auf einem Fahrzeug bestimmt. Die praktische Anwendbarkeit dieses Ansatzes zeigt sich in der Umsetzung als Geschäftsmodell [Fr]. [WBL19] entwickeln in Form eines mehrstufigen Entscheidungsprozesses eine ganzheitliche Lösung zur Umstellung von konventionellen Fahrzeugflotten auf elektrische. In dem Entscheidungsprozess werden die technische, ökonomische und praktische Umsetzbarkeit von Elektromobilität untersucht. Angewendet auf eine konkrete Fahrzeugflotte mit Fahrstrecken zwischen 13 und 77 km kann ein hohes Potential, herkömmliche Fahrzeuge zu ersetzen, festgestellt werden.

Potentiale und Herausforderungen. Die Möglichkeit, Elektromobilität in Fahrzeugflotten zu integrieren, wird von einem großen Teil der Literatur adressiert. Dabei spielen vor allem technische Aspekte wie die Reichweite eine Rolle. Methodisch wird überwiegend mit Umfragen und Feldtests gearbeitet sowie Datenerhebungen genutzt [KRZ16, BL16, Jo20, Gn13]. In [Ch17] und [KRZ16] werden verschiedene Sektoren auf deren Eignung zur Nutzung von Elektromobilität untersucht. Dazu werden unter anderem Fahrzeuganzahl, tägliche Strecken und Fahrleistung bewertet. Die Sektoren Bauwesen und Gesundheitswesen sind in dieser Hinsicht besonders gut für einen Wechsel zu Elektromobilität geeignet. Auf Basis von Flottendaten 16 verschiedener Unternehmen können [Be17] ebenfalls zeigen, dass ein Großteil der Strecken mit Elektrofahrzeugen zurückgelegt werden kann. [Iw21] testen die Energieeffizienz des elektrischen Lieferfahrzeugs Nissan eNV2000 unter realen Bedingungen. Die zurückgelegten Strecken sind in diesem Anwendungsfall relativ kurz. Dadurch kann auch hier die Reichweite von Elektrofahrzeugen nicht als Hindernis identifiziert werden. [QC21] hingegen zeigen, dass die Reichweitenlimitation eine Barriere für Logistikunternehmen darstellt, deren Standort außerhalb der Stadt liegt. Über die Analyse des Fahrverhaltens und eine Auswertung gefahrener Strecken wird in [Fi18] analysiert, ob Elektrofahrzeuge im Handwerksverkehr eingesetzt werden können. Es zeigt sich, dass die verminderte Reichweite der Fahrzeuge im Winter ein Problem darstellt.

Informationslücken über technische Eigenschaften von Elektrofahrzeugen können von [Di21] in einer empirischen Studie unter Flottenmanagern festgestellt werden. Feldtests zeigen, dass über die Zeit die zurückgelegten Strecken zwischen zwei Ladungen gestiegen sind, was mit der gestiegenen Vertrautheit zu erklären ist [WHA14]. Auch [FW15] stellen fest, dass die Fahrer kein Bewusstsein über ihr eigenes Fahrverhalten haben, sodass das Elektrifizierungspotential vielfach unterschätzt wird. Im Unterschied zum Großteil der

Literatur betrachten [FW15] das Potential einer Elektrifizierung explizit für ländliche Unternehmen. Auswertungskriterien sind unter anderem der Zugang zu Ladeinfrastruktur, ökologisches und ökonomisches Potential, das Fahrverhalten und Informationen über die Fahrzeugflotte.

[Qu16] setzen zur Analyse des Potentials elektrische Lieferfahrzeuge in verschiedenen Städten ein. Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Flexibilität beim Umstieg auf Elektromobilität abnimmt und ein höherer Planungsaufwand auf Grund der Ladezeiten entsteht. Die Abnahme der Flexibilität stellt gerade für kleine Unternehmen ein Problem dar. So benötigen kleine Unternehmen weiter herkömmliche Fahrzeuge, um Änderungen und Ausfälle kompensieren zu können [FW15, Fi18]. Auch [An21] zeigen, dass durch Ladezeiten sorgfältige Planungen erforderlich sind. Sie untersuchen die Herausforderungen der Elektrifizierung in der Last-Mile-Logistik. Die vorhersehbaren Routen stellen sich hier als Vorteil bei der Einführung heraus.

Motivation und Akzeptanz. Vorwiegend mit Umfragen und Feldtests wird untersucht, welche Faktoren die Akzeptanz beziehungsweise Motivation zur Nutzung von Elektromobilität beeinflussen. So ermitteln [GDW18] und [SSKP21] durch Umfragen unter Flottenmanagern beziehungsweise Kleinstunternehmern die Faktoren, die die Akzeptanz von Elektrofahrzeugen in kommerziellen Flotten beeinflussen. [Vu21] testen in einem Feldexperiment Elektrofahrzeuge im Unternehmensalltag. Auf diese Weise können die größten Hindernisse ermittelt und die Frage beantwortet werden, in wie weit verschiedene Barrieren die Einführung von Elektromobilität beeinflussen. [Mi19] vergeben Elektrofahrzeuge an Unternehmen mit dem Ziel, das Bewusstsein für Elektromobilität zu steigern.

Ein wichtiger Einflussfaktor ist das Wissen über und die Erfahrung mit Elektrofahrzeugen [SSKP21, Ka16]. Unternehmen, die bereits Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen gesammelt haben, haben eine positivere Einstellung der Elektromobilität gegenüber [Ka16]. Auch die Begeisterung einzelner hat Einfluss auf die Frage, ob Elektrofahrzeuge im Unternehmen eingeführt werden sollten [GDW18]. Die Akzeptanz kann durch Feldexperimente, in denen Fahrzeuge von Nutzern getestet werden können, gesteigert werden [Vu21].

Identifizierte Gründe, Elektromobilität zu nutzen, sind Imagegewinn, Reduktion der laufenden Kosten [Ka16, Vu21] und ökologische Faktoren [GDS18, Vu21, Qu16, Ka16]. Als Hemmnis werden hohe Anschaffungskosten [Gi19, Bo18, Vu21] und die Reichweite [GDW18, Vu21] angesehen. Weitere Faktoren, mit denen Einfluss auf das Interesse an Elektromobilität genommen werden kann, sind finanzielle Anreize [Ja21, SSKP21].

Auswirkungen der Elektrifizierung. Der Einsatz von Elektromobilität hat unter anderem Auswirkungen auf die Kosten und die Emissionen des Unternehmens. Diese werden vor allem durch Fallstudien oder mathematisch-formale Modelle ermittelt [Bo18, Ma18, Ar20, Gh21]. Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen werden in [Ma18] als Entscheidungskriterium herangezogen, um Buslinien auf Elektromobilität umzustellen. In einem Anwendungsfall werden Buslinien untersucht, die auf Grund ökologischer Merkmale dazu geeignet sind, elektrisch zu fahren. [Ar20] vergleichen die Auswirkungen einer CO_2 -Bepreisung auf Elektrofahrzeuge und konventionelle Fahrzeuge anhand realer Daten in der Last-Mile-Logistik.

Sie stellen fest, dass die eingeschränkte Reichweite den Kostenvergleich erschwert, da die Routen für Elektrofahrzeuge im Vergleich zu Routen, die mit konventionellen Fahrzeugen zurückgelegt werden, kürzer ausfallen.

[PP20] untersuchen Auswirkungen einer Elektrifizierung auf die Umwelt im städtischen Nahverkehr. Mittels einer Fallstudie können sie bestätigen, dass emissionsfreie Busse zur nachhaltigen Entwicklung und CO_2 Reduktion beitragen. Die Ergebnisse zeigen auch, dass der Wechsel zu Elektromobilität vor allem dann sinnvoll ist, wenn gleichzeitig auf erneuerbare Energien gesetzt wird.

Laden. Die Untersuchung des Ladeverhaltens der Fahrzeuge am Unternehmen ist ebenfalls ein wichtiges Themenfeld. Feldtests und mathematisch-formale Modelle sind hier methodisch vorherrschend [Te22, WBL19]. Nach [Mä21] ist das Laden aufgrund der zusätzlich einzuplanenden Zeit eine der größten Herausforderungen bei der Elektrifizierung. Sie stellen daher eine Funktion auf, um den Ladevorgang zu simulieren und die Ladedauer vorherzusagen. In Feldtests werden Strategien zum Umstieg auf Elektromobilität entwickelt. Es kann gezeigt werden, dass das Wissen über die Ladezeiten und Mengen eine hohe Bedeutung besitzt.

Bei der Untersuchung des Einsatzes von Elektromobilität im Transportbereich ist zu beobachten, dass meist ohne Ladestrategien geladen wird sondern immer dann, wenn die Möglichkeit zum Laden besteht [FFR20]. Als häufigster Ladezeitraum erweist sich 10-16 Uhr. In einem Zeitraum von 5 Jahren wurden hierzu 740 Elektrofahrzeuge in Unternehmen verschiedener Sektoren getestet.

Die Betrachtung des Ladevorgangs und der Ladeinfrastruktur zeigt, dass mehr Ladeinfrastruktur an einfach zugänglichen Orten benötigt wird, um Fahrten mit Ladestopps unterwegs zu ermöglichen [KHQ21]. [KHQ21] untersuchen die technischen, operativen und finanziellen Möglichkeiten verschiedener Ladestrategien in großen Fahrzeugflotten. Sie führen die Untersuchungen mit 39 Fahrzeugen über ein Jahr hinweg durch. Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass spontanes Laden ohne Reservierung der Ladesäule bevorzugt wird, die Verfügbarkeit jedoch vorher einsehbar sein sollte.

4 Fazit

In diesem Beitrag wurden 56 Paper aus den Jahren 2012-2022 analysiert, die sich mit Elektromobilität im betrieblichen Kontext beschäftigen. Über 50% der Paper sind ab 2019 erschienen. Es ist zu erkennen, dass sich die Literatur hauptsächlich mit dem Potential, das Elektromobilität bietet, sowie der Akzeptanz und den Auswirkungen beschäftigt. Die Unterstützung der Entscheidung und die Betrachtung des Ladens konnten ebenfalls als wichtige Themenfelder identifiziert werden.

Methodisch werden Feldtests und Fallstudien über alle Bereiche hinweg genutzt. Gerade bei der Ermittlung der Akzeptanz und des Potentials von Elektromobilität spielen Umfragen und Interviews eine wichtige Rolle. Zur Entscheidungsunterstützung und Untersuchung des Ladeverhaltens kommen vor allem mathematisch-formale Modelle zum Einsatz.

Im betrieblichen Kontext wird insbesondere der städtische Lieferverkehr untersucht, da er sich durch planbare Strecken und kurze Wege auszeichnet. Auffällig ist, dass hauptsächlich städtische Unternehmen betrachtet werden, ländliche jedoch kaum, was bereits [Jo20] feststellt. Als relevantes Mittel zur Ermittlung des Potentials erweisen sich Fahrprofile. Weiterhin stellen ökologische Faktoren einen wichtigen Grund dar, auf Elektromobilität umzusteigen. Als wesentliche Erkenntnis aus den verschiedenen Forschungsfeldern erweist sich der Einfluss, den die Vertrautheit mit Elektromobilität auf die Nutzungsbereitschaft hat. Modelle sollten daher mit Piloteinführungen oder einfachen Möglichkeiten zum Testen von Elektromobilität verbunden werden.

Literaturverzeichnis

- [An20] de Angelis, E.; Turrini, E.; Carnevale, C.; Volta, M.: Vehicle fleet electrification: impacts on energy demand, air quality and GHG emissions. An integrated assessment approach. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2):16581–16586, 2020.
- [An21] Anosike, Anthony; Loomes, Helena; Udokporo, Chinonso Kenneth; Garza-Reyes, Jose Arturo: Exploring the challenges of electric vehicle adoption in final mile parcel delivery. *International Journal of Logistics Research and Applications*, S. 1–25, 2021.
- [Ar20] Arroyo, Jose L.; Felipe, Ángel; Ortuño, M. Teresa; Tirado, Gregorio: Effectiveness of carbon pricing policies for promoting urban freight electrification: analysis of last mile delivery in Madrid. *Central European Journal of Operations Research*, 28:1417–1440, 2020.
- [Be15] Berndt, Rudiger; Schellenberg, Sebastian; Eckhoff, David; German, Reinhard: A Lightweight Simulation Framework for the Analysis of Electrified Vehicle Fleets. 2015 IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring), S. 1–5, 2015.
- [Be17] Betz, Johannes; Hann, Moritz; Jager, Benedikt; Lienkamp, Markus: Evaluation of the Potential of Integrating Battery Electric Vehicles into Commercial Companies on the Basis of Fleet Test Data. 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2017.
- [BL16] Betz, Johannes; Lienkamp, Markus: Approach for the development of a method for the integration of battery electric vehicles in commercial companies, including intelligent management systems. *Automotive and Engine Technology*, 1:107–117, 2016.
- [Bo18] Bousse, Yannick; Corazza, Maria Vittoria; Arriaga, Diego Salzillo; Sessing, Gerhard: Electrification of Public Transport in Europe: Vision and Practice from the ELIPTIC project. 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2018.
- [Br15] vom Brocke, Jan; Simons, Alexander; Riemer, Kai; Niehaves, Bjoern; Plattfaut, Ralf; Cleven, Anne: Standing on the Shoulders of Giants: Challenges and Recommendations of Literature Search in Information Systems Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(9):205–224, 2015.
- [BVM86] Brans, J.P.; Vinke, Ph.; Mareschal, B.: How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24:228–238, 1986.

-
- [Ch17] Christensen, Linda; Klauenberg, Jens; Kveiborg, Ole; Rudolph, Christian: Suitability of commercial transport for a shift to electric mobility with Denmark and Germany as use cases. *Research in Transportation Economics*, 64:48–60, 2017.
- [CK12] Chlebišová, Eva; Kyzeková, Jana: The Information Sources for the Company Decision Making Process by Buying New Company Vehicles With Regard to Electric Vehicles. *Acta academica karviniensia*, 12(2):43–52, 2012.
- [Di] Die Bundesregierung: Klimaschonender Verkehr <https://www.bundesregierung.de/bregde/themen/klimaschutz/klimaschonender-verkehr-1794672>. Zuletzt Aufgerufen: 02.06.21.
- [Di21] Di Foggia, Giacomo: Drivers and challenges of electric vehicles integration in corporate fleet: An empirical survey. *Research in Transportation Business & Management*, 41:3–25, 2021.
- [FFR20] Fieltsch, Patrick; Flämig, Heike; Rosenberger, Kerstin: Analysis of charging behavior when using battery electric vehicles in commercial transport. *Transportation Research Procedia*, 46:181–188, 2020.
- [Fi18] Figenbaum, Erik: Can battery electric light commercial vehicles work for craftsmen and service enterprises? *Energy policy*, 120:58–72, 2018.
- [Fr] Fraunhofer IAO: Fraunhofer IAO elektromobilisiert Fuhrparkflotten <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/projekte/www-elektromobilisiert-de.html>. Letzter Zugriff: 02.08.2021.
- [FW15] Fornahl, Dirk; Wernern, Noreen: New Electric Mobility in Fleets in the Rural Area of Bremen/Oldenburg. In (Leal Filho, Walter; Kotter, Richard, Hrsg.): *E-Mobility in Europe Trends and Good Practice*, S. 237–251. Springer, 2015.
- [Ga21] Galati, Antonino; Giacomarra, Marcella; Concialdi, Paola; Crescimanno, Maria: Exploring the feasibility of introducing electric freight vehicles in the short food supply chain: A multi-stakeholder approach. *Case Studies on Transport Policy*, 9(2):950–957, 2021.
- [GDS18] Globisch, Joachim; Dütschke, Elisabeth; Schleich, Joachim: Acceptance of electric passenger cars in commercial fleets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 116:122–129, 2018.
- [GDW18] Globisch, Joachim; Dütschke, Elisabeth; Wietschel, Martin: Adoption of electric vehicles in commercial fleets: Why do car pool managers campaign for BEV procurement? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64:122–133, 2018.
- [Gh21] Ghandriz, Toheed; Jacobson, Bengt; Islam, Manjurul; Hellgren, Jonas; Laine, Leo: Transportation-Mission-Based Optimization of Heterogeneous Heavy-Vehicle Fleet Including Electrified Propulsion. *Energies*, 14:1–43, 2021.
- [GHR21] Gorges, Tobias; Holz-Rau, Christian: Transition of mobility in companies - A semi-systematic literature review and bibliographic analysis on corporate mobility and its management. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 11:1–10, 2021.
- [Gi19] Giacomarra, Marcella; Tulone, Antonio; Crescimanno, Maria; Galati, Antonino: Electric mobility in the Sicilian short food supply chain. *Studies in Agricultural Economics*, 121(2):84–93, 2019.

- [Gn13] Gnann, Till; Haag, Michael; Plotz, Patrick; Wietschel, Martin: Market potential for electric vehicles in the German commercial passenger transport sector. EVS27 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, S. 1–10, 2013.
- [HE20] Hamurcu, Mustafa; Eren, Tamer: Electric Bus Selection with Multicriteria Decision Analysis for Green Transportation. *Sustainability*, 12:1–19, 2020.
- [İÇK21] İmre, Şükri; Çelebi, Dilay; Koca, Funda: Understanding barriers and enablers of electric vehicles in urban freight transport: Addressing stakeholder needs in Turkey. *Sustainable Cities and Society*, 68, 2021.
- [IL19] Islam, Adrita; Lownes, Nicholas: When to go electric? A parallel bus fleet replacement study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72:299–311, 2019.
- [Iw19] Iwan, Stanisław; Allesch, Juergen; Celebi, Dilay; Kijewska, Kinga; Hoé, Mette; Klauenberg, Jens; Zajicek, Juergen: Electric mobility in European urban freight and logistics – status and attempts of improvement. *Transportation Research Procedia*, 39:112–123, 2019.
- [Iw21] Iwan, Stanisław; Nürnberg, Mariusz; Jedliński, Mariusz; Kijewska, Kinga: Efficiency of light electric vehicles in last mile deliveries – Szczecin case study. *Sustainable Cities and Society*, 74:1–10, 2021.
- [Ja21] Jaller, Miguel; Pineda, Leticia; Ambrose, Hanjiro; Kendall, Alissa: Empirical analysis of the role of incentives in zero-emission last-mile deliveries in California. *Journal of Cleaner Production*, 317, 2021.
- [Jo20] Jones, Andrew; Begley, Jason; Berkeley, Nigel; Jarvis, David; Bos, Elizabeth: Electric vehicles and rural business: Findings from the Warwickshire rural electric vehicle trial. *Journal of Rural Studies*, 79:395–408, 2020.
- [Ju16] Juan, Angel; Mendez, Carlos; Faulin, Javier; de Armas, Jesica; Grasman, Scott: Electric Vehicles in Logistics and Transportation: A Survey on Emerging Environmental, Strategic, and Operational Challenges. *Energies*, 9(86):1–21, 2016.
- [Ka16] Kaplan, Sigal; Gruber, Johannes; Reinthaler, Martin; Klauenberg, Jens: Intentions to introduce electric vehicles in the commercial sector: A model based on the theory of planned behaviour. *Research in Transportation Economics*, 55:12–19, 2016.
- [KDC21] Kucukoglu, Ilker; Dewil, Reginald; Cattrysse, Dirk: The electric vehicle routing problem and its variations: A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 161, 2021.
- [KH14] Koetse, Mark J.; Hoen, Anco: Preferences for alternative fuel vehicles of company car drivers. *Resource and Energy Economics*, 37:279–301, 2014.
- [KHQ21] Kin, Bram; Hopman, Meike; Quak, Hans: Different Charging Strategies for Electric Vehicle Fleets in Urban Freight Transport. *Sustainability*, 13(23):1–18, 2021.
- [KIM19] Kijewska, Kinga; Iwan, Stanisław; Małecki, Krzysztof: Applying Multi-Criteria Analysis of Electrically Powered Vehicles Implementation in Urban Freight Transport. *Procedia Computer Science*, 159:1558–1567, 2019.
- [KKR13] Koetter, Falko; Klausmann, Florian; Renner, Thomas: Potenzialermittlung für Integration von Elektrofahrzeugen in Fuhrparkflotten. *Informatik-Spektrum*, 36(1):35–45, 2013.

-
- [KO16] Koetter, Falko; Ostermann, Julien: Real-Time Schedule Optimization in Shared Electric Vehicle Fleets. *Proceedings of the International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*, 2016.
 - [Kr21] Krawiec, Krzysztof: Vehicle Cycle Hierarchization Model to Determine the Order of Battery Electric Bus Deployment in Public Transport. *Transport Problems*, 16(1):99–112, 2021.
 - [KRZ16] Klauenberg, Jens; Rudolph, Christian; Zajicek, Jürgen: Potential Users of Electric Mobility in Commercial Transport – Identification and Recommendations. *Transportation Research Procedia*, 16:202–216, 2016.
 - [LMV16] Lebeau, Philippe; Macharis, Cathy; Van Mierlo, Joeri: Exploring the choice of battery electric vehicles in city logistics: A conjoint-based choice analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 91:245–258, 2016.
 - [Ma16] Margaritis, Dimitris; Anagnostopoulou, Afroditi; Tromaras, Alkiviadis; Boile, Maria: Electric commercial vehicles: Practical perspectives and future research directions. *Research in Transportation Business & Management*, 18:4–10, 2016.
 - [Ma18] May, Nadine: Local environmental impact assessment as decision support for the introduction of electromobility in urban public transport systems. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64:192–203, 2018.
 - [Mä21] Märzinger, Thomas; Wöss, David; Steinmetz, Petra; Müller, Werner; Pröll, Tobias: Novel Modelling Approach for the Calculation of the Loading Performance of Charging Stations for E-Trucks to Represent Fleet Consumption. *Energies*, 14(12):1–15, 2021.
 - [Ma22] Malladi, Satya S.; Christensen, Jonas M.; Ramírez, David; Larsen, Allan; Pacino, Dario: Stochastic fleet mix optimization: Evaluating electromobility in urban logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 158, 2022.
 - [MBC14] Melo, Sandra; Baptista, Patricia; Costa, Álvaro: Comparing the Use of Small Sized Electric Vehicles with Diesel Vans on City Logistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111:350–359, 2014.
 - [Mi19] Mielzarek, Janine: Mobility Turnaround, Air Pollution Control and Secure the Budget - Electric Mobility in the Urban Area of Tension. *Electric Vehicles International Conference*, 2019.
 - [Na21] Napoli, Giuseppe; Polimeni, Antonio; Micari, Salvatore; Dispenza, Giorgio; Antonucci, Vincenzo; Andalaro, Laura: Freight distribution with electric vehicles: A case study in Sicily. *Delivery van development. Transportation Engineering*, 3:1–20, 2021.
 - [Os14] Ostermann, Julien; Renner, Thomas; Koetter, Falko; Hudert, Sebastian: Leveraging Electric Cross-Company Car Fleets through Cloud Service Chains: The Shared E-Fleet Architecture. *2014 SRII Global Conference*, S. 290–297, 2014.
 - [Pa21] Patella, Sergio Maria; Grazieschi, Gianluca; Gatta, Valerio; Marcucci, Edoardo; Carrese, Stefano: The Adoption of Green Vehicles in Last Mile Logistics: A Systematic Review. *Sustainability*, 13(1):1–29, 2021.
 - [PP18] Papathanasiou, Jason; Ploskas, Nikolaos: *Multiple Criteria Decision Aid Methods, Examples and Python Implementations*, Jgg. 136. Springer International Publishing AG, 2018.

- [PP20] Pietrzak, Krystian; Pietrzak, Oliwia: Environmental Effects of Electromobility in a Sustainable Urban Public Transport. *Sustainability*, 12(3):1–21, 2020.
- [QC21] Qasim, Muhammad; Csiszar, Csaba: Major Barriers in Adoption of Electric Trucks in Logistics System. *Promet - Traffic&Transportation*, 33(6):833–846, 2021.
- [Qu16] Quak, Hans; Nesterova, Nina; van Rooijen, Tariq; Dong, Yanjie: Zero Emission City Logistics: Current Practices in Freight Electromobility and Feasibility in the Near Future. *Transportation Research Procedia*, 14:1506–1515, 2016.
- [Ro22] Rosenberger, Kerstin; Tapia, Rodrigo; Friedrich, Hanno; Flämig, Heike: Estimating the potential of electric mobility in commercial transport considering the availability of charging infrastructure – A behavioural model analysis for the city of Hamburg. *Research in Transportation Business & Management*, 2022.
- [Si14] Sierzhula, William: Factors influencing fleet manager adoption of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31:126–134, 2014.
- [SSKP21] Skowrońska-Szmer, Anna; Kowalska-Pyzalska, Anna: Key Factors of Development of Electromobility AMONG Microentrepreneurs: A Case Study from Poland. *Energies*, 14:1–25, 2021.
- [Te22] Tepe, Benedikt; Figgner, Jan; Englberger, Stefan; Sauer, Dirk Uwe; Jossen, Andreas; Hesse, Holger: Optimal pool composition of commercial electric vehicles in V2G fleet operation of various electricity markets. *Applied Energy*, 308:1–18, 2022.
- [TKT16] Teoh, Tharsis; Kunze, Oliver; Teo, Chee-Chong: Methodology to Evaluate the Operational Suitability of Electromobility Systems for Urban Logistics Operations. *Transportation Research Procedia*, 12:288–300, 2016.
- [Ts20] Tsakalidis, Anastasios; Krause, Jette; Julea, Andreea; Peduzzi, Emanuela; Pisoni, Enrico; Thiel, Christian: Electric light commercial vehicles: Are they the sleeping giant of electromobility? *Transportation research. Part D: Transport and Environment*, 86, 2020.
- [Vu21] Vuichard, Pascal: Electrifying the company car: Identifying hard and soft barriers among fleet managers in Switzerland. *Energy Research & Social Science*, 77:1–11, 2021.
- [Wą17] Wątróbski, Jarosław; Małecki, Krzysztof; Kijewska, Kinga; Iwan, Stanisław; Karczmarczyk, Artur; Thompson, Russell: Multi-Criteria Analysis of Electric Vans for City Logistics. *Sustainability*, 9:1–34, 2017.
- [Wa18] Wang, M.; Thoben, K.-D.; Bernardo, M.; Daudi, Morice: Diversity in Employment of Electric Commercial Vehicles. *Logistics Research*, S. 1–21, 2018.
- [WBL19] Waclaw, Adam; Betz, Johannes; Lienkamp, Markus: Techno-Economical Implementation of Holistic Electromobility Solutions in Commercial Companies. *Fourteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, 2019.
- [WHA14] Wikström, Martina; Hansson, Lisa; Alvfors, Per: Socio-technical experiences from electric vehicle utilisation in commercial fleets. *Applied Science*, 123:82–93, 2014.