

Abschlussbericht

Universität der Bundeswehr München



Betreiberkonzepte für erfahrungsspezifische Elektromobilität „BeEmobil“

Laufzeit 01.08.2014 – 31-07.2016

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Autoren:

Katrin Wagner

Cornelius Hardt

Robert Frommer

ZE: Universität der Bundeswehr München	Förderkennzeichen: 01FE14029
Vorhabenbezeichnung: Betreiberkonzepte für erfahrungsspezifische Elektromobilität „BeEmobil“	
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2014 – 31-07.2016	

Inhaltsverzeichnis

1. AUFGABENSTELLUNG.....	- 9 -
2. VORAUSSETZUNGEN	- 10 -
3. PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS.....	- 10 -
4. WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND, AN DEN ANGEKNÜPFT WURDE.....	- 11 -
5. ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN	- 11 -
6. EINGEHENDE DARSTELLUNG	- 11 -
6.1 Ergebnisdarstellung	- 12 -
6.1.1 AP 2100 Anlass und Problemstellung.....	- 12 -
6.1.1.1 Ziel des Arbeitspaketes	- 12 -
6.1.1.2 Stand der Forschung.....	- 14 -
6.1.1.3 Fahrzeugklasse L1e-B	- 17 -
6.1.1.4 Marktentwicklung	- 20 -
6.1.1.5 elektrisch angetriebene Zweiräder – ePTW	- 21 -
6.1.1.6 Einspurfahrzeuge im Sharing	- 22 -
6.1.1.7 Aufbau des Feldversuchs	- 23 -
6.1.1.8 Ergebnisse	- 26 -
6.1.1.9 Fazit/Zusammenfassung.....	- 36 -
6.1.2 AP 5000: Anlass und Problemstellung	- 38 -
6.1.3 Statische Verkehrsmanagementmaßnahmen für die Elektromobilität (AP 5100).....	- 40 -
6.1.3.1 Ziel des Arbeitspaketes	- 40 -
6.1.3.2 Testgebiet.....	- 41 -
6.1.3.3 Aufbau und Kalibrierung der Simulationsumgebung.....	- 42 -
6.1.3.4 Szenarien-Bildung.....	- 46 -
6.1.3.5 Ergebnisse	- 50 -
6.1.3.6 Betrachtung Gesamtnetz der Simulationsumgebung.....	- 51 -
6.1.3.7 Betrachtung einzelner Sektionen.....	- 56 -
6.1.3.8 Fazit.....	- 61 -
6.1.4 AP 5200: Dynamische Verkehrsmanagementmaßnahmen für die Elektromobilität.-	- 62 -
6.1.4.1 Ziel des Arbeitspaketes	- 62 -
6.1.5 Netz-Fundamentaldiagramm (NFD)	- 62 -

6.1.5.1	Testgebiet	- 63 -
6.1.5.2	Aufbau der Simulationsumgebung	- 64 -
6.1.5.3	Kalibrierung der Simulationsumgebung	- 65 -
6.1.5.4	Ergebnisse.....	- 67 -
6.1.5.5	Fazit	- 68 -
6.1.6	Dynamische Fahrspurallokation	- 68 -
6.1.6.1	Testgebiet	- 68 -
6.1.6.2	Aufbau und Kalibrierung der Simulationsumgebung.....	- 70 -
6.1.6.3	Szenarien-Bildung	- 74 -
6.1.6.4	Ergebnisse	- 75 -
6.1.6.5	Fazit.....	- 81 -
6.1.7	AP 6000: Anlass und Problemstellung	- 82 -
6.1.8	Ziel des Arbeitspaketes 6100: Enabler zur Förderung der Elektromobilität	- 82 -
6.1.8.1	Bewertung kommunaler Anreize durch Interviews.....	- 82 -
6.1.8.2	Faktoren des Scheiterns und der Durchsetzung privater Elektromobilität-	83 -
6.1.8.3	Ergebnisse	- 83 -
6.1.8.4	Bewertung kommunaler Anreize durch Interviews.....	- 83 -
6.1.8.5	Faktoren des Scheiterns und der Durchsetzung privater Elektromobilität-	85 -
6.1.8.6	Fazit	- 90 -
6.1.8.7	Bewertung kommunaler Anreize durch Interviews.....	- 90 -
6.1.8.8	Faktoren des Scheiterns und der Durchsetzung privater Elektromobilität-	90 -
6.1.9	AP 6200: Staatliche Anreize	- 91 -
6.1.10	Umsetzung auf Bundesebene.....	- 91 -
6.1.11	Nationale Trends und politische Maßnahmen	- 91 -
6.1.12	Ergebnisse.....	- 91 -
6.1.13	Umsetzung auf Bundesebene.....	- 92 -
6.1.14	Nationale Trends und politische Maßnahmen	- 92 -
6.1.8.9	Fazit	- 98 -
6.1.8.10	Umsetzung auf Bundesebene	- 98 -
6.1.8.11	Nationale Trends und politische Maßnahmen.....	- 98 -
6.2	Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	- 99 -
6.3	Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	- 99 -
6.4	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit	- 99 -
6.5	Fortschritte bei anderen Stellen.....	- 99 -
6.6	Erfolge oder geplante Veröffentlichungen	- 100 -

6.7	Bisher unveröffentlichte Beiträge	- 100 -
6.8	Konferenzbeiträge	- 100 -
6.9	Lehrveranstaltungen mit Projektbezug.....	- 100 -
7.	LITERATUR	- 101 -

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 6.1.1.1: Unterschiede in der durchschn. Geschwindigkeit nach Wegezweck

Abbildung 6.1.1.2: Durchschn. projizierte Verweilzeit nach Wegezweck

Abbildung 6.1.1.3: Entwicklung der Wegezweckanteile an den Gesamtfahrten nach Trennungsschwelle

Abbildung 6.1.1.4: Verteilung der aktiven Nutzer
Abbildung 6.1.1.5 Verteilung aller Probanden

Abbildung 6.1.1.6: Verteilung der Wegezwecke

Abbildung 6.1.1.7: Vergleich der durchschn. Entfernungen je Wegezweck

Abbildung 6.1.1.8: Startzeiten je Wegezweck

Abbildung 6.1.1.9: Bedingte Wahrscheinlichkeit der eScooter-Nutzung nach Temperatur bei Niederschlagsfreiheit

Abbildung 6.1.2.1: Entwicklung Fahrzeugbestand Landeshauptstadt München (Quelle: KBA)

Abbildung 6.1.3.1: Schematische Darstellung des Gebietsausschnitts (Teilbereich der Simulationsumgebung)

Abbildung 6.1.3.2: Simulationsumgebung Gebiet Münchner Freiheit

Abbildung 6.1.3.3: Simulationsumgebung in zweidimensionaler (links) und dreidimensionaler (rechts) Ansicht

Abbildung 6.1.3.4: Vergleich der Verkehrsstärken aus Simulation und Realdatenset

Abbildung 6.1.3.5: Regressionsgerade Simulation vs. Realdaten

Abbildung 6.1.3.6: Vergleich Simulation vs. Realdaten, Höhe Hohenzollernstr./ Leopoldstr.

Abbildung 6.1.3.7: Vergleich Simulation vs. Realdaten, Höhe Ungererstr./ Leopoldstr.

Abbildung 6.1.3.8: Szenario "Normal_2020_106pct"

Abbildung 6.1.3.9: Szenario "BEV_2015_1pct"

Abbildung 6.1.3.10: Szenario "BEV_2015_10pct"

Abbildung 6.1.3.11: Szenario "BEV_2020_10pct"

Abbildung 6.1.3.12: Szenario "BEV_2020_7pct"

Abbildung 6.1.3.13: Mittlere Geschwindigkeit (Gesamtnetz)

Abbildung 6.1.3.14: Mittlere Geschwindigkeit im zeitlichen Verlauf (Gesamtnetz)

Abbildung 6.1.3.14: Mittlere Verzögerungszeit (Gesamtnetz)

Abbildung 6.1.3.16: Summer der Anzahl der Fahrstreifenwechsel pro Kilometer (Gesamtnetz)

Abbildung 6.1.3.17: Schematische Darstellung des Gebietsausschnitts mit Sektionen zur Detailauswertung

Abbildung 6.1.3.18: Ganglinie der Abschnitte 2 und 3, vgl. Abbildung 19

Abbildung 6.1.5.1: Testgebiet

Abbildung 6.1.5.2: Überblick Simulationsmodell

Abbildung 6.1.5.3: Ergebnis Kalibration

Abbildung 6.1.5.4: Das NFD Münchens

Abbildung 6.1.6.1: Testgebiet BAB A9 M.-Schwabing - Allershausen

Abbildung 6.1.6.2: Simulationsumgebung BAB A9

Abbildung 6.1.6.3: 3D Darstellung der Simulationsumgebung BAB A9

Abbildung 6.1.6.4: Vergleich der Verkehrsstärken aus Simulation und Realdaten set BAB A9

Abbildung 6.1.6.5: Regressionsgerade für Verkehrsstärken Simulation vs. Realdaten BAB A9

Abbildung 6.1.6.6: Tagesganglinie eines Detektors BAB A9, grün = Simulation, blau = Detektor

Abbildung 6.1.6.7: Regressionsgerade für Geschwindigkeiten Simulation vs. Realdaten BAB A9

Abbildung 6.1.6.8: Geschwindigkeiten im räumlichen und zeitlichen Verlauf, a) Realdaten, b) Simulations-Daten, c) Differenzplot b)-a)

Abbildung 6.1.6.9: Geschwindigkeitsganglinie, Vergleich Referenzszenario mit zeitbasierter Fahrstreifenallokation

Abbildung 6.1.6.10: Geschwindigkeitsganglinie, Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe

Abbildung 6.1.6.11: Geschwindigkeitsganglinie, Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei aktivierter Seitenstreifenfreigabe

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 6.1.1.1 Statistik des Feldversuchs in Tagen

Tabelle 6.1.1.2: Laufleistung

Tabelle 6.1.1.3: Absolvierte Fahrten und aktive Tage

Tabelle 6.1.3.1: Mittlere Geschwindigkeit (Gesamtnetz)

Tabelle 6.1.3.2: Mittlere Verzögerungszeit (Gesamtnetz)

Tabelle 6.1.3.4: Relative Veränderungen zum Referenzszenario

Tabelle 6.1.3.5: Simulationsergebnisse der Szenarien

Tabelle 6.1.3.6: Simulationsergebnisse der Szenarien

Tabelle 6.1.6.1: Vergleich Referenzszenario mit zeitbasierter Fahrstreifenallokation

Tabelle 6.1.6.2: Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe

Tabelle 6.1.6.3: Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei aktivierter Seitenstreifenfreigabe

1. Aufgabenstellung

Im Energiekonzept der Bundesregierung wurde das Ziel vereinbart, den Energieverbrauch im Verkehr bis 2050 um 40 Prozent gegenüber 2005 zu senken und so maßgeblich zur CO₂-Einsparung beizutragen. Ein wichtiger Beitrag zur Erfüllung der Energieeinsparungsziele ist der Ausbau und die langfristige Sicherstellung einer energieeffizienten Mobilität. Die Bundesregierung will Forschung und Entwicklung bei der Elektromobilität weiter stärken, um bis zum Jahr 2020 Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität zu werden. Insgesamt sollen bis 2020 mindestens eine Million Elektroautos auf Deutschlands Straßen fahren.

Laut des Fortschrittberichts der Nationalen Plattform für Elektromobilität (NPE) ist Deutschland bei der Markteinführung der Elektromobilität auf einem guten Weg. Allerdings zeigen die bisherigen Erkenntnisse im Bereich der Elektromobilitätsnutzerforschung und auch die Entwicklung der Bestandszahlen an Elektrofahrzeugen, dass im Markt noch erhebliche Unsicherheiten in Form von kundenseitigen Hemmnissen und Einstiegshürden gegenüber der Elektromobilität vorhanden sind. Um die Elektromobilität in Deutschland entscheidend voran zu bringen und den Markthochlauf zu erreichen, muss es gelingen, neben den technologischen Fortschritten auch die für die Kundenseite wichtigen begleitenden Dienstleistungen und Betreiberkonzepte mit zu entwickeln. Nur so können Vorbehalte gegenüber der Elektromobilität abgebaut und Marktchancen erschlossen werden.

Das Projekt BeEmobil hat sich zum Ziel gesetzt diese Einstiegshürden durch die Entwicklung alltagstauglicher Lösungen für den Betrieb und die Nutzung der Elektromobilität abzubauen. Es sollen marktfähige Betreiberkonzepte entwickelt und erprobt werden, wie zum Beispiel spezielle Probefahrt- und Kurzzeitverleihmodelle oder Sharing-Angebote für einspurige und zweispurige Elektromobilität sowie ein intelligentes Flottenmanagementsystem für Elektromobilität im Flottenkontext. Hierzu werden zunächst die Anforderungen und Bedarfe der Nutzer systematisch erfasst und in innovative Geschäftsmodelle überführt. Des Weiteren wird untersucht, welchen Beitrag elektromobilitätspezifische Mobilitätsdienste und Verkehrsmanagementmaßnahmen zur Verbreitung der Elektromobilität leisten können. Ein Blick auf die gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen dient dazu, ein umfassenderes Verständnis für das bisherige Scheitern der Elektromobilität sowie für mögliche politische Anreizsysteme zu finden, um Hemmnisse abzubauen. Daraus werden Empfehlungen abgeleitet.

2. Voraussetzungen

Das Vorhaben wurde als Verbundvorhaben der BMW Group, der Universität Passau und der Universität der Bundeswehr München durchgeführt. Ausführende Stelle für das Teilvorhaben „Dienstleistungsinnovationen zur Förderung des Einstiegs in die Elektromobilität“ (FKZ 01FE14027) war die BMW Group. Ausführende Stelle für das Teilvorhaben „Dienstleistungsinnovationen und Betreiberkonzepte für Elektromobilität“ (FKZ 01FE14028) war die Universität Passau mit dem Lehrstuhl für Marketing und Innovation von Herrn Prof. Dr. Jan H. Schumann, das Centrum für Marktforschung (CfM) unter der Leitung von Herrn Dr. Stefan Mang und das Institut für Softwaresysteme in technischen Anwendungen der Informatik (FORWISS) unter der Leitung von Herrn Dr. Erich Fuchs. Ausführende Stelle für das Teilvorhaben „Elektromobile Ein- und Zweispurlösungen für Sharing-Modelle, Erweiterte Nutzung von Verkehrswegen und gesellschaftliche und staatliche Rahmenbedingungen“ (FKZ 01FE14029) war die Universität der Bundeswehr München mit dem Institut für Verkehrswesen und Raumplanung – Verkehrstechnik von Herrn Prof. Dr. Klaus Bogenberger.

Das Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Als Projektträger für den Förderschwerpunkt „Dienstleistungsinnovationen für Elektromobilität“⁴⁴ beauftragte das BMBF das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), welches die Betreuung des Projekts bis 31.09.2016 übernahm. Ab dem 01.10.2016 übernimmt das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) die Projektträgerschaft im Auftrag des BMBF. Innerhalb des Förderschwerpunkts wurde das Projekt BeEmobil der Fokusgruppe „Sharing und kooperative Dienstleistungsnetzwerke“ zugeordnet.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Durchführung des Projekts orientierte sich an den im Projektantrag formulierten Zielen. Diese Ziele wurden im Verlauf des Projekts an die sich ergebenden Änderungen angepasst. Die Projektlaufzeit war ursprünglich auf eine Dauer von 24 Monaten vom 01.08.2014 bis 31.07.2016 angesetzt. Durch den nachträglichen Eingang des Zuwendungsbescheids Anfang September 2014 konnte mit den eigentlichen Arbeiten jedoch erst zum 01.10.2014 begonnen werden.

Durch den Wegfall BMW Motorrad als Partner zur Umsetzung der Arbeitspakete 2100 und 3100 kam es zu einer Mittelumwidmung zur Universität der Bundeswehr München, um durch die Beschaffung von E-Scootern die Arbeit fortsetzen zu können. Die Umsetzung dieser Änderung wurde gemäß dem neuen Plan durchgeführt.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Zur Erreichung des oben beschriebenen Projektziels wurden im Projekt BeEmobil zunächst die konkreten Bedenken gegenüber Elektrofahrzeugen in der Bevölkerung sowohl im Einspur- als auch im Zweispurbereich identifiziert und zudem der Flottenkontext miteinbezogen. In einem zweiten Schritt wurden aus den gewonnenen Erkenntnissen mehrere marktfähige Dienstleistungen und Betreiberkonzepte entwickelt und erprobt. Zudem werden Verkehrsmanagementmaßnahmen sowie gesellschaftliche und staatliche Rahmenbedingungen für Elektromobilität untersucht. Final soll im zweiten Projektteil aus den entwickelten Geschäftsmodellen ein ganzheitliches Konzept zum Abbau von subjektiven Risiken und zur erhöhten Akzeptanz von Elektrofahrzeugen entwickelt werden, das Die Verbreitung von Elektrofahrzeugen fördert und einen langfristigen Erfolg der Elektromobilität als Mobilität der Zukunft garantiert.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Universität der Bundeswehr München hat mit den Partnern BMW AG und Universität Passau kooperiert. Eine Zusammenarbeit mit externen Stellen fand planmäßig nicht statt.

6. Eingehende Darstellung

Ziel des Teilvorhabens „Dienstleistungsinnovationen und Betreiberkonzepte für Elektromobilität“ im Projekt „BeEmobil“ war die Erprobung einer elektromobilen Einspurlösung für Sharing, die Untersuchung der erweiterten Nutzung von Verkehrswegen sowie die Analyse gesellschaftlicher und staatlicher Rahmenbedingungen.

6.1 Ergebnisdarstellung

Im Folgenden werden die Ziele, Vorgehensweisen und Ergebnisse des Teilprojekts, sortiert nach Arbeitspaketen, ausführlich dargestellt.

6.1.1 AP 2100 Anlass und Problemstellung

Das AP2100 haben das Ziel, die Nutzung von eRollern in urbanen Räumen zu untersuchen und hierbei die Einsatzmöglichkeiten und Hemmnisse zu identifizieren. Mit Hilfe dieser Forschungsergebnisse kann eine Evaluation der Fahrzeugklasse in Bezug auf das Entlastungspotential in Städten erfolgen, und mögliche Substitutionsgewinne bei Förderung derartiger Fahrzeuge abgeschätzt werden. Insbesondere ihre entlastende Wirkung im Verkehrsbereich sowie der Umweltwirkung bei gleichzeitig Erhaltung der individuellen Mobilität stehen dabei im Mittelpunkt.

6.1.1.1 Ziel des Arbeitspaketes

Im Rahmen des AP2100 wird aufbauend auf den Ergebnissen des AP 1100 ein Sharing-System entwickelt, das dazu geeignet ist, die zuvor identifizierten Hürden hinsichtlich der Nutzung eines innovativen Sharing-Systems für einspurige Elektromobilität gezielt abzubauen.

In diesem Zusammenhang werden Elektromobilitätslösungen in einem Sharing-System entwickelt und erprobt, um so unterschiedliche Zielgruppen zu erreichen und letztlich deren Hemmnisse gegenüber einspuriger Elektromobilität gezielt zu reduzieren. Durch die Einführung eines innovativen Sharing-Systems für Einspurelektromobilität kann die urbane Mobilität nachhaltig verbessert werden. Darüber hinaus lässt sich der Kundennutzen, welcher bisher ausschließlich auf zweispuriges Sharing ausgerichtet war, erhöhen.

Ergebnisse bisheriger BMW-Nutzerstudien zeigen, dass Elektromobilität unmittelbar von Kunden erfahren werden muss, um eine positive Einstellung sowie Aufgeschlossenheit gegenüber der Nutzung rein elektrisch angetriebener Fahrzeuge zu bewirken. Je leichter es dem Kunden gemacht wird eigene Erfahrungen mit der Innovation zu erleben, desto rascher vollzieht sich deren Verbreitung.

Als logische Konsequenz bietet es sich daher an, Nutzern die Möglichkeit zu geben, Elektrofahrzeuge in Zusammenhang mit ihrer täglichen Mobilität testen zu können. Hierzu eignen sich insbesondere Modelle der Kurzzeitmiete, wie sie im Carsharing üblich sind. Sie ermöglichen es, Fahrzeuge unverbindlich und ohne große finanzielle Verpflichtungen unbegrenzt lange zu testen und Vertrauen in eine neue Antriebsart, wie z.B. der

Elektromobilität, aufzubauen.

Im Rahmen des AP2100 soll daher die erste Phase eines zweiphasigen Feldversuchs die Akzeptanz, mögliche Hemmnisse, sowie die Nutzung von Einspurelektrofahrzeugen untersuchen. So können Maßnahmen aufgezeigt werden, die dazu geeignet sind, die identifizierten Hürden gezielt abzubauen. Weiterhin sollen dieser erste Feldtest und die begleitenden Untersuchungen dazu dienen, besonders geeignete Einsatzzwecke zu identifizieren und damit erste Hinweise auf einen effizienten Betrieb eines integrierten Sharing Systems zu liefern.

Ausgehend von bisherigen Untersuchungen der Mobilität von Carsharing-Kunden, welche in Zusammenarbeit mit dem in dem damaligen Projekt assoziierten Partner DriveNow erfolgten, werden die vorliegenden Daten analysiert, um eine Prognose für eine mögliche Substitution mit Elektroscootern (eScootern) zu erstellen. Diese werden als Grundlage für eine Ersteinschätzung des Marktpotentials für den Einsatz von eScootern im Sharing-Betrieb genutzt. Relevante Determinanten für die Modellierung werden durch die Umfrage unter DriveNow Kunden aus AP 1100 getestet. Der Fokus liegt hierbei auf der Affinität zu Einspurfahrzeugen, möglichen Hemmnissen der Nutzung solcher Fahrzeuge, sowie der positiven Umweltvariablen einer möglichen Nutzung. Je nach Tageszeit können beispielsweise Wegezwecke oder die Anzahl Beteiligter eine Nutzung von eScooter hemmen. Des Weiteren spielen Witterungsverhältnisse eine nicht unerhebliche Rolle. Hierzu werden Wetter- bzw. Niederschlagsdaten mit den Fahrzeugdaten verknüpft. Bei schlechtem Wetter ist beispielsweise der Anteil an potenziellen Nutzern der einspurigen Elektrofahrzeuge als deutlich geringer zu vermuten.

Für die weitere Potentialanalyse eines integrierten Sharing-Systems werden die erhobenen Nutzungsdeterminanten mit den realen Nutzungsdaten von DriveNow kombiniert, um eine erste Abschätzung für das Potential einspuriger Elektromobilität in Sharing-Systemen zu entwickeln.

Um weiterhin die bisherigen Erkenntnisse zu validieren und die Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen auf subjektiv empfundene Hemmnisse zu messen, wird in diesem Arbeitspaket der erste Teil eines Feldversuchs durchgeführt. Dies dient dazu, Erfahrungen des Betreibers im Umgang mit eScootern im realen Betrieb eines Sharing-Systems, sowie erstes Feedback von Kunden bezüglich konkreter Fahrzeugmodelle, deren Eigenschaften und notwendiger Systemattribute zu erlangen. Diese Erkenntnisse sind unverzichtbar für einen späteren Einsatz der Fahrzeuge in einem weiteren Sharing-System mit einer größeren Nutzergruppe, da in diesem Forschungsfeld bisher keine wissenschaftlich verwertbaren Erkenntnisse vorliegen.

Hierzu werden entsprechende Fahrzeuge angeschafft und mit Sharing-Modulen ausgestattet. Der Fahrzeugumbau sollte bereits vor der ersten Phase des Feldversuchs erfolgen. Im Anschluss an Tiefeninterviews mit den Nutzern der Feldphase 1, wird die Nutzergruppe mit den einspurigen Elektrofahrzeugen ausgestattet. Der Fahrzweck, die Nutzungszeiten und die zurückgelegten Entfernungen werden zusätzlich per Fahrtenbuch erhoben. Hemmnisse bei der Entscheidung für die Fortbewegungsart, Vor- und Nachteile der Fahrzeuge, sowie notwendigen Voraussetzungen zur Nutzung des integrierten Sharing-Systems werden in den oben beschriebenen Tiefeninterviews erfasst.

Mit den so gewonnenen Informationen lassen sich konkrete Nutzungsdeterminanten und somit angebotsseitige Grundvoraussetzungen definieren, welche bei einer erfolgreichen Integration in einen Sharing-Betrieb notwendig sind. Ebenso lassen sich der Abbau von Hemmnissen und die Alltagstauglichkeit auf Seiten der Nutzer messen. Diese Ergebnisse ermöglichen es, die in AP 3100 definierte Integration in ein bestehendes Sharing-System und dessen Auswirkungen auf die Akzeptanz von einspuriger Elektromobilität zielgerichtet umzusetzen. Die Ergebnisse der Potentialanalyse und Konzeptentwicklung sind weiterhin relevant, um die Zahlungsbereitschaft der Kunden für ein integriertes Sharing-System zu eruieren und die Determinanten der lokalen Nachfrage sowie die Anpassung der anzuwendenden Reallokationsmodelle zu bestimmen.

6.1.1.2 Stand der Forschung

Während der Markt für elektrische Zweiräder insbesondere in Asien außergewöhnlich stark wächst, existiert trotz alledem nur eine sehr spärliche Begleitforschung hierzu. Besonders das Segment der Kleinkrafträder (eScooter), limitiert durch eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von maximal 45 km/h und eine maximale Dauernennleistung von 4kW, welches sich nach unten zum Segment der eBikes und nach oben zum Segment der Motorräder, ist in der wissenschaftlichen Literatur nur vereinzelt zu finden. Eines der Gründe für diesen Zustand sind die Besonderheiten des weltweit größten Marktes: China. Auf diesem wurden die regulatorischen Abgrenzungen zwischen eBikes und eScootern nur vereinzelt durchgesetzt, was dazu führte, dass eScooter ohne Zulassung und ohne hinreichende technische Ausrüstung als eBike deklariert in Umlauf kamen und auch bei Verkehrskontrollen nicht beanstandet wurden (Cherry 2007; Cherry & Cervero 2007; Cherry 2010; Weiss et al. 2015; Yang 2010). Die saubere Unterscheidung zwischen eBikes und eScootern war daher nicht zielführend und Analysen in diesem Bereich wurden generell über eBikes durchgeführt. Mit diesem Ansatz

wurden mehrere wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht, welche sich mit der Entwicklung, den regulatorischen Maßnahmen und deren Einfluss auf den Markt in China befassen.

Die aktuelle Marktsituation mit der Unterscheidung von fahrradnahen eBikes (Bicycle Style Electric Bikes - BSEB) und scooternahen eBikes (Scooter Style Electric Bikes – SSEB), die historische wie ökonomische Entwicklung des Marktes in China sowie die technischen und finanziellen Faktoren des rasanten Wachstums in China wurden in (Weinert, Ma, Cherry, et al. 2007) analysiert. Faktoren für die Verbreitung von eBikes in China sind demzufolge unter anderem die Fortschritte in der Batterie-Technologie, eine breite Zuliefererbasis, steigende Haushaltseinkommen, im Vergleich zu benzinbetriebenen Kleinkrafträdern günstige Anschaffungs- und Unterhaltskosten sowie lokale wie nationale Vorschriften, welche mit Blick auf die Luftverschmutzung in den Städten elektrische Zweiräder gewisse Zugeständnisse machten.

Zu Ähnlichen Ergebnissen kam (Weinert et al. 2008) durch den Ansatz einer Force-Field-Analyse. Dabei wurden einerseits vier unterstützende Hauptelemente identifiziert: die technische Weiterentwicklungen, welche zu Kosteneinsparungen und Performancesteigerungen führte, Verbote von Zweirädern mit Verbrennungsmotoren, lokale und regionale Unterstützung von Seiten der Politik, sowie unzureichend ausgebauter öffentlicher Nahverkehr. Andererseits wurden auch drei Punkte identifiziert, welche dieser Entwicklung entgegenstehen: die ungebrochen hohe Nachfrage nach leistungs- und reichweitenstarken Motorrädern, welche in ganz Asien herrscht, Verbote bzw. Teilverbote von elektrischen Zweirädern in einigen Städten (unter anderem Beijing), welche mit der Verbesserung der Verkehrssicherheit oder des Verkehrsflusses begründet wurden, sowie als dritter Punkt auch die Unterstützung des Öffentlichen Nahverkehrs.

Das Nutzungsverhalten und Potentiale der Verkehrssicherheit wurden in (Weinert, Ma, Yang, et al. 2007) untersucht. Hierzu wurden Fahrrad- und eBike-Nutzer in der chinesischen Stadt Shijiazhuang (Provinz Hebei) befragt. Auch hier konnte in einer kleinen Unterumfrage bestätigt werden, dass die Vorschriften für eBikes nur zögerlich umgesetzt werden. Die hierbei angegebenen Höchstgeschwindigkeiten für das eigene Gefährt lagen wesentlich höher, als die Normen für eBikes vorschreiben. Nichtsdestotrotz konnte zwischen Fahrradnutzern und eBike-nutzern unterschieden werden. Die daraus resultierenden Ergebnisse zeigten deutliche Unterschiede im durchschnittliche Einkommen, Fahrtlängen und –dauern, Wegezwecken und durchschnittliche Geschwindigkeiten.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam (Cherry & Cervero 2007) in einer Umfrage unter Fahrrad-, eBike- und LPG-Roller-nutzern (LPG: Liquefied Petroleum Gas, Autogas) in Kunming (Provinz Kunming), China und Shanghai. Hier wurden die Nutzer per Fahrtenbücher beobachtet. Neben höheren Durchschnittseinkommen und Bildungsabschlüssen bei Nutzern von eBikes und LPG-Rollern wurde herausgefunden, dass bei allen Fahrzeugarten die Reisezeiten der Nutzer gleich waren. Die täglich zurückgelegten Fahrtstrecken stiegen bei eBike-nutzern und LPG-Roller-Nutzern allerdings um 9% bzw. 22%. Wesentliche Faktoren bei der Fahrzeugwahl waren hierbei höhere Geschwindigkeit, weniger körperlicher Aufwand, höhere Sicherheit und der überfüllte und unzuverlässige öffentliche Nahverkehr. Mit Fokus auf den Gesamtlebenszyklus wurden in (Cherry et al. 2009) die Emissionen von eScooter mit anderen Fahrzeugtypen verglichen. eScooter schnitten hier bei ihrem geringen Energieverbrauch während der Nutzung und weniger Ausstoß von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden positive ab. Bei anderen Emissionen schnitten sie allerdings gleichgut oder schlechter ab, als Fahrzeugalternativen. Ein wesentliches Problem von eScootern in China ist allerdings der weitverbreitete Einsatz von Blei-Säure-Batterien. Produktion, unkontrollierte Nutzung und mangelhaftes Recycling führen allerdings dazu, dass große Mengen Blei in die Umwelt gelangen. Hauptgrund für die weite Verbreitung dieser Batterietechnik in China ist vor allem der günstige Preis.

Einen weiteren Überblick über die historische Marktentwicklung in China, Umwelt- und regulatorische Aspekte sowie die Entwicklung von Zweirädern als Fortbewegungsmittel über die Dauer von vier Jahren gibt (Cherry 2010). Die Autoren schließen, dass elektrische Zweiräder vor allem als preiswerte Alternative zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor genutzt werden. Zusätzlich bieten diese weniger Lärmausstoß und weniger lokale Emissionen, und können daher helfen, Verkehrsprobleme und verkehrsinduzierte Luftverschmutzung in Städten zu reduzieren. Im direkten Vergleich zu benzinbetriebenen Zweirädern sind aktuell allerdings Reichweite und Geschwindigkeit noch nicht ausreichend, dass sich elektrisch angetriebene Zweiräder auf den Märkten durchsetzen können.

Einen allgemeinen Überblick über den weltweiten Markt und relevanter technischer und regulatorischer Eigenheiten in Bezug auf elektrische Zweiräder gibt (Fu 2013). Insbesondere wird hier auf die 2013 eingeführten neuen Vorschriften in China eingegangen.

Der aktuellste Überblick zu diesem Zeitpunkt über den Zweiradmarkt und den Stand der realen Emissionen von elektrischen Zweirädern wird in (Weiss et al. 2015) dargestellt. Dabei wird geschlussfolgert, dass Probleme wie Lärm und Luftverschmutzung in Innenstädten, als Folgen

von hoher Verkehrsbelastung, durch gezielte Förderung von elektrischen Zweirädern wesentlich gesenkt werden können. Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Zweiradmärkte in Asien, Nordamerika und Europa werden in (Hurst & Gartner 2014) dargestellt und ein Marktvorhersage für die Jahre bis 2018 gegeben. Eine vergleichende Analyse der Regulierungsmaßnahmen auf dem Markt der elektrischen Zweiräder in China sowie Taiwan wird in (Yang 2010) vorgenommen.

Eine detaillierte Analyse der Umweltprobleme, ausgelöst durch Zweitakter-Motoren in Zweirädern wurde in (Platt et al. 2014) vorgenommen. Hierbei wurden die Umweltfolgen dieser Motorenart verglichen und die hohen Schadstoffausstöße verglichen.

Eine der ersten Untersuchungen zur Nutzung von motorisierten Zweirädern innerhalb einer europäischen Metropole stellt (Kopp 2011) dar. Darin wird die Entwicklung des Anteils von motorisierten Zweirädern in Paris im Zeitraum von 2000 bis 2007 analysiert. Dabei konnte ein Anstieg der mit diesem Fahrzeugtyp zurückgelegten Personenkilometer von 36% aufgezeigt werden. Der Anteil von motorisierten Zweirädern am Gesamtverkehrsaufkommen wird dabei mit 17% angegeben. Eine Umfrage unter Nutzern dieses Fahrzeugtyps, durchgeführt 2008, ermittelte, dass der überwiegende Wegezweck das Pendeln zu und von der Arbeitsstätte/Schule war. Als durchschnittlicher wöchentlicher Reiseweg wurden 239 km ermittelt. Bei den angegebenen Fahrzeugen ergab sich eine durchschnittliche Kraftstoffersparnis von 50% im Vergleich zu PKWs. Weiterhin wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse für die Nutzung von motorisierten Zweirädern in Paris durchgeführt, welche durchweg positiv für Zweiräder verlief. Die in der Umfrage ermittelten Fahrzeugtypen waren überdies interessant. Wie auch in den Registrierungszahlen von Südeuropäischen Ländern ersichtlich (ACEM & ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles 2013), ist der Anteil von motorisierten Zweirädern mit Hubräumen zwischen 50 und 125 cm³ ungewöhnlich hoch. Während der Umfrage wurde dieser 56% angegeben. Weitere 29% hatten Hubräume über 125 cm³. Die Präferenz für niedermotorisierte Zweiräder ohne Knieschluss scheint ein fortlaufender Trend, besonders in südeuropäischen Ländern, zu sein. In der genannten Umfrage waren nur 14,5% aller Zweiräder im Hubraumbereich unterhalb der 50 cm³.

6.1.1.3 Fahrzeugklasse L1e-B

A. Fahrzeugklassifikation

Laut EU-Fahrzeugklassifikation, basierend auf der Richtlinie 2002/24/EC des Europäischen Parlaments und des Rates¹ sowie der Verordnung (EU) Nr. 168/2013 vom 15. Januar 2013², sind Zweiräder in zwei Kategorien unterteilt. Dies sind einerseits die Kategorie L1e mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von maximal 45 km/h, einer maximalen Dauernennleistung von 4 kW sowie eines Hubvolumens von maximal 50 cm³ bei Verbrennungsmotoren, und andererseits die Kategorie L3e, welche für Zweiräder gilt welche die oberhalb der Grenzen der Kategorie L1e liegen. Weiterhin besitzen beide Kategorien Unterkategorien. Für Kategorie L1e existieren hier die Unterkategorie L1e-A, für Zweiräder mit bauartbedingter Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h und einer Dauernennleistung von 1 kW, ausgerichtet auf eBikes, sowie die Unterkategorie L1e-B, für Zweiräder welche sich mit ihren Eigenschaften oberhalb der Kategorien L1e-B und unterhalb der Kategorie L3e einordnen. Unterkategorie L1e-B richtet sich an Mopeds und Roller im klassischen Sinne sowie S-Pedelecs. Richtlinien in anderen Ländern wie China oder der USA weichen hiervon teilweise ab und bieten eigene Grenzen für die entsprechenden Fahrzeugklassen. Ein Überblick hierüber wird in (Fu 2013; Hurst & Gartner 2014) gegeben.

B. Nomenklatur

In der einschlägigen Literatur existieren verschiedene Begriffe für Fahrzeuge der Klasse L1e-B. Weinert et al. (Weinert, Ma, Cherry, et al. 2007) sowie Cherry und Cervero (Cherry & Cervero 2007) bevorzugen den Begriff „Scooter Style electric Bike“ (SSEB), was vor allem an der komplexen Situation auf dem beobachteten Markt in China liegt, in dem die saubere Unterscheidung zwischen Fahrzeugen der an die (EU-) Klassen L1e-A und –B angelehnten Klassen in der Praxis im Untersuchungszeitraum eher minder konsequent durchgeführt wurde. Hurst und Gartner (Hurst & Gartner 2014) nutzen im Gegensatz dazu den Begriff „e-scooter“, während Kopp (Kopp 2011) mit der Bezeichnung „two-wheel motor vehicle“ (2WMV) im Allgemeinen arbeitet und dabei nicht genauer zwischen verschiedenen Hubräumen und Fahrzeugklassen unterscheidet. Weinert et al. (Weinert, Ma, Yang, et al. 2007) referenziert an anderer Stelle auch „gasoline-powered motor scooters“ (GMS), um die Antriebsart genauer zu benennen. Yang (Yang 2010) bezieht sich wiederum auf „scooter“ im allgemeinen und referenziert auf die Antriebsart durch die Unterscheidung zwischen „motor scooters“ und „electric scooters“. Durch die sehr unterschiedliche Nomenklatur dieser Fahrzeugklasse mit teilweise überlappenden Definitionen in der gängigen Literatur wurde für dieses Projekt

¹ <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/24/oj>

² <http://data.europa.eu/eli/reg/2013/168/oj>

entschieden, die Bezeichnungen der „European Association of Motorcycle Manufacturers „(ACEM) (ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles 2015b) zu übernehmen. Diese nutzt überwiegend die Begriffe „Moped“ und „Powered Two-Wheelers“ (PTWs), ohne weiter auf die Antriebsart einzugehen. Diese Begrifflichkeiten werden um den Term „Scooter“ ergänzt da dieser für die Fahrzeugklasse L1e-B durchaus verbreitet ist. Um nach Antriebsart differenzieren zu können werden weiterhin die Begriffe „e-PTW“ und „eScooter“ benutzt.

C. Vorschriften und Regelungen zur Nutzung

Für die Nutzung von Scootern gelten in Europa unterschiedliche Regeln, abhängig davon, in welchem Land der EU man sich befindet. Auch die EU-weite Harmonisierung der Führerscheinregelungen hat diese Differenzierung nicht vollständig beenden können. Für PTWs bis zur Hubraumgrenze von 125 cm³ können innerhalb der EU drei verschiedene Führerscheinklassen angewendet werden. Kategorie AM, bis 2013 als Kategorie M bezeichnet, erlaubt das Führen von zwei- und dreirädrigen Fahrzeugen mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von bis zu 45 km/h. Diese Führerscheinklasse kann, abhängig vom Land in dem die Prüfung abgelegt wird, bereits im Alter zwischen 14 und 16 Jahren, erworben werden. Führerscheinklasse B, die wohl verbreitetste Klasse, beinhaltet Klasse AM und kann ab dem Alter von 17 bis 18 Jahren erworben werden. In einigen Ländern der EU enthält die Führerscheinklasse B zusätzlich die Klasse A1, wenn bestimmte Kriterien erfüllt werden. Hierzu zählen Beschränkungen in Alter, zusätzliche Fahrstunden und Mindestbesitzfristen für die Klasse B. Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, darf dann ohne weitere Führerscheine ein Zweirad mit Hubräumen bis zu 125 cm³ geführt werden, wenn die maximale Dauernennleistung des Zweirads nicht über 11 kW liegt. Die Führerscheinklasse A1 kann separat erworben werden und damit die oben beschriebenen Zweiräder geführt werden. Hierfür ist ein Mindestalter von 16 bis 18 Jahren vorgeschrieben, abhängig vom entsprechenden Land. Zusätzlich gelten je nach Land unterschiedliche Übergangsregelungen für Führerscheine, die vor der Vereinheitlichung ausgegeben wurden. Im Vergleich zwischen den Ländern ergeben sich hieraus verschiedene Situationen, welche sich so auch in den Zulassungszahlen der Länder (ACEM & ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles 2013) widerspiegeln. So können etwas Spanier mit der Führerscheinklasse B PTWs mit 125 cm³ Hubraum nach drei Jahren Führerscheinbesitz führen, während Franzosen mit dieser Führerscheinklasse nach zwei Jahren Besitz und 7 Stunden Fahrtraining solche Fahrzeuge führen dürfen. Eine solche Regelung ist in Deutschland nicht umgesetzt, womit Inhaber der

Führerscheinklasse B (erworben nach dem 1.4.1980) auf Zweiräder mit 50 cm³ beschränkt sind. Die entsprechende EU Richtlinie 2006/126/EG ³ lässt derartige Differenzierungen zwischen den Ländern zu. Für die Fahrzeugklasse L1e lässt sich sagen, dass für die Unterklasse A im Allgemeinen kein Führerschein notwendig ist, für Klasse B allerdings eine der oben genannten Führerscheinklassen unter Beachtung entsprechender nationalen Eigenheiten. Für Fahrzeuge der Kategorie L1e gelten weiterhin verschiedene Straßenverkehrsregeln. So sind diese in Deutschland weder auf Autobahnen noch auf Kraftfahrstraßen erlaubt, während beispielsweise in Italien, wie alle PTWs mit weniger als 150cm³ Hubraum, auf Autobahnen verboten sind. Einheitlich sind andererseits die Bestimmungen bezüglich der Helmpflicht. Diese gilt überall im EU-Raum und ist der Internationalen Norm ECE 22/054 unterworfen.

6.1.1.4 Marktentwicklung

Im Jahr 2014 waren in Europa mehr als 252 Mio. PKW registriert (ACEA - Association des Constructeurs Européens d'Automobiles 2016). Im Segment der PTW waren hingegen nur 23,35 Mio. Motorräder und 9,67 Mio. Mopeds im Bestand zu verzeichnen (ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles 2015a). Die Registrierungszahlen in China im Jahr 2013 hingegen verzeichneten 92 Mio. registrierte PKW (National Bureau of Statistics China 2014). Für PTW liegen keine verlässlichen Zahlen vor. Einer Schätzung aus dem Jahr 2010 zufolge waren allerdings ca. 100 Mio. PTWs sowie weitere 100 Mio. eBikes auf Chinas Straßen unterwegs (Gibson et al. 2013). Um diesen deutlichen Unterschied im PTW-Anteil zu erklären, ist ein Blick auf die wirtschaftliche Entwicklung beider Regionen sinnvoll. In Europa sank der PKW-Anteil während des Zweiten Weltkrieges deutlich, hervorgerufen durch Beschlagnahme und Zerstörung (Blumenberg 2014). Mopeds verzeichneten hier nach Ende des Krieges eine große Nachfrage, da sie die Nachfrage nach kostengünstigem Individualverkehr befriedigen konnten. Durch steigende Einkommen und langsam ansteigende Wiederverfügbarkeit wurden diese später immer mehr von PKW verdrängt. Heute spielen Mopeds nur noch eine untergeordnete Rolle im Verkehrsgeschehen in Europa, da PKW als Transportmittel bevorzugt werden. PTWs werden in Europa vermehrt als Freizeitfahrzeug genutzt, um touristische oder sportliche Funktionen zu erfüllen (ACEM & ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles 2013), hierbei werden bevorzugt Fahrzeuge der Klasse L3e eingesetzt, also mittel- und hochmotorisierte Motorräder. Nichtsdestotrotz sind Mopeds in einigen Bereichen

³ <http://data.europa.eu/eli/dir/2006/126/oj>

⁴ <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r022r4e.pdf>

immer noch beliebt, da sie eine kostengünstige Form des Individualverkehrs darstellen, z.B. bei Jugendlichen zwischen 16 und 18 Jahren. Weiterhin ist die Verbreitung von PTW, insbesondere von Mopeds und Scootern, in Südeuropa überdurchschnittlich. Die Nutzung dieser Fahrzeuge wird hier durch mehrere Faktoren begünstigt: einerseits sind diese Fahrzeuge deutlich einfacher in überfüllten Straßen zu manövrieren und die Parkplatzsuche ist wesentlich einfacher als mit einem Auto, andererseits sind die Wetterbedingungen in Ländern wie Italien und Spanien über das ganze Jahr wesentlich komfortabler für die Zweiradnutzung. Die Nutzung von PTWs spielt in diesen Ländern, anders als in den gesamteuropäischen Statistiken ersichtlich, eine nicht unwesentliche Rolle. Hierbei ist anzumerken, dass auch diese Statistiken dazu tendieren können, die PTW-Nutzung systematisch zu unterschätzen. Kopp z.B. taxierte den PTW-Anteil in Paris auf 17%, während offizielle Schätzungen der Stadt Paris diesen Anteil mit 4 bis 6% veranschlagten (Kopp 2011). Eine etwas andere Situation ergibt sich bei der Betrachtung des chinesischen Marktes. Fahrräder hatten seit langem eine beherrschende Stellung im chinesischen Straßenbild, wie auch in vielen anderen asiatischen Ländern (Weinert, Ma, Yang, et al. 2007). Schätzungen über die Anzahl der Fahrräder in China gingen 2011 von 470 Mio. Fahrrädern aus, was die Bezeichnung als „Königreich der Fahrräder“ durchaus gerecht würde (Fu 2013). Mit dem starken Wirtschaftswachstum der letzten Jahrzehnte stiegen auch die Einkommen in China, und alternative Transportformen wurden plötzlich bezahlbar. PKW-Registrierungen in China erreichen inzwischen Wachstumsraten von über 23% und es wird erwartet, dass der China weiter zum größten weltweiten PKW-Markt anwächst (ACEA - Association des Constructeurs Européens d'Automobiles 2016). Auch der PTW-Markt in China verzeichnet entsprechende Wachstumsraten. Für 2015 wurde der Absatz von PTWs in China auf 20 Mio. Einheiten geschätzt, knapp gefolgt vom indischen Markt, welcher mit 13,5 Mio. Einheiten der als zweitgrößter Wachstumsmarkt der Welt gilt (ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles 2015b). Auch der Markt für eBikes in China ist mit 10 Mio. abgesetzten Einheiten in 2005 ein relevanter Weltmarkt (Weinert, Ma, Yang, et al. 2007).

6.1.1.5 elektrisch angetriebene Zweiräder – ePTW

Das stetige Wirtschaftswachstum in China führte und führt zu einer stetigen Verschiebung im Mobilitätsbereich von der klassischen Fahrradnutzung und Wegen zu Fuß hin zu motorisiertem Individualverkehr. Hierfür verantwortlich zeichnet sich insbesondere die fortschreitende Urbanisierung, wachsende Einkommen und ein unzureichend ausgebauter Nahverkehr (Fu 2013). Diese Entwicklung hat, wie zu erwarten, auch seine negativen Effekte, wie erhöhte

Verkehrsbelastungen, Emissionsbelastungen in den Städten und damit auch eine ansteigende Gesundheitsgefährdung in diesen Städten. Politische Gegenmaßnahmen wurden bereits im Jahr 1991 beschlossen, als der Nationale Forschungsrat in China die Erforschung und Entwicklung von Elektroantrieben für Zweiräder zu einem der technologischen Hauptziele für den Fünfjahresplan vorschlug (Weinert, Ma, Cherry, et al. 2007). Hierdurch wurden Forschungs- und Produktionsziele unter anderem darauf ausgerichtet, benzinbetriebene PTWs durch elektrisch betriebene Alternativen zu ersetzen. Diese Maßnahmen zeigen inzwischen Wirkung, chinesische Hersteller sind durch diese politischen Maßnahmen inzwischen führend in der Entwicklung, Produktion und Vertrieb von eScootern und deren Komponenten. Europäische Hersteller von Mopeds und eScootern greifen inzwischen sehr oft auf chinesische Hersteller als Zulieferer für Komponenten und ganze Fahrzeuge zurück.

Auch eingessene Hersteller von PTWs haben inzwischen auf die Entwicklungen dieses Marktes reagiert. 2011 präsentierten drei namhafte Hersteller elektrische Modelle: Yamaha EC, Peugeot E-Vivacity, sowie Honda's EV-Neo wurden der Öffentlichkeit präsentiert. 2016 präsentierte auch Piaggio mit der Vespa Elettrica ein elektrisches Modell auf der EICMA. Unterdessen stiegen auch neugegründete Hersteller in Europa in den Markt für eScooter ein: unter anderem Govecs, Unu, Kumpan electric, Emco in Deutschland, Nito und KRC Motors in Italien sowie Torrot und Scutum in Spanien. Ein weiteres Untersegment der PTWs wurde mit der Entwicklung der „Smart Scooter“ vorgestellt, welches von Gogoro aus Taiwan und NIU aus China vorangetrieben wird. Diese Fahrzeuge kombinieren ihre Zweiräder mit weiteren digitalen Dienstleistungen, wie Smartphone-basierten Services, z.B. schlüssellosem Zugang, Batterieprüfung, Geolokalisierung, individuelle Farbgestaltung, oder ein Batteriewechselservice, welcher das heimische Batterieladen überflüssig macht. In den nächsten Jahren sind weitere Entwicklungen in diesem Bereich zu erwarten, welche dieses Subsegment auch für Volumenhersteller interessant machen dürfte.

Im Bereich der Motorräder sind ebenso Fortschritte zu erkennen. Bereits 2012 präsentierte BMW sein Modell „C Evolution“. Dieses wurde 2016 nochmals überarbeitet. Auch im Jahr 2012 präsentierte KTM sein Modell „Freeride E“. Zwei Jahre später enthüllte Harley-Davidson sein Entwicklungsprojekt „LiveWire“. Auch hier traten neue Hersteller in den Markt ein: unter anderem Energica Motor Company, Zero Motorcycles, Lightning Motorcycles, Brammo, Johammer, ALTA Motors und Tork Motorcycles.

6.1.1.6 Einspurfahrzeuge im Sharing

In den letzten Jahren entwickelte sich der Markt für alternative Mobilitätsangebote deutlich, insbesondere durch den Markteintritt großer Anbieter. Die Systeme dieser Anbieter bieten ihren Nutzern die Möglichkeit, PKW oder Fahrrädern meist auf Basis von Minutentariifen oder kombinierter Zeit/Kilometer-Tarife anzumieten und zu nutzen. Hierbei werden zwei Nutzungsansätze unterschieden. Einerseits existieren Free-Floating-Systeme, in denen die Nutzung der Fahrzeuge innerhalb eines definierten Geschäftsgebietes frei beendet werden kann und somit keine Notwendigkeit besteht die Fahrzeuge wieder an ihren Ursprungsort zurück zu verbringen, andererseits existieren Stationsbasierte Ansätze, bei denen genau dies Nutzungsbedingung ist. Zweite Systeme nutzen meistens Tarife auf Zeit-/Kilometer-basis mit vorher auszuwählenden Nutzungszeiträumen. Beide Systeme haben für Nutzer ihre Vor- und Nachteile, bieten aber mit ihrem Angebot die Möglichkeit auf ein eigenes Fahrzeug zu verzichten und bei Bedarf dennoch immer über ein Fahrzeug verfügen zu können. Insbesondere bei Anbietern von PKW-Sharing-Systemen hilft dieser Wirkzusammenhang in den Städten mit derartigen Angeboten, durch die bedarfsspezifische gezielte Auswahl des Verkehrsmittels, Verkehrsbelastungen zu reduzieren und die Parkplatzsituation zu entlasten (Weickl & Bogenberger 2013). Ein Lock-in-Effekt, ausgelöst durch die Eigenanschaffung eines PKWs wird hierdurch vermieden. Neben Anbietern von PKW-Sharing-Systemen wie beispielsweise DriveNow, Car2Go, Stattauto oder Stadtmobil existieren auch Anbieter für Fahrrad-Sharing-Systeme, z.B. Vélib' und Nextbike.

Auch im Bereich der PTW haben sich Anbieter für Sharing-Systeme etabliert. So bietet ScootNetworks in San Francisco, USA eScooter auf Sharing-Basis an. In Deutschland bieten eMio in Berlin, Scoo.me in München und Jaano in Hamburg PTW in der Fahrzeugklasse L1e-B im Sharing-Bereich an, sowie SCO2T in Wien, Motit in Barcelona und Cityscoot in Paris. Als einer der ersten Anbieter überhaupt nahm „enjoy“, eine Tochter des Eni-Konzerns in Italien, eRoller der Marke Piaggio MP3 (Fahrzeugklasse L5e) mit in ihren Fuhrpark auf und begründete damit ein Integriertes Sharing-System, welches neben PKW auch andere Fahrzeugformen anbietet.

6.1.1.7 Aufbau des Feldversuchs

Ziel des Feldversuches war es, die Nutzbarkeit von eScootern, also Zweispurfahrzeugen der Klasse L1e-B, in einer europäischen Großstadt zu untersuchen und mögliche Anwendungen sowie Einschränkungen in diesem Kontext zu erfassen. Hierzu wurde ein Feldversuch in München durchgeführt. Aus einem solchen Versuch ergeben sich weitere Fragestellungen, die

beantworten sollen inwieweit die Nutzung von eScootern PKW-Verkehr insbesondere in urbanen Räumen substituieren kann und dadurch jene Problem lindern, mit denen jede Großstadt zu kämpfen hat: Verkehrsprobleme, Parkplatzknappheit und verkehrsbedingte Umweltbelastungen. Hierzu wurden Wegezwecke und Nutzerakzeptanz genauso ausgewertet wie die Wetterabhängigkeit und Probleme, die die Probanden bei der Nutzung hatten. Diese Aspekte wurden auch mit dem Ziel untersucht, die Möglichkeiten der Nutzung im Sharing-betrieb aufzuzeigen.

Der Feldversuch wurde in München durchgeführt. Als drittgrößte Stadt in Deutschland, besitzt München eine Population von über 1,5 Mio. Einwohnern und bedeckt eine Fläche von 310 km². Auf europäischer Ebene stellt München die zwölft-größte Stadt dar. Zusammen mit dem Umland, bietet München 2,7 Mio. Menschen eine Heimat auf einer Fläche von ca. 5.500 km². Die Stadt bietet im Nahverkehrsbereich ein U-Bahn-System, ein S-Bahn-System, mehrere Tram-Linien und ein großes Netzwerk an Busverbindungen. Trotz alledem spielt der motorisierte Individualverkehr (MIV) per PKW eine wesentliche Rolle im Verkehrsgeschehen der Stadt. Die PKW-Besitzrate innerhalb der Stadt liegt im Bundesdurchschnitt, während diese im Münchner Umland leicht oberhalb des Bundesdurchschnitts liegt (Pitterle et al. 2010). Hauptverkehrsadern für den MIV, neben dem Autobahnring um die Stadt, sind die drei Ringstraßen (Äußerer Ring, Mittlerer Ring, Altstadttring) welche in unregelmäßigen Abständen als Kraftfahrstraße ausgewiesen sind. Dieser Straßentyp ist unter anderem dadurch definiert, dass er nur für Fahrzeuge befahrbar ist deren bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit bei über 60 km/h liegt. Auch wenn die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auf diesen Straßen 60 km/h nicht überschreiten, werden diese für die Nutzung von Kleinkrafträdern bzw. Scootern ausgeschlossen, was ein vorankommen innerhalb der Stadt teilweise erheblich erschwert. Beobachtungen vor Ort bestätigen aber die Vermutung, dass diese Regelung einige Nutzer von PTWs nicht bekannt ist.

Das Klima in München reicht von minimalen Durchschnittstemperaturen im Januar mit -2,5°C bis zu den höchsten Durchschnittstemperaturen von 24,4°C im Juli⁵.

Aus den Daten von 2016 ergibt sich ein ähnliches Bild mit -3,1°C Durchschnittstemperatur im Januar und durchschnittlichen 25,1°C im Juli⁶. München bietet im Durchschnitt weiterhin 126 Regentage mit einer leicht erhöhten Anzahl im Juli mit durchschnittlichen 13 Regentagen⁷.

⁵ <http://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klimadatendeutschland.html#buehneTop>

⁶ <https://en.wikipedia.org/wiki/Munich> Daten abgerufen von DWD und aggregiert

⁷ <http://www.wetter.de/klima/europa/deutschland/muenchen-s99000036.html>

Im Hinblick auf das Forschungsziel und die involvierte Sharing-Komponente wurde dieser Feldversuch als Gruppentest ausgelegt. Hierfür wurde Nutzergruppen mit einem gemeinsamen Anlaufpunkt in München die Möglichkeit gegeben, die eScooter gemeinschaftlich zu nutzen. Die allgemeine Verfügbarkeit und die Ungewissheit der Nutzbarkeit, verursacht durch den wechselnden Ladezustand der Akkus, konnten so simuliert werden. Der gemeinsame Anlauf- bzw. Treffpunkt konnte hierbei ein gemeinschaftlich genutztes Büro oder eine Wohngemeinschaft im weiteren Sinne sein, welche als Ort zum Schlüsselaustausch und zur Übernahme und Ladepunkt der Akkus diente. Der einzusetzende eScooter sollte gewisse Mindestanforderungen erfüllen. Hierfür wurde die Zulassung als Fahrzeug der Klasse L1e-B ebenso wie die Nutzung mit zwei Personen definiert. Weiterhin wurde eine Reichweite von mindestens 100 km ohne Umstecken oder Batteriewechsel sowie die Möglichkeit des Batteriewechsels vorausgesetzt. Die Möglichkeit zum Laden am Fahrzeug sowie Laden der entnommenen Batterien außerhalb waren ebenso erwartet, um die Nutzbarkeit der eScooter sicherzustellen. Um die im Handel verfügbaren Modelle auf Nutzbarkeit zu prüfen, wurden diese nach Möglichkeit im Vorfeld durch eine Probefahrt gesichtet. Die hier genannten Kriterien wurden sorgfältig zusammengestellt um einen reibungslosen Feldversuch sicherzustellen, sie sind allerdings keine Mindestvoraussetzungen für die allgemeine Nutzung und spiegeln nur die fachliche Meinung der beteiligten Personen wider. Die Analyse der im Handel zur Verfügung stehenden Modelle ergab, dass das Modell 1954L der Firma Kumpan electric die Anforderungen vollständig erfüllte und den besten subjektiven Eindruck während der Testfahrten hinterließ, daher wurde die Entscheidung für dieses Modell getroffen. Der Feldtest wurde schlussendlich zwischen Mai und Juli 2016 durchgeführt. Die Fahrzeuge standen den Gruppen in dieser Zeit durchschnittlich für 8 Wochen zur Verfügung. Innerhalb dieses Zeitraums mussten verschiedene Schäden an den Fahrzeugen repariert werden, was die Verfügbarkeit der eScooter auf durchschnittlich 6,5 Wochen senkte. Bei diesen Schäden handelte es sich unter anderem um technische Probleme wie einem gefluteten Spannungswandler, einem defekten Akku und einer weggebrochenen Hauptsicherung, wie auch um nutzerinduzierte Schäden.

Die Nutzer waren im Testzeitraum dazu verpflichtet, die gemachten Fahrten per Fahrtenbuch zu dokumentieren. Die notwendigen Fahrtenbücher und Stifte wurden zur Verfügung gestellt. Die einzutragenden Daten waren Datum, Abfahrtszeit, Ankunftszeit, Wegezweck, Kilometerstand und Anzahl der geladenen Batterien, die vor Fahrtantritt eingesetzt wurden, bzw. ob am Fahrzeug geladen wurde. Um die Analyse der Daten zu vereinfachen und

gleichzeitig die Privatsphäre der Nutzer zu achten wurden für die Wegezwecke vordefinierte Gruppen zur Verfügung gestellt, welche sich an anderen Umfragen (Pitterle et al. 2010) orientierten. Zur Auswahl standen hierbei Fahrten zur Arbeit/Ausbildung, Einkaufswege, Freizeitwege, dienstliche Wege, persönliche Erledigungen, und Abholung/Bringen anderer Personen.

6.1.1.8 Ergebnisse

Während der Auswertung und Validierung der Daten aus den Fahrtenbüchern wurden gewisse Unregelmäßigkeiten festgestellt. Wie in Fig. 6.1.1.1 ersichtlich, weichen die durchschnittlichen Geschwindigkeiten, berechnet aus den in den Fahrtenbüchern angegebenen Fahrtauern und Wegelängen, je nach Wegezwecke deutlich voneinander ab. Ausgehend von der Hypothese, dass mit dem gleichen Fahrzeug die durchschnittlichen Geschwindigkeiten relativ konstant seien sollten, kann man davon ausgehen, dass zwischen verschiedenen Wegezwecken keine wesentlichen Unterschiede bei der Durchschnittsgeschwindigkeit auftreten sollten. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass den Fahrtenbucheinträgen verschiedene Grundverständnisse über die Definition eines einzelnen, einzutragenden Weges zugrunde liegen, auch wenn bei dies bei Fahrzeugübergabe durchaus detailliert definiert wurde.

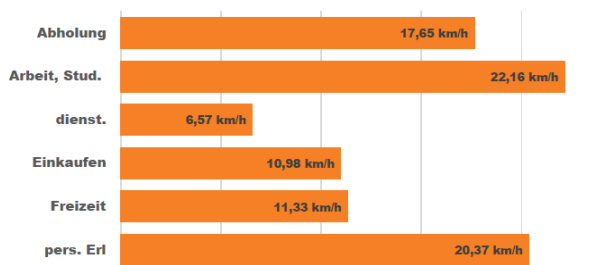


Abbildung 6.1.1.1: Unterschiede in der durchschn. Geschwindigkeit nach Wegezweck

Wenn man unterstellt, dass die schnellste, bei den Wegezwecken angegebene Durchschnittsgeschwindigkeit die wahre, im Münchner Verkehr erreichbare Durchschnittsgeschwindigkeit ist mit 22,16 km/h, kann man davon ausgehen, dass Fahrtenbucheinträge mit anderen Wegezwecken öfters als Rundweg definiert wurden. Diese bestehen, im Gegensatz zu Einzelwegen aus einem Hinweg, einem Rückweg und einer Verweilzeit zwischen diesen Wegen. Die Neuberechnung der durchschnittlichen Reisezeiten unter Annahme der korrekten Durchschnittsgeschwindigkeit zeigt unterstellte Verweilzeiten, wie in Fig. 6.1.1.2 abzulesen.

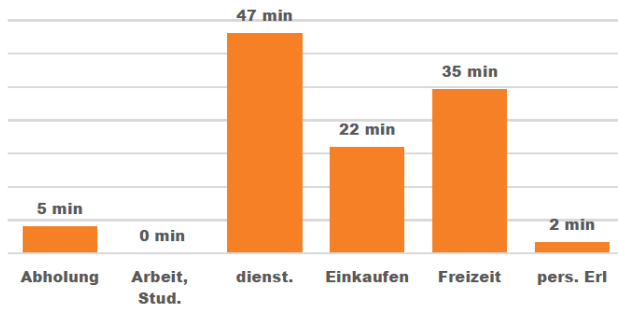


Abbildung 6.1.1.2: Durchschn. projizierte Verweilzeit nach Wegezweck

Obwohl es keinen finalen Nachweis für Irregularitäten innerhalb der Daten gibt, können Durchschnittsgeschwindigkeiten von 6,57 km/h als unrealistisch angesehen werden. Weiterhin liegen die Verweilzeiten relativ nah an den zu erwartenden Zweckdauern. Daher wurde von den Autoren entschieden, die korrigierten Daten neben den Originaldaten darzustellen, da beiden Datensätze ihre Vorzüge bei der Abschätzung verschiedener zu betrachtender Sharing-Systeme haben. Die Originaldaten spiegeln eher die Nutzungsform eines Round-Trip-Sharing-Systems wider, während die korrigierten Daten eher die Nutzung in Free-Floating-Systemen widerspiegeln.

Da nicht jeder Fahrtenbucheintrag von dieser Unregelmäßigkeit betroffen ist, wurde eine Methode entwickelt um zwischen betroffenen und nichtbetroffenen Einträgen zu unterscheiden. Bei der Analyse der Datensätze wurde auch die Verteilung der berechneten Geschwindigkeiten betrachtet. Hier wurden weder Sprünge noch andere Auffälligkeiten entdeckt. Die auffällige Abhängigkeit der Abweichungen von den Wegezwecken kann allerdings eine Annahme getroffen werden: je höher die Durchschnittsgeschwindigkeit des Wegezwecks, desto weniger ist dieser Wegezweck von den Unregelmäßigkeiten betroffen. Führt man also einen unteren Grenzwert v_{min} für die Geschwindigkeit ein, für den gilt, daß Werte unterhalb dessen als Indikator für einen betroffenen Eintrag gelten und damit dieser Eintrag als doppelter Weg gezählt wird, verändert sich zusammen mit diesem Grenzwert die relative Anzahl des nichtbetroffenen Wegezwecks. Der korrekte Grenzwert ergibt sich also im Minimum der relativen Anzahl der nichtbetroffenen Wegezwecke. Angewendet auf alle Fahrtenbucheinträge ergibt sich, wie in Fig. 6.1.1.3 zu sehen, der optimale Grenzwert bei 12 km/h.

Nutzt man diesen Grenzwert um betroffene Einträge zu identifizieren, ist es möglich diese als doppelte Einträge zu behandeln. Hierdurch ergibt sich, dass 32% aller Einträge betroffen sind, was 78 zusätzlichen Wegen entspricht, welche mit jeweils der Hälfte der zurückgelegten Strecke hinterlegt wurden. Die zurückgelegten Entfernungen der Originaleinträge wurden ebenso angepasst. Aussagen basierend auf den Originaldaten werden die Aussagen basierend auf den angepassten Daten mit Klammern hintangestellt.

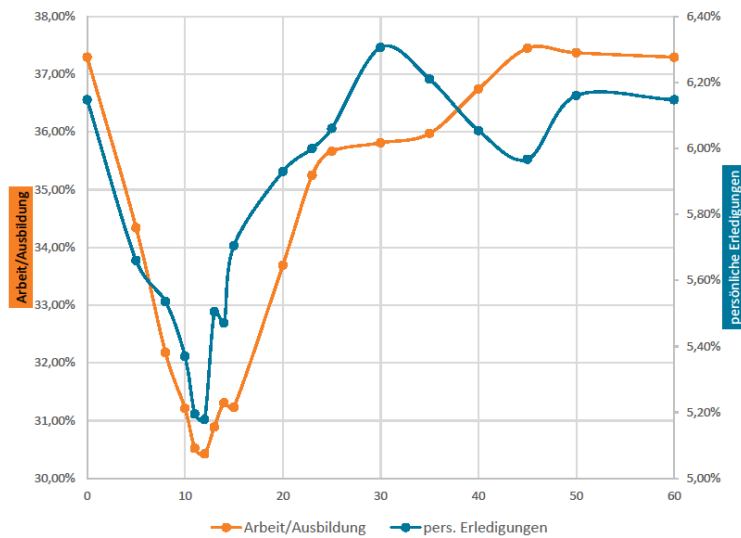


Abbildung 6.1.1.3: Entwicklung der Wegezweckanteile an den Gesamtfahrten nach Trennungsschwelle

Tabelle 6.1.1.1 Statistik des Feldversuchs in Tagen

Fzg.	Dauer	Reparatur	Verfügbar	Aktiv	Aktivität
1	59	13	46	28	61%
2	54	9	45	24	53%
3	43	0	43	16	37%
4	60	18	42	34	81%
5	64	12	52	15	29%
avg	56	10,4	45,6	23,4	52%

Insgesamt wurden mit den zur Verfügung gestellten eScootern 2603 km zurückgelegt, was einem Durchschnitt von 520,6 pro Fahrzeug entspricht. Wie in Tabelle 6.1.1.1 zu erkennen, wurden die Fahrzeuge mit verschiedenen Intensitäten genutzt. Erkennbar

an der Aktivitätsrate, welche als Verhältnis zwischen Anzahl Tagen mit mindestens einer Fahrt und Anzahl verfügbarer Tage definiert ist, wurden die eScooter zwischen 28% und 81% der verfügbaren Tage genutzt. Es ist erwähnenswert, dass das Fahrzeug mit der geringsten

Aktivitätsrate für die meisten Tageskilometer genutzt wurde, wie in Tabelle 6.1.1.2 zu erkennen. Insgesamt wurden die eScooter an 52% der verfügbaren Tage mindestens einmal genutzt. Da den Nutzern die Fahrzeuge nur für einen beschränkten Zeitraum von 1,5 Monaten zur Verfügung standen, ist davon auszugehen, dass diese weder den zur Verfügung stehenden Fahrzeugbestand relevant verändert haben, noch Anpassungen bei den gebuchten Dauerkarten für den öffentlichen Nahverkehr vorgenommen haben. Unter diesen Bedingungen ist die Aktivitätsrate als positiv zu bewerten. Um die gesammelten Daten in Relation setzen zu können, wurde die Ergebnisse der MiD-Studie (Pitterle et al. 2010) herangezogen. In dieser Studie werden für München die Anzahl der durchschnittlichen Täglichen Wege mit 3,4 angegeben. Mit 2,04 (2,7) Wegen pro aktivem Tag nutzten die Probanden in diesem Feldversuch die eScooter für durchschnittlich 60% (79%) der Wege. Weiterhin wird für die täglich zurückgelegten Distanzen ein durchschnittlicher Wert von 35km angegeben. Mit einer durchschnittlichen Distanz von 22,4 km pro aktivem Tag wurden die eScooter für 64% der Distanzen genutzt, was dafürspricht, dass diese Fahrzeuge für einen relevanten Teil der täglichen Wege genutzt werden können.

A. Nutzeranalyse

Die Nutzung eines PTW setzt gewisse Fähigkeiten voraus, die aus verschiedensten Gründen nicht jeder potentielle Nutzer mitbringt. Neben Balance ist auch ein grundlegendes Wissen über das Verhalten eines PTW bei Beschleunigung und in Kurvenlage notwendig. Weiterhin ist eine positive Grundstimmung bezüglich PTWs notwendig. Daher ist nicht jede Person fähig oder willens, ein PTW zu nutzen. Den in diesem Feldversuch eingesetzten Testpersonen kann man unterstellen, dass sie mittels Selbstselektion zu der Gruppe jener Personen gehören, die diese positive Grundstimmung aufweisen. Es gibt allerdings Anhaltspunkte, dass die teilnehmenden Gruppen vor allem durch einzelne Teilnehmer der Gruppe, welche diese Grundstimmung aufweisen, dazu ermutigt worden sind, einer Teilnahme zuzustimmen.

Tabelle 6.1.1.2: Laufleistung

Fahrzeug	Laufleistung	Aktivitätsrate	Laufleistung pro aktivem Tag
1	510 km	60,9%	18,2 km
2	594 km	53,3%	24,8 km
3	186 km	37,2%	11,6 km
4	807 km	81,0%	23,6 km

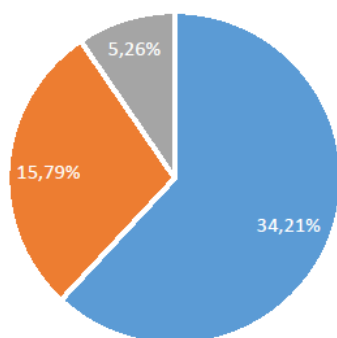
5	506 km	28,9%	33,7 km
Summe/ Ø	2603 km	53,2%	22,4 km

Tabelle 6.1.1.3: Absolvierte Fahrten und aktive Tage

Fahrzeug	Anzahl Fahrten	Anzahl Fahrten korrigiert	Fahrten/ aktivem Tag	Fahrten/ aktivem Tag korrigiert
1	49	82	1,75	2,93
2	65	80	2,71	3,33
3	28	45	1,75	2,81
4	76	87	2,24	2,56
5	26	28	1,73	1,8
Summe/ Ø	244	322	2,04	2,7

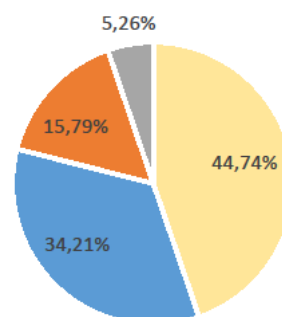
Hieraus lässt sich auch erklären, warum von den 38 Teilnehmern in 6 Gruppen teils sehr unterschiedliche Nutzungsintensitäten ausgehen. Von diesen 38 Nutzern haben 17 Personen die Fahrzeuge nach dem Einführungskurs, bei dem jedem Probanden das Fahrzeug erklärt wurde sowie überprüft wurde inwieweit sie dieses sicher bewegen können, nicht mehr benutzt. Dies entspricht einer Rate an aktiven Nutzern von 55,3%. Wenn man die eingangs erwähnte inaktive Gruppe aus diesen Zahlen entfernt, bleibt eine Rate von aktiven Nutzern von 60%. Auch unter diesen Nutzern konnten verschiedene Nutzungsmuster ausgemacht werden. Im Durchschnitt nutzten aktive Nutzer die Fahrzeuge für 11,6 (15,3) Fahrten. Ein kleiner Anteil von 5,3% (2 Nutzer) der aktiven Nutzer zeichnete sich allerdings für 24,6% aller Fahrten verantwortlich.

Auf der anderen Seite des Spektrums befanden sich 34,2% (13 Nutzer) der aktiven Nutzer, die 26,6% der Fahrten absolvierten. Mit Hilfe einer ABC-Analyse kann eine Verteilung der Nutzer vorgenommen werden, wie in Fig.6.1.1.4 zu sehen. Während die Anzahl der Heavy User überschaubar ist, können diese Probanden als Nutzer betrachtet werden, die ihre täglichen Wege sehr einfach auf die neue Mobilitätsalternative abstimmen konnten. Im Gegensatz hierzu waren die Wenignutzer weniger in der Lage, ihre täglichen Strecken mit dem eScooter zu absolvieren und präferierten weiterhin die schon vorher verfügbaren Transportformen. Insgesamt lässt sich die Verteilung der Teilnehmer wie in Fig. 6.1.1.5 abgebildet charakterisieren: ca. 20% der Teilnehmer waren sehr aktive Nutzer, die mit dem zur Verfügung gestellten Fahrzeug zurechtkamen und dieses in die täglichen Wege verschieden stark integrieren konnten. Weitere 34% der Gesamtteilnehmerzahl waren eher Gelegenheitsnutzer mit einem gewissen Interesse an der Thematik. Weitere 44,7% konnten sich mit dem zur Verfügung gestellten Fahrzeug nicht anfreunden und nutzen es nicht aktiv. Welche Gründe dieses Verhalten hat ist bisher unklar. Es besteht die Hoffnung, dass die in diesem Feldversuch zusätzlich durchgeführte Längsschnittbefragung weitere Details erklären kann. Schlussendlich sollte einerseits immer im Auge behalten werden, dass dieser Feldversuch mit freiwilligen Teilnehmern durchgeführt wurde. Diese Nutzer haben mit der Bereitschaft zur Teilnahme schon eine positive Grundeinstellung zum Thema PTW offenbart. Andererseits lässt sich hier aber auch schließen, dass eine für ePTWs und einen PTW-basierte Sharing-ansatz eine marktfähige Menge an Personen in München vorhanden ist. Wie groß diese ist, lässt sich durch eine derartig kleine Stichprobe allerdings nicht mit Sicherheit bestimmen, da dieser Test groß genug ist, um eine bevölkerungsrepräsentative Menge an Nutzern abzudecken.



■ Wenignutzer ■ Gelegenheitsnutzer ■ Heavy-User

Abbildung 6.1.1.4: Verteilung der aktiven Nutzer



■ Wenignutzer ■ Gelegenheitsnutzer ■ Heavy-User

Abbildung 6.1.1.5 Verteilung aller Probanden

B. Wegezwecke

Eine wichtige Frage bei der Nutzung von eScootern, die auch in diesem Feldtest eine Rolle spielte, war, für welche Wegezwecke sich diese Fahrzeuge eignen. Daher wurden für die Fahrten im entsprechenden Fahrtenbuch auch die Wegezwecke explizit abgefragt. Ausgehend von den bereits erwähnten, vordefinierten Antwortmöglichkeiten wurden die Wegezwecke ausgewertet. Ausgehend von den angepassten Daten war der meistangegebene Wegezweck die Freizeitfahrt mit 34%, dicht gefolgt von Fahrten von und zur Arbeit bzw. Ausbildung. Während der Anteil von Freizeitfahrten vergleichbar hoch war wie in (Pitterle et al. 2010) für München (33%) und Deutschland generell (32%) ermittelt, war der Anteil der Fahrten im Feldtest zu und von Arbeit bzw. Ausbildung oberhalb der Vergleichswerte in München (19%) und Deutschland generell (20%). Eine mögliche Erklärung für diese Abweichung dürfte der gemeinsame Anlaufpunkt sein, welcher für die Teilnahme vorausgesetzt wurde. Hierbei war bei allen Gruppen, außer der Gruppe deren Daten nicht nutzbar waren, ein gemeinsam genutztes Büro der Anlaufpunkt. Auch wenn der Anteil an Arbeitswegen in diesem Feldversuch überproportional repräsentiert ist, lässt sich hieraus schließen, dass ein nicht unwesentlicher Teil dieser Wege, welche bevölkerungsrepräsentativ 19% in Deutschland bzw. 20% in München betragen, durch eScooter ersetzt werden könnten und damit die Verkehrsspitzen in Großstädten, welche zu großen Teilen aus diesen Wegen bestehen, entlasten können. Auch bei Freizeitfahrten haben sich die Fahrzeuge als eine sinnvolle Alternative präsentiert. Damit ergibt sich auch hier eine interessante Alternative für die PKW-Nutzung.

In diesem Zusammenhang wäre es interessant, einen weiteren Wegezweck genauer zu analysieren. Dienstliche Wege bilden zwar nur einen kleinen Anteil am allgemeinen Verkehr mit 5%, sind in den Fahrtenbüchern allerdings mit 19% überproportional vertreten. Mündliche Berichte der Testteilnehmer lassen allerdings darauf schließen, dass die eScooter bei dienstlichen Fahrten die Nutzung von PKWs ersetzen, um zwischen Firmenstandorten in München zu wechseln und Kundentermine wahrzunehmen.

Ein in den Daten unterrepräsentierte Wegezweck war die Fahrten zu Einkaufszwecken. Mit nur 9% Anteil an den Fahrten lag dieser wesentlich unterhalb der Vergleichsdaten (Pitterle et al. 2010), die einen 24%-Anteil ausweisen. Eine Erklärung für diese Abweichung steht aus. Weitere Analysen in diesem Themengebiet könnten hierüber Aufschluss bringen.

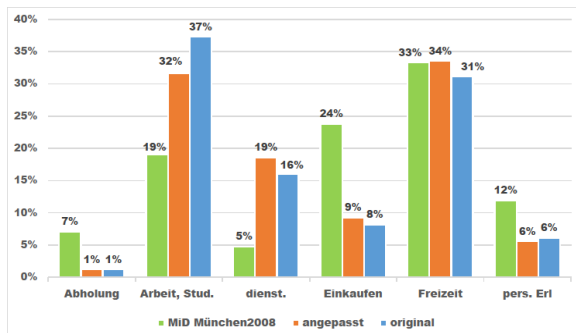


Abbildung 6.1.1.5: Verteilung der Wegezwecke

C. Distanzen

Bei der Analyse der mit den eScootern zurückgelegten Distanzen und der Gegenüberstellung mit den Vergleichsdaten kann festgestellt werden, dass sich, bis auf zwei Ausnahmen, die zurückgelegten Strecken nach Wegezweck stark ähneln, wie in Fig. 6.1.1.7 zu sehen. Zu den Ausnahmen gehören einerseits die dienstlichen Wege, welche eine Abweichung von über 20% aufweisen. Dies kann allerdings damit erklärt werden, dass dienstliche Fahrten zu Zielen außerhalb der Stadt nur schwerlich mit den zur Verfügung gestellten Fahrzeugen zu absolvieren sind, da die Einschränkungen in Geschwindigkeit und Reichweite, sowie die Fahrtbeschränkungen auf Autobahnen und Kraftfahrstraßen, eine sinnvolle Nutzung von eScootern auf solchen Strecken wesentlich erschweren. Die gewonnenen Daten scheinen daher eine Verzerrung zugunsten von innerstädtischen Fahrten sowie Fahrten in den Vororten aufzuweisen. Die zweite Ausnahme bilden die Fahrten zu Freizeitwecken. Obwohl die Originaldaten sehr nah an den in (Pitterle et al. 2010) präsentierten Daten liegen, sinkt die durchschnittliche Distanz dieser Fahrten in den angepassten Daten um ca. 30%. Diese Differenz kann verschiedene Gründe haben, scheint allerdings im Rahmen der Erkenntnisse über die dienstlichen Fahrten ähnlichen Einflüssen zu unterliegen.

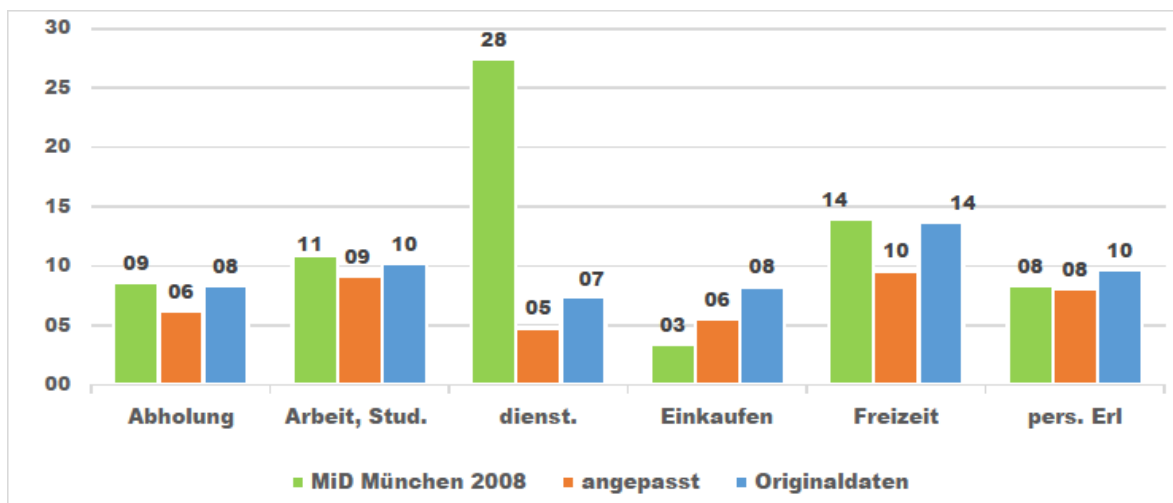


Abbildung 6.1.1.7: Vergleich der durchschn. Entfernungen je Wegezweck

D. Nutzungszeiten

Um die Fahrzeugnutzung besser verstehen zu können sowie zur Datenvalidierung wurden die Nutzungszeiten analysiert. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Abfahrtszeiten gelegt. Wie in Fig. 6.1.1.8 zu erkennen, ergeben sich in den Daten keinerlei größeren Auffälligkeiten. Fahrten zur und von Arbeit bzw. Ausbildung haben um 8 Uhr morgens ihre erste Spitze und steigen breiter verteilt in den Nachmittagsstunden erneut an, mit einer Spitze um 17 Uhr. Weiterhin sind einige Ausreißer morgens um 5 Uhr und abends um 21 Uhr zu erkennen. Dienstfahrten wurden im Rahmen der Büro- und Geschäftszeiten absolviert, mit einem leichten Sprung um die Mittagszeit gegen 13 Uhr.

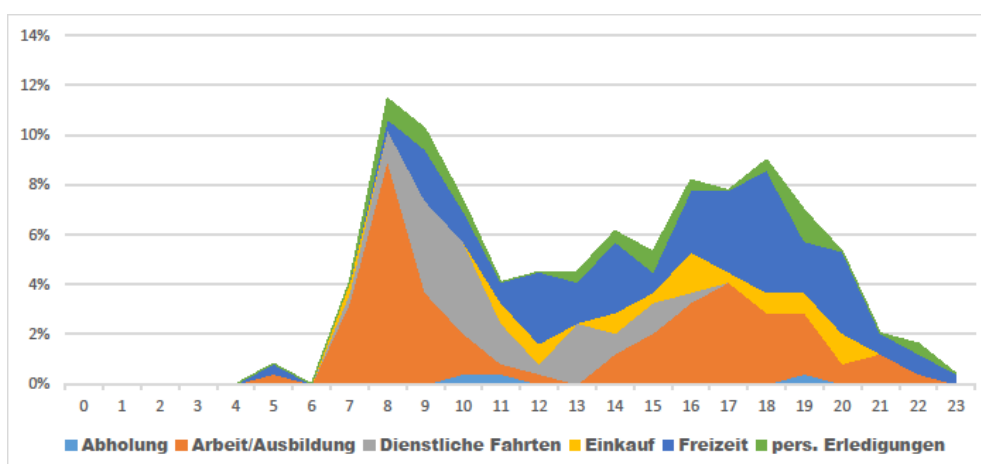


Abbildung 6.1.1.8: Startzeiten je Wegezweck

E. Wettereinfluss

Während dieses Feldtest war das Wetter in München relative wechselhaft mit Temperaturen zwischen 5°C und 34,5°C sowie Niederschlägen bis zu 29 l/m² pro Tag. Bedingt auch durch den kleinen Stichprobenumfang ergab eine Regressionsanalyse keine aussagekräftigen Ergebnisse ($R^2 < 0,3$). Da die Fahrzeuge durch verschiedene Schäden und entsprechende Reparaturen auch nicht durchgehend zur Verfügung standen, war eine Analyse dieser Daten fast unmöglich. Schlussendlich wurde sich dafür entschieden, die Daten mit Hilfe von bedingten Wahrscheinlichkeit zu analysieren um Wetterabhängigkeiten darstellen zu können. Hierfür wurden die Temperaturen zur Abfahrtszeit jeder einzelnen Fahrt zugeordnet, wie auch der Niederschlag. Hierbei wurde auf Daten einer zentral in München positionierten Wetterstation⁸ zurück gegriffen. Durch diese Zuordnung konnte eine, wie in Fig 6.1.1.9 zu erkennen, ein Zusammenhang zwischen Fahrtwahrscheinlichkeit und Temperatur abgebildet werden. Trotz dieser eher ungewöhnlichen Analyse lässt sich der vermutete Zusammenhang zwischen Wetter und Fahrtbereitschaft der Teilnehmer darstellen. Wichtig ist hierbei die Untergrenze der Temperatur, ab der die Nutzer ohne zusätzliche, geeignete Ausrüstung bereit sind, die Fahrzeuge zu nutzen. Diese Untergrenze liegt bei 7°C, bei dieser wurden zwei Fahrten durchgeführt. Die zweite wichtige Kennzahl, die aus den Wetterdaten ablesbar ist, ist der Niederschlag. Insgesamt wurden bei 9% der Fahrten gemessen, dass zur Abfahrtszeit an der Wetterstation Niederschlag herrschte. Da die Probanden beziehungsweise die Fahrzeuge zu diesen Zeitpunkten innerhalb der Stadt und ihrer Randgebiete unterwegs waren, lässt sich hierdurch nur bedingt eine Aussage herleiten. Die Wettersituation an der Wetterstation kann sich durchaus von der am Abfahrtsort unterscheiden, wobei hierbei die Regensituation wesentlich größeres Abweichungspotential bietet. Ausgehend von den Fahrtenbucheinträgen fanden 57% aller Fahrten an Tagen statt, an dem kein Niederschlag zu verzeichnen war. Weiterhin fanden 94% aller Fahrten an Tagen mit weniger als 8 l/m² Niederschlag statt. Wendet man diese Grenzwerte auf die Münchner Wetterdaten für das Jahr 2016 an, ergeben sich verschiedene Aussagen. Innerhalb des Jahres hatten 61% der Tage keinen Niederschlag, und 91% der Tage Niederschlag von weniger als 8 l/m². Bezogen auf die Hauptnutzungszeiten von 8 bis 22 Uhr, hatten zwei Drittel aller Tage eine Durchschnittstemperatur oberhalb von 7°C. Kombiniert man beide Grenzwerte, ergeben sich für das Jahr 2016 58% der Tage, die eine

⁸ <http://www.mingaweda.de/wetterdaten/>

Durchschnittstemperatur von mindestens 7°C und einen maximalen Niederschlag von 8 l/m² aufweisen. 41% der Tage innerhalb der Temperaturgrenze wiesen garkeinen Niederschlag auf.

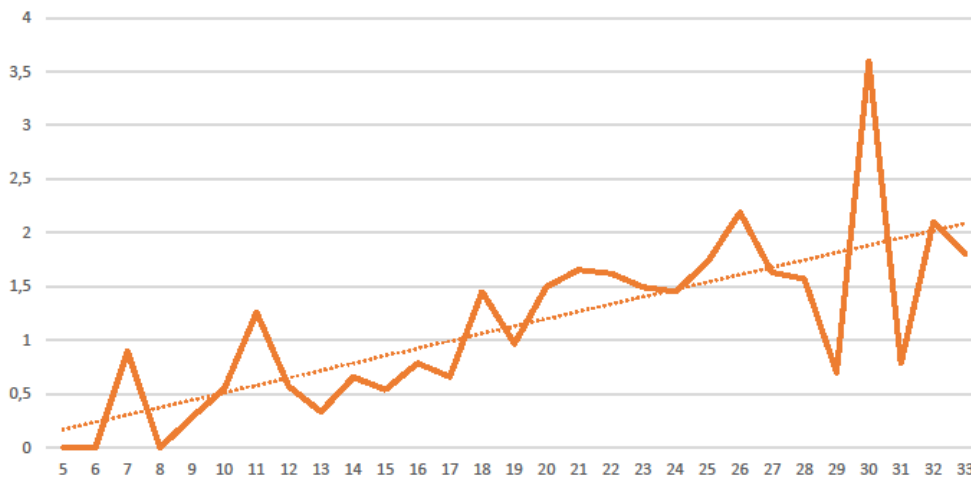


Abbildung 6.1.1.9: Bedingte Wahrscheinlichkeit der eScooter-Nutzung nach Temperatur bei Niederschlagsfreiheit

6.1.1.9 Fazit/Zusammenfassung

Mopeds bzw. Kleinkrafträder sind keine Neuheit auf europäischen Straßen. Aber die Einführung der elektrischen Varianten kann diesen Fahrzeugtyp zu neuer Popularität verhelfen. Ohne die starke Emissionsabgabe und Betriebslautstärke, verursacht durch die Nutzung von Zweitaktermotoren, kann dieser Fahrzeugtyp dabei helfen, Städte in Europa merklich zu entlasten. Mit geringem Energieverbrauch, wesentlich kleinerem Platzbedarf beim Parken und weniger verursachtem Lärm können diese Fahrzeuge zu der Verringerung verstopfter Straßen und überfüllter öffentlicher Parkräume beitragen, wenn sie als Ersatz für PKW genutzt werden. Um die Akzeptanz und mögliche Hemmnisse im Kontext einer europäischen Großstadt zu untersuchen, wurde ein Feldtest mit Probandengruppen in München durchgeführt und analysiert.

Aus den Daten dieses Feldtests bzw. dessen angepassten Daten (jeweils in Klammern) ergeben sich durchschnittliche Geschwindigkeiten mit eScootern von 18,7 km/h (22,16 km/h) und durchschnittliche Fahrtwege von 10,6 km (8,1 km). Hierbei wurden 2603 km mit fünf Fahrzeugen in 6,5 Wochen absolviert. Die Nutzung der eScooter unter den Teilnehmern variierte stark. Circa 20% der Teilnehmer nutzen die zur Verfügung gestellten Fahrzeuge intensiv, während ein weiteres Drittel der Teilnehmer nur gelegentlich nutzte, wenn es nützlich erschien. 44% aller Teilnehmer blieben allerdings skeptisch gegenüber der Nutzung. Welche

Gründe hierbei vorlagen lässt sich aktuell nur mutmaßen. Eine genauere Aussage hierzu kann hoffentlich nach Auswertung der Längsschnittbefragung der Teilnehmer gemacht werden.

Vergleicht man die Daten mit einer der größten Mobilitätsstudien über Deutschland, kann geschlossen werden dass die Nutzung von eScootern bis zu 60% (79%) der täglichen Wege abdecken kann, ohne dass eine zusätzliche Anpassung von Kleidung oder Schutzausrüstung erfolgen muss. Insbesondere Wege von und zur Arbeit/Ausbildung und Freizeitwege, verantwortlich für über 50% aller Wege in München (Pitterle et al. 2010), können ohne Probleme mit solchen Gefährten absolviert werden. Der Einfluss des Wetters kann folgendermaßen zusammengefasst werden: Aus den gesammelten Daten des Feldversuchs lässt sich mit etwas Vorsicht ablesen, dass die untere Temperaturgrenze für die Nutzung von eScootern und andere Fahrzeuge dieser Art bei 7°C liegt. Bei Nutzung von angepasster Kleidung, wie Winterhandschuhen, Thermohosen und ähnlichem kann dieser Wert auch niedriger liegen. Weiterhin liegt der hier ermittelte Grenzwert für den Einfluss von Niederschlägen bei 8 l/m² pro Tag. An Tagen mit höheren Werten ist nicht mit einer relevanten Zahl von Fahrten zu rechnen.

Die in dieser Studie erhobenen Daten lassen sich nur bedingt mit denen der herangezogenen Studie direkt vergleichen, da der Bezug der Nutzung mehrerer Personen zu einem Fahrzeug nicht eine vollständige Mobilität einzelner Personen abbildet. Nichtsdestotrotz kann dieser Vergleich die Nutzung der eScooter in Relation setzen und begrenzt ein Nutzungsschemata bei Einzelnutzung und der daraus resultierenden Nutzungsbereitschaft darstellen. Alternative Vergleichsdaten konnten im Projektzeitraum nicht identifiziert werden.

Diese Studie wurde durchgeführt, um das Wissen über die Nutzbarkeit und mögliche Beschränkungen dieser in Literatur und Straßenbild unterrepräsentierten Fahrzeugklasse zu erweitern. Nichtsdestotrotz war der durchgeführte Feldversuch relativ klein und der sich daraus ergebende Stichprobenumfang ebenso. Es ist notwendig, die hier präsentierten Resultate durch weitere Analysen zu bestätigen, um ein sicheres Bild von der Nutzbarkeit solcher Fahrzeuge zu erlangen. Für ähnliche Tests wird empfohlen, die Erhebung der Fahrdaten über digitale Fahrtenlogger zu organisieren, um die hier präsentierten Probleme und Ungenauigkeiten in den Daten zu vermeiden. Zukünftige Projekte zu diesem Thema sollten weiterhin mehr auf erfahrene PTW-Nutzer eingehen, sowie Probleme sowie Vorteile des elektrischen Antriebes weiter analysieren, da die Thematik „Reichweitenangst“ in diesem Test anscheinend keine entscheidende Rolle gespielt hat.

6.1.2 AP 5000: Anlass und Problemstellung

Die Arbeitspakete 5100 und 5200 haben zum Ziel Verkehrsmanagementmaßnahmen zur Förderung der Elektromobilität zu bewerten. Wie aus dem AP 6000 entnommen werden kann, gab es verschiedene Hochphasen der Elektromobilität. Nachdem das Elektroauto seit 1850 immer wieder episodisch einen deutlichen Bedeutungszuwachs erfuhr, so verschwand es zwischen diesen Phasen nahezu komplett als alternative Mobilitätsidee. Besonders in Zeiten mit hohen Ölpreisen wird die Debatte um alternative Antriebe fortgesetzt. Auch die Angaben der Bundesregierung mit geschätzten einer Millionen Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 führen seit den letzten Jahren zu einer hohen medialen Wirkung. Ebenso gibt fortan das Elektromobilitätsgesetz Kommunen nun einen Handlungsrahmen, sodass Fördermöglichkeiten auch auf kommunaler Ebene stattfinden können. Hierzu zählen Verkehrsmanagementmaßnahmen wie die Freigabe von Busspuren. Die bisherigen Zulassungszahlen sehen wenig vielversprechend aus, die „magische“ Grenze von 1 Mio. zugelassenen Elektrofahrzeugen bis 2020 zu erreichen. Um sich diesem Verlauf anzunähern, ist es notwendig durch gezielte Förderprogramme positive Impulse auf alternative Antriebstechnologien zu setzen. Verkehrsmanagementmaßnahmen sind als vielversprechend anzusehen, diese Lücke zu schließen. Für das Förderprojekt BeEmobil soll der Fokus der Verkehrsmanagementmaßnahmen auf dem Münchner Raum liegen. Auch hier zeichnet sich ein ähnlicher Trend, wie er deutschlandweit vorliegt, ab. Zwar sind die Zulassungszahlen der Elektrofahrzeuge steigend, jedoch trägt die Betrachtung der relativen Veränderungen. In der Zulassungsstatistik hat der Bestand an Elektrofahrzeugen in München von 2014 zu 2015 um 17% zugenommen. Insgesamt fahren in der Landeshauptstadt allerdings nur 0,13% Elektrofahrzeuge, dies sind 5% der Elektrofahrzeuge Deutschlands.

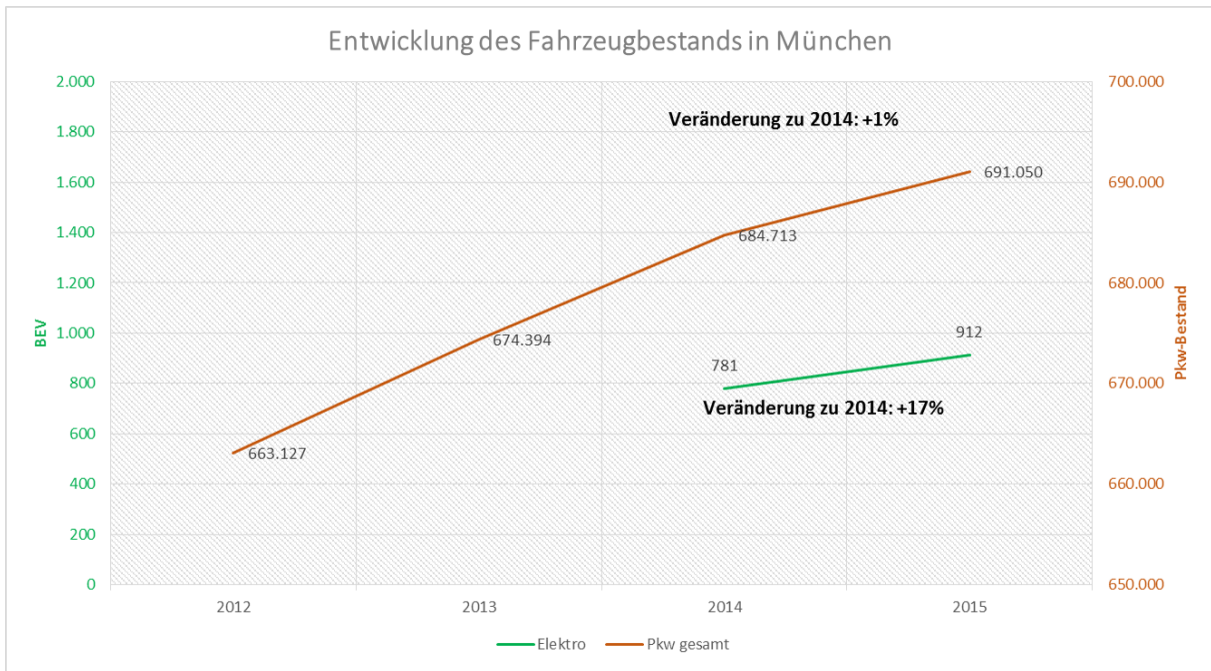


Abbildung 6.1.2.1: Entwicklung Fahrzeugbestand Landeshauptstadt München (Quelle: KBA)

6.1.3 Statische Verkehrsmanagementmaßnahmen für die Elektromobilität (AP 5100)

6.1.3.1 Ziel des Arbeitspaketes

Das AP 5100 hat zum Ziel statische Verkehrsmanagementmaßnahmen simulativ zu bewerten. Im Rahmen des Elektromobilitätsgesetzes der Bundesregierung ist es Kommunen möglich Besitzer von E-Fahrzeugen zu bevorzugen. Hierzu zählt u.a. die Freigabe von Sonderfahrspuren, zu den auch Busspuren gehören.

Anhand unterschiedlicher Durchdringungsraten können Simulationsszenarien gerechnet und bewertet werden. Dabei liegt der Fokus auf den Auswirkungen auf die Gesamtverkehrssituation. Aufgrund des sehr sensiblen Themas, welches sicherlich politischer Natur ist und kontrovers zwischen den Interessenvertretern diskutiert wird, bedarf es einer Analyse für jeden Verkehrsteilnehmer. Solche Verkehrsmanagementmaßnahmen greifen in die Verkehrsinfrastruktur (hier auch in die des Öffentlichen Personennahverkehrs) ein und haben nicht nur Auswirkungen auf den IV, wobei hier unterschieden wird zwischen konventioneller und alternativer Antrieb, sondern auch auf den ÖV.

Um Städten und Verkehrsdienstleistern ohne Feld-Test eine Entscheidungsgrundlage zur Umsetzung von Verkehrsmanagementmaßnahmen zu schaffen, wird anhand einer Simulation der Verkehrszustand für ein mögliches Testfeld abgebildet. Ziel ist es folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche Effekte gibt es auf den IV mit konventionellen Antrieb? Wird dieser im Bereich der Verkehrsmanagementmaßnahmen entlastet?
2. Welche Effekte haben die Maßnahmen auf Besitzer von Elektrofahrzeugen? Profitieren Sie von fühlbaren Reisezeitvorteilen?
3. Welche Auswirkungen hat eine Busspurfreigabe auf den ÖV? Gibt es Verzögerungen im Betriebsablauf?

Das Ziel einer nachhaltigen Mobilität kann durch verschiedene Stellschrauben umgesetzt werden, um den drei Säulen der Nachhaltigkeit - Ökonomie, Ökologie und sozialer Ausgewogenheit gerecht zu werden. Jedoch sollte es oberste Priorität sein ein gesamtheitliches Verkehrskonzept zu entwickeln, welches zu keiner Kannibalisierung einzelner Maßnahmen führt.

6.1.3.2 Testgebiet

Im Münchner Stadtgebiet sind nur wenige Busspuren verortet. Als Testfeld für das Arbeitspaket wurde das Gebiet um die Münchner Freiheit mit einer ungefähren Fläche von 80.000 m² ausgewählt. Der Gebietsausschnitt reicht von der Kreuzung Leopoldstr./Ungererstr. bis Leopoldstr./Franz-Joseph-Straße. In diesem Gebiet sind zwei Busspuren verortet. Zum einen ist eine Busspur vorhanden, welche nur durch eine Fahrbahnmarkierung von den anderen Fahrstreifen separiert (siehe orange eingefärbter Bereich zw. Ungererstr. und Herzogstr.) ist und zum anderen ist eine baulich separierte vorhanden. Letztere ist leicht emporgehoben und durch einen Bordstein von den anderen Fahrstreifen (siehe blau-grün eingefärbter Bereich zw. Herzog und Hohenzollernstr.) getrennt. Besonders erwähnenswert ist hier, dass auf diesem Abschnitt nur eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h erlaubt ist. Des Weiteren ist am Gebiet der Münchner Freiheit interessant, dass es sich durch ein hohes Verkehrsaufkommen auszeichnet und zugleich ein wichtiger Umstiegspunkt des ÖPNV darstellt. Neben dem oberirdischen Bus- und Tram-Linien befindet sich im Untergrund der Münchner Freiheit ein vier-gleisiger U-Bahnhof (U3, U6).

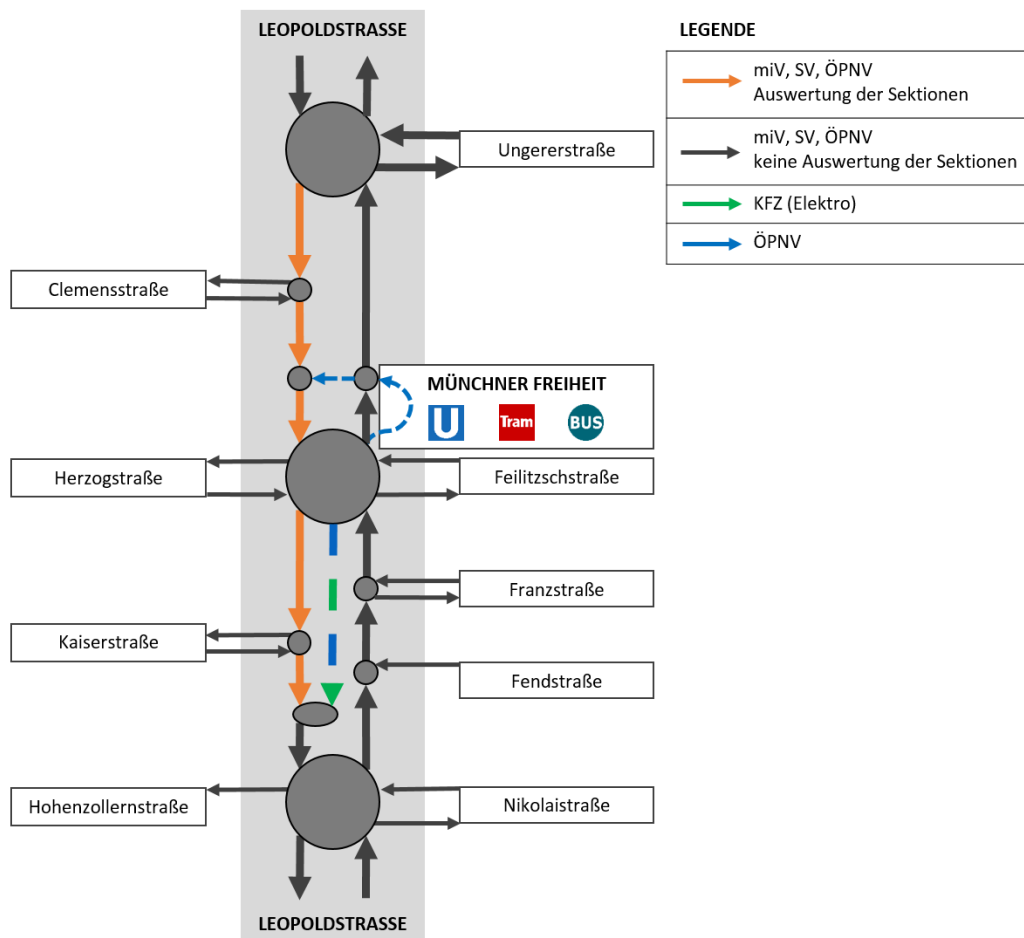


Abbildung 6.1.3.1: Schematische Darstellung des Gebietsausschnitts (Teilbereich der Simulationsumgebung)

6.1.3.3 Aufbau und Kalibrierung der Simulationsumgebung

Zur Aufbau der Simulation wurde eines der führenden Verkehrssimulationsprogramme, Aimsun von TSS Transport Simulation Systems verwendet. Neben der zweidimensionalen Darstellung, welche nicht nur das Straßennetz, sondern auch die Bebauung umfasst, ist auch eine dreidimensionale Simulationsumgebung zu Demonstrator-Zwecken geschaffen worden.

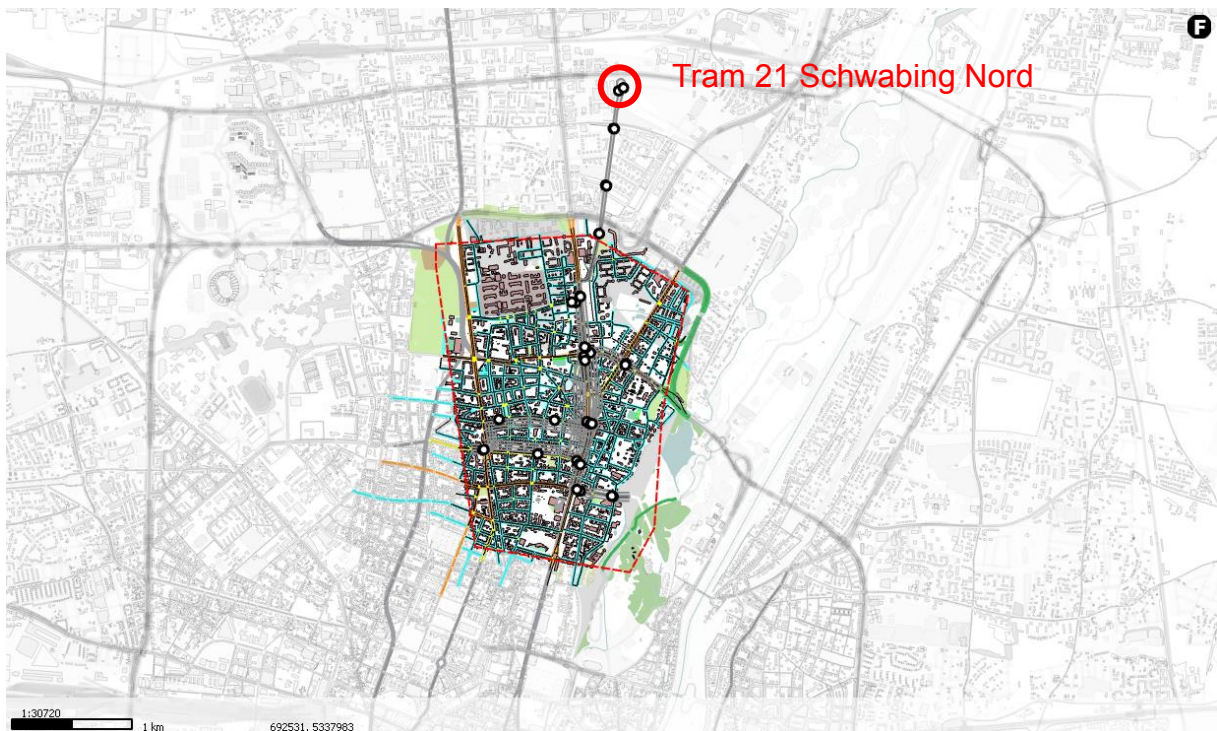


Abbildung 6.1.3.2: Simulationsumgebung Gebiet Münchner Freiheit

In der Simulation findet der IV und der ÖPNV Beachtung. Dazu wurden Quelle- und Zielmatrizen importiert und für den ÖPNV anhand der aktuellen Fahrpläne (Dienstag bis Donnerstag) der Bus- und Tram-Verkehr abgebildet. Dazu sind die Fahrpläne der folgenden MVG Bus- und Tramlinien integriert worden:

- MetroBus 53: Aidenbachstr. – M.-Freiheit
- MetroBus 54: Lorettoplatz – M.-Freiheit
- MetroBus 59: Ackermannbogen – Giesing Bf
- StadtBus 142: Scheidplatz – M.-Freiheit
- Tram 23: Schwabing Nord – M.-Freiheit

Die U-Bahn wird an dieser Stelle vernachlässigt, da durch ein eigenständiges Schienennetz kein Einfluss von Verkehrsmanagementmaßnahmen zu erwarten ist.

Für das Testfeld fand eine umfassende Kalibrierung makroskopischer sowie mikroskopischer Ebene statt. Einerseits wurde das komplette Straßennetz hinsichtlich der Anzahl der Fahrstreifen, Abbiegebeziehungen und der zulässigen Geschwindigkeiten überarbeitet und andererseits wurden verfügbare Lichtsignalschaltpläne importiert. Des Weiteren wurden

Detektordaten der LSA herangezogen, um die hinterlegten Quelle- und Zielmatrizen zu kalibrieren.

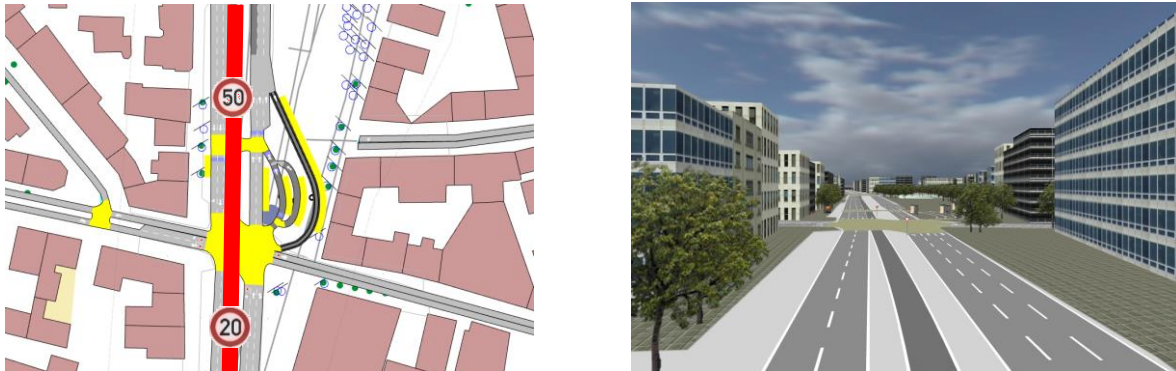


Abbildung 6.1.3.3: Simulationsumgebung in zweidimensionaler (links) und dreidimensionaler (rechts) Ansicht

Durch eine Netzkalibrierung wird die Güte der Simulation gewährleistet. Die Simulationsumgebung verfügt über bereits hinterlegte Quell- und Zielverkehre. Diese Matrizen wurden kalibriert anhand von Detektordaten der Lichtsignalanlagen. Hierbei handelt es sich um Realdaten, welche eine bestmögliche Abbildung des Verkehrs ermöglichen.

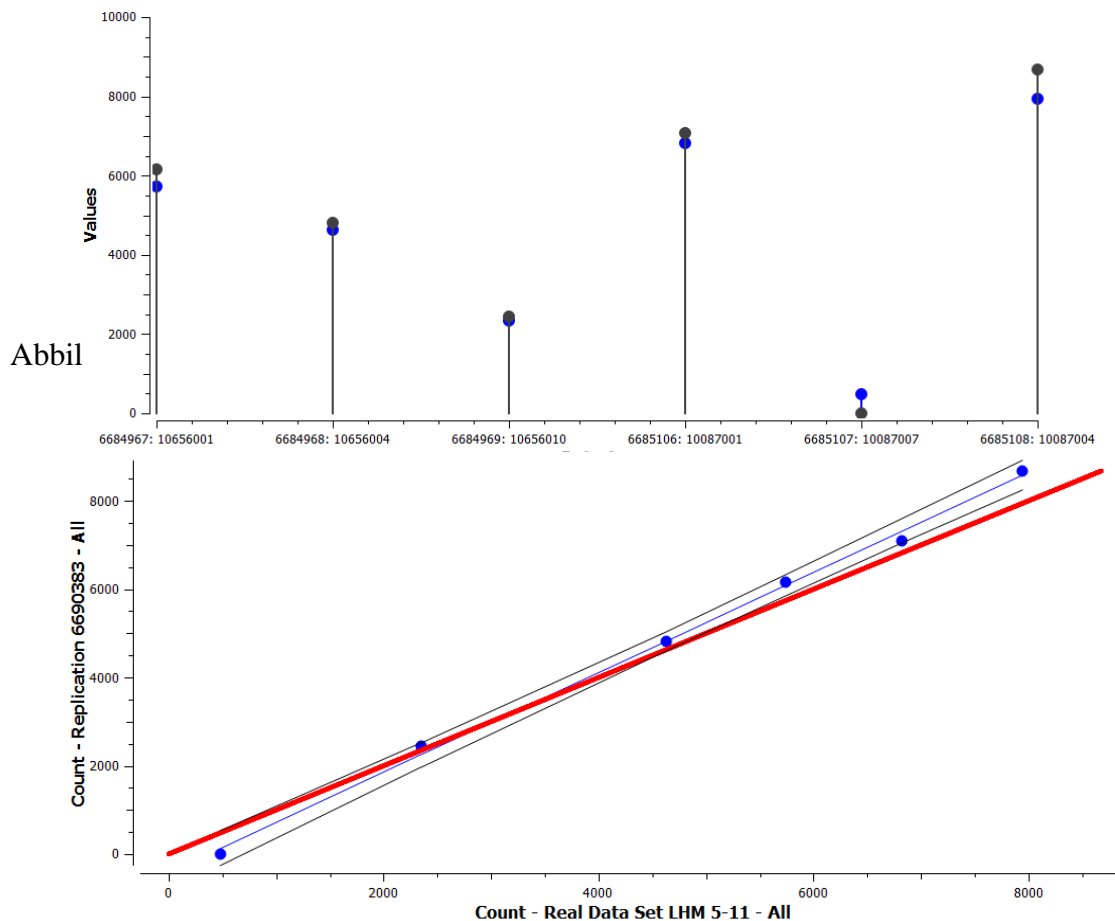


Abbildung 6.1.3.5: Regressionsgerade Simulation vs. Realdaten

Der Vergleich von den Verkehrsstärken über die gesamte Simulationsdauer zu denen aus dem Realdatenset zeigt nur marginale Abweichungen. Das Kalibrierungsergebnis ist damit sehr zufriedenstellend. Dies drückt sich auch in einem $R^2=99,8\%$ aus. Es wird ersichtlich, dass die Verkehrsstärke (Fz./15min,) der Simulation nur geringfügig die Werte der Realdaten übersteigt oder unterschreitet.

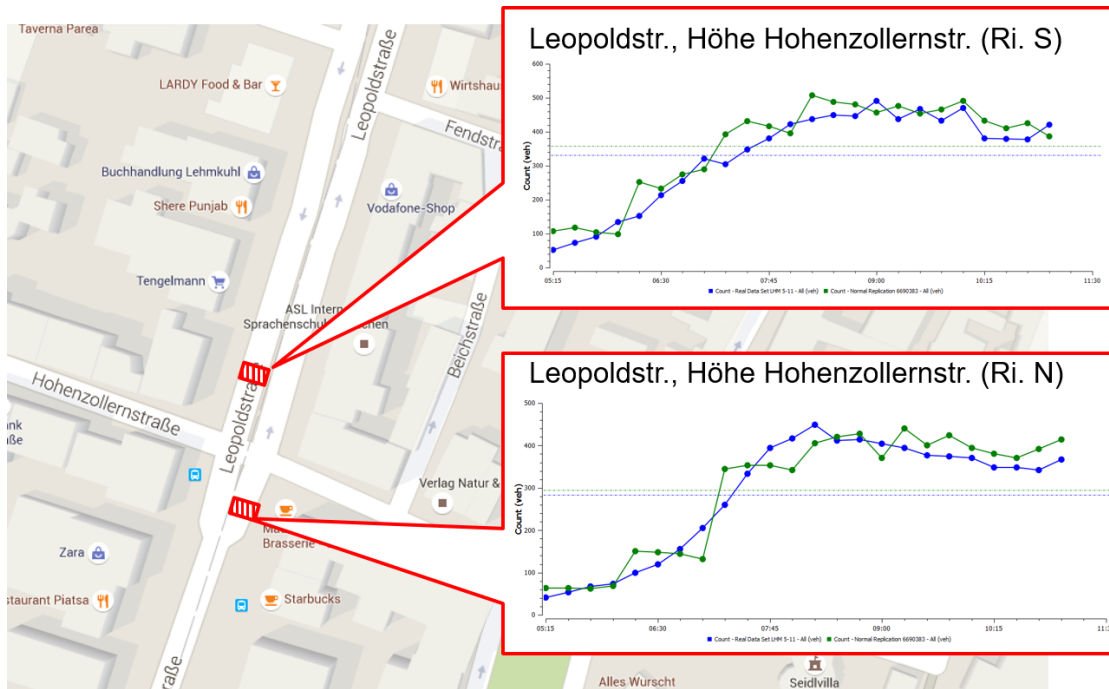


Abbildung 6.1.3.6: Vergleich Simulation vs. Realdaten, Höhe Hohenzollernstr./ Leopoldstr.

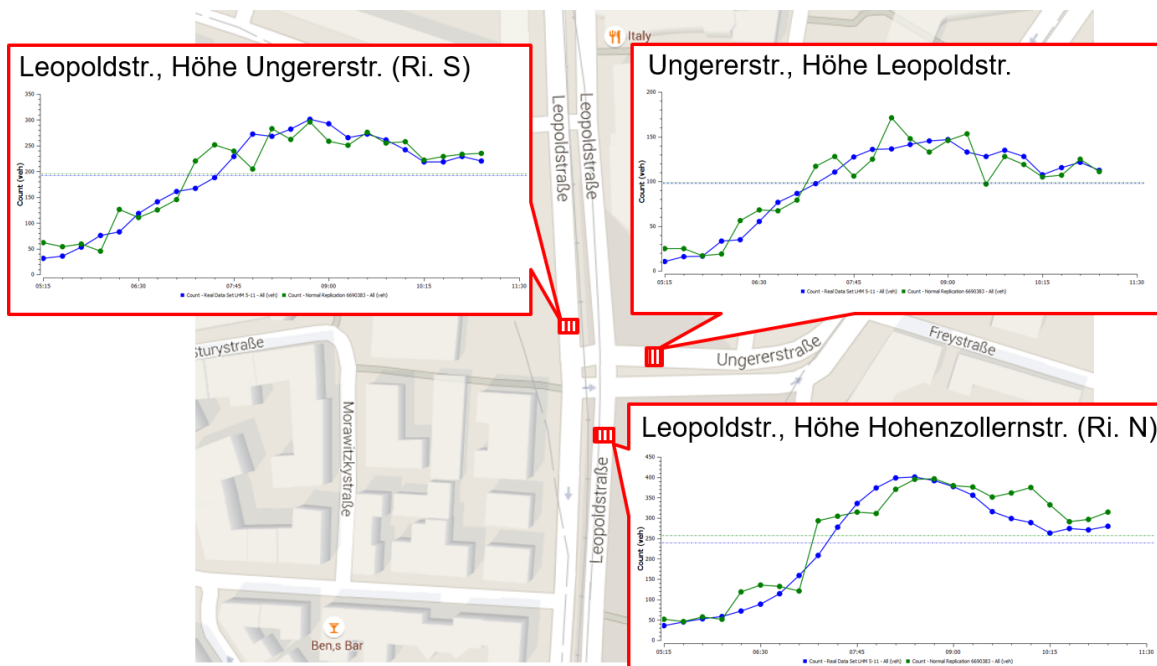


Abbildung 6.1.3.7: Vergleich Simulation vs. Realdaten, Höhe Ungererstr./ Leopoldstr.

Die aufgebaute Simulationsumgebung kann daher den Verkehr im Bereich der Münchner Freiheit realitätsnah abbilden. Allerdings ist zu beachten, dass eine Kalibrierung nur auf Basis der Verkehrsstärke, nicht jedoch anhand von Geschwindigkeiten durchführbar war.

6.1.3.4 Szenarien-Bildung

Nachdem die Simulationsumgebung kalibriert vorlag, galt es in einem nächsten Schritt geeignete Szenarien zu finden, abzubilden und anschließend zu bewerten. Hierfür wurden Szenarien mit unterschiedlichen Durchdringungsraten der Elektrofahrzeuge gebildet, die sowohl Gegenwart als auch Zukunft abdecken. Sie sollen zur Bewertung der Verkehrsmanagementmaßnahmen beitragen.

Im Folgenden werden alle Szenarien beschrieben:

4. Referenzszenario „Normal_2015“:

Das Referenzszenario „Normal_2015“ bildet den Verkehr im Jahr 2015 ab. Die Quell- und Zielmatrix für die Zeitscheiben dient als Ausgangsmatrix (100%) und wird für andere Szenarien entsprechend der prognostizierten Entwicklung des Kfz-Bestands angepasst.

Es findet keine Differenzierung zwischen konventionellen und alternativen Antrieben statt, da zum betrachteten Zeitpunkt keine „Begünstigungen“ im Verkehrsmanagementbereich den Elektrofahrzeugen zugesprochen worden.

5. Zukunftsszenario „Normal_2020_106pct“:

Für das Zukunftsszenario wurde die Entwicklung des Fahrzeugbestandes betrachtet. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge in Deutschland im Jahr 2020 um 6% gestiegen ist. Dieser Trend wurde ebenfalls für das Testfeld München angenommen. Ausgehend von dem Referenzszenario fand eine Anpassung der Fahrtenmatrix mit dem Faktor 1,06 statt.

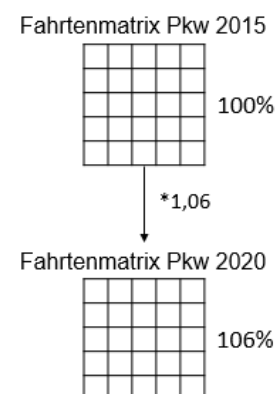


Abbildung 6.1.3.8: Szenario "Normal_2020_106pct"

6. Elektromobilitätsszenarien:

7. BEV_2015_1pct

Im Elektromobilitätsszenario „BEV_2015_1pct“ soll der Frage nachgegangen werden, welche Auswirkungen eine Busspurfreigabe zum jetzigen Zeitpunkt für betroffene Verkehrsteilnehmer hätte.

BEV_2015_1pct – Szenario (E-Anteil: 0,13%; Hybrid: 0,75%)

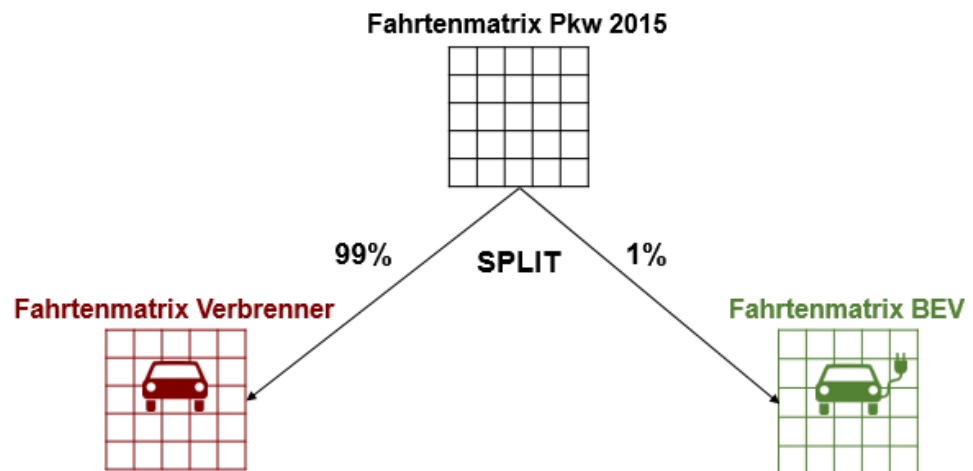


Abbildung 6.1.3.9: Szenario "BEV_2015_1pct"

Hierfür wird der aktuelle Anteil der zugelassenen Elektrofahrzeuge und Hybridfahrzeuge am Pkw-Bestand in München betrachtet. Die Anzahl der zugelassenen Elektrofahrzeuge in München ist durch das KBA bekanntgegeben worden. Hybridfahrzeuge wurden bis dato noch nicht ausgewiesen. Daher findet eine Näherung statt. Es wird die Annahme getroffen, dass sich die zugelassenen Hybridfahrzeuge in Deutschland proportional auf München übertragen lassen. Insgesamt sind 126.702 Elektro- und Hybridfahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs, wobei 85 Prozent auf Hybridfahrzeuge entfallen. So sind schätzungsweise 5.168 Hybridfahrzeuge in München zugelassen, was einem Anteil von 0,75 Prozent am Pkw-Bestand entspricht. Summiert ergibt sich so ein Anteil von rund einem Prozent an alternativen Antrieben in München. Die Fahrtenmatrix wurde daher gesplittet. Auf die alternativen Antriebe entfallen 1%, auf konventionelle 99%.

- BEV_2015_10pct

Das Szenario „BEV_2015_10pct“ folgt der gleichen Herangehensweise wie der des Szenario „BEV_2015_1pct“, nur, dass die Verkehrsmanagementmaßnahmen im Jahr 2015 bei einer Durchdringungsrate von 10% an Elektrofahrzeugen bewertet werden.

BEV_2015_10pct – Szenario (E-Anteil: 10%)

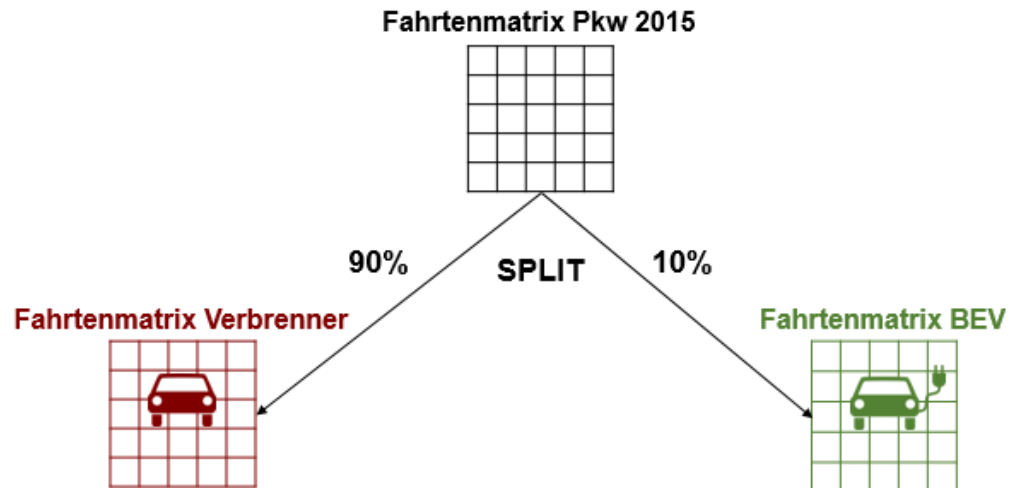


Abbildung 6.1.3.10: Szenario "BEV_2015_10pct"

- BEV_2020_10pct

Für das Szenario „BEV_2020_10pct“ wurde die Fahrtenmatrix aus dem Szenario „Normal_2020_106pct“ herangezogen und die Elektrofahrzeuge zu 10%, die konventionellen Fahrzeuge zu 90% aufgeteilt.

BEV_2020_10pct – Szenario (E-Anteil: 10%)

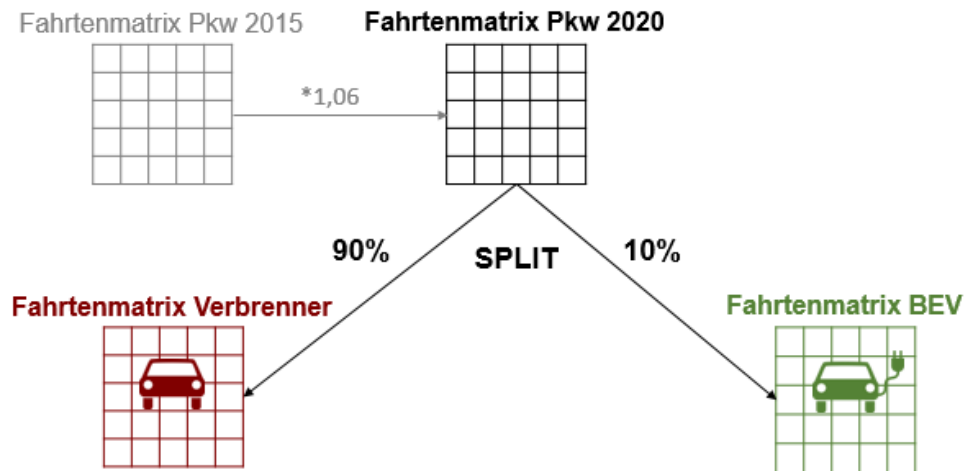
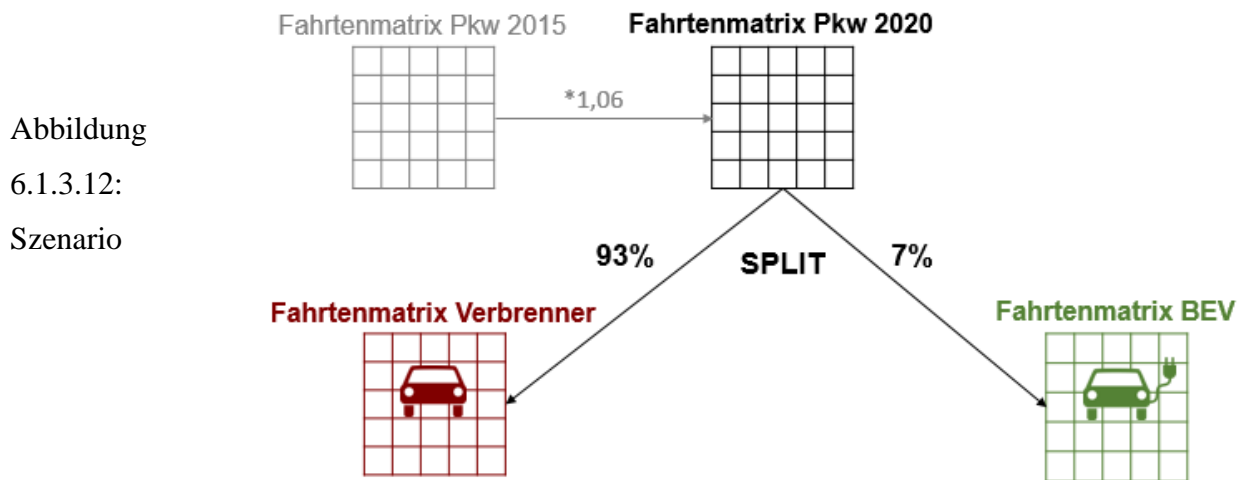


Abbildung 6.1.3.11: Szenario "BEV_2020_10pct"

- BEV_2020_7pct

Das letzte Szenario, „BEV_2020_7pct“, dient der Begutachtung des Eintretens der Aussage der Bundesregierung von einer Millionen Elektrofahrzeugen im Jahr 2020. Zugrunde gelegt wurde hierfür die Fahrtenmatrix des Szenarios „Normal_2020“ (106%). Wie schon unter Kapitel 6.1.2 beschrieben, sind 5% der Elektrofahrzeuge in München zugelassen. Unterstellt wird, dass sich die Verteilung im Jahr 2020 nicht verändern hat. So ergeben sich etwa 50.000 Elektrofahrzeuge für München, welche in Bezug auf die Fahrtenmatrix 2020 einen Anteil von 7% ausmachen.

BEV_2020_7pct – Szenario (E-Anteil: 7%)



"BEV_2020_7pct"

6.1.3.5 Ergebnisse

Die Bewertung der einzelnen Szenarien soll auf zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen erfolgen. Zum einen wird das komplette Testfeld bewertet und zum anderen wird auf Basis der einzelnen Sektionen eine Auswertung stattfinden. Diese Herangehensweise gewährleistet globale Aussagen (Was verändert sich im gesamten Testgebiet?), aber auch Detailbetrachtungen (Welche Veränderungen ergeben sich auf der Busspur für den ÖPNV?). Anhand von Kennziffern (mittlere Geschwindigkeit, mittlere Verzögerungszeit, Anzahl der Fahrstreifenwechsel) werden die Szenarien für alle Verkehrsteilnehmer (Bus, Tram, Pkw, E-Pkw, Lkw) analysiert.

6.1.3.6 Betrachtung Gesamtnetz der Simulationsumgebung

Zur Bewertung der Szenarien eignen sich verschiedene Kennziffern. Im Folgenden werden die Kennziffern als gemittelte Werte über die gesamte Simulationsdauer sowie im zeitlichen Verlauf betrachtet.

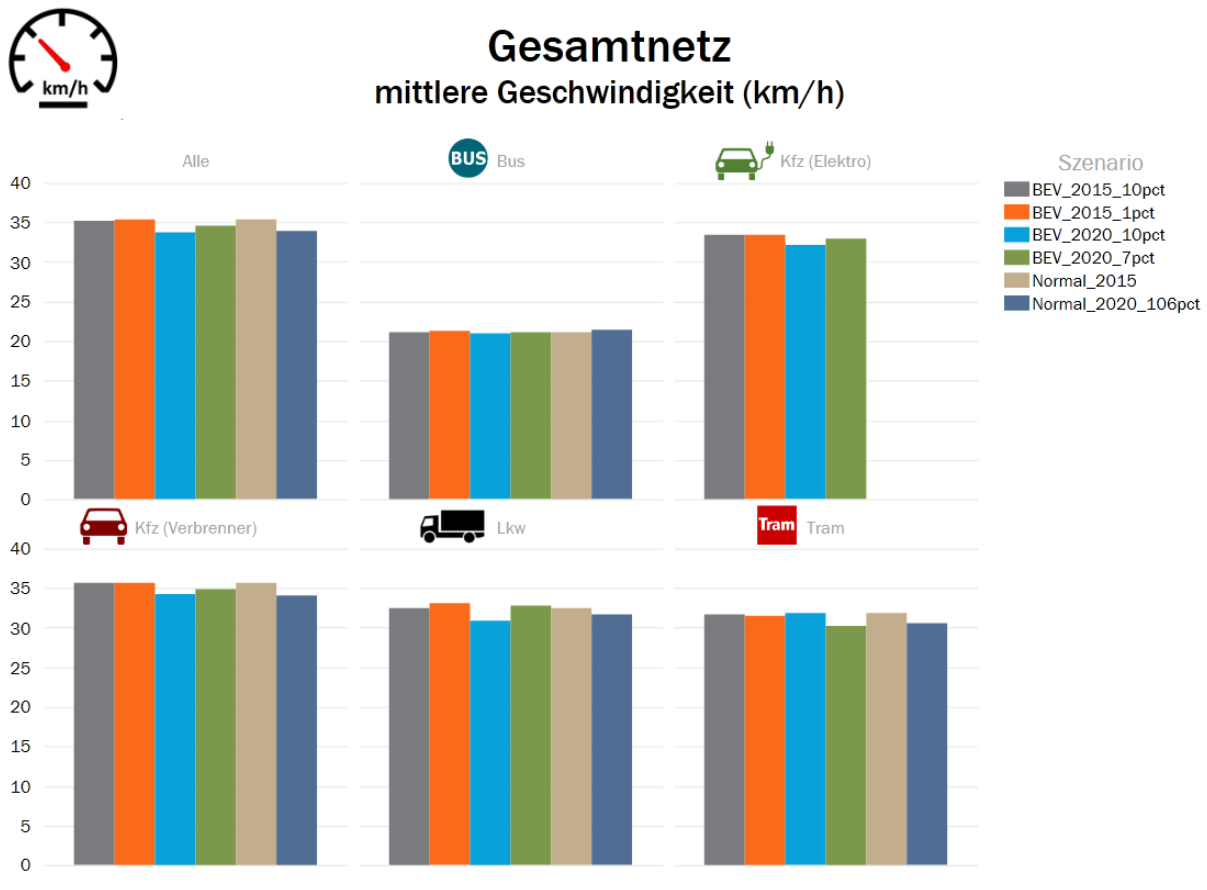


Abbildung 6.1.3.13: Mittlere Geschwindigkeit (Gesamtnetz)

Die Abbildung zeigt die mittlere Geschwindigkeit. Es wird deutlich, dass alle Szenarien ein ähnliches Geschwindigkeitsniveau von etwa 34 km/h aufweisen. Eine geringfügige Herabsetzung der Geschwindigkeit kann in den Zukunftsszenarien BEV_2020_7pct, BEV_2020_10pct und Normal_2020_106pct beobachtet werden. Dies steht im Zusammenhang mit dem höheren prognostizierten Verkehrsaufkommen, welches entsprechend in den Fahrtenmatrizen angepasst wurde. Im Wesentlichen lassen sich nur marginale Unterschiede zwischen den Szenarien ausmachen, auch kann nicht festgestellt werden, dass die Elektromobilitätsszenarien – egal mit welcher Durchdringungsrate – einen negativen oder positiven Einfluss auf die gemittelten Geschwindigkeiten haben. Dies gilt über alle Verkehrsmittel, vom ÖPNV bis zum Individualverkehr und Schwerverkehr.

Im direkten Vergleich schneidet das Zukunftsszenario BEV_2020_7pct - das Szenario über 1Mio. Elektrofahrzeuge in Deutschland - besser ab, als das dazugehörige Normal_2020_106pct, in welchem keine Verkehrsmanagementmaßnahmen implementiert worden.

Tabelle 6.1.3.1: Mittlere Geschwindigkeit (Gesamtnetz)



Gesamtnetz mittlere Geschwindigkeit (km/h)

Szenario	Alle	Bus	Kfz (Elektro)	Kfz (Verbrenner)	Lkw	Tram
BEV_2015_10pct	35,18	21,19	33,46	35,67	32,54	31,74
BEV_2015_1pct	35,40	21,27	33,37	35,69	33,11	31,54
BEV_2020_10pct	33,82	20,91	32,16	34,29	30,90	31,79
BEV_2020_7pct	34,52	21,09	32,92	34,89	32,79	30,27
Normal_2015	35,44	21,16		35,73	32,45	31,87
Normal_2020_106pct	33,89	21,41		34,12	31,65	30,50

Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Vergleich der mittleren Geschwindigkeit im zeitlichen Verlauf. Bis etwa 6:00 Uhr sind die Kurvenverläufe der Szenarien nahezu identisch. Nachdem zu Beginn der Simulation um 05:00 Uhr noch Freiflussgeschwindigkeiten erzielbar waren, fallen diese im Verlauf des Vormittags deutlich bei Pkw's auf ein Niveau von 33 km/h.

Der Vergleich von Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit konventionellem Antrieb zeigt, dass die alternativen Antriebe eine größere Varianz in der Geschwindigkeit aufweisen. Dies begründet sich durch die Besonderheit der südlichen Busspur, auf welcher die zulässige Geschwindigkeit 20 km/h beträgt. Hinzu kommt, dass mit höherer Durchdringungsrate eine intelligente Steuerung für das Abfahren von der Busspur entwickelt werden muss. Bisher findet hier eine Priorisierung des ÖV statt. Die Geschwindigkeiten der Busse liegen aufgrund dieser Gegebenheit noch niedriger und sinken bis 15 km/h.

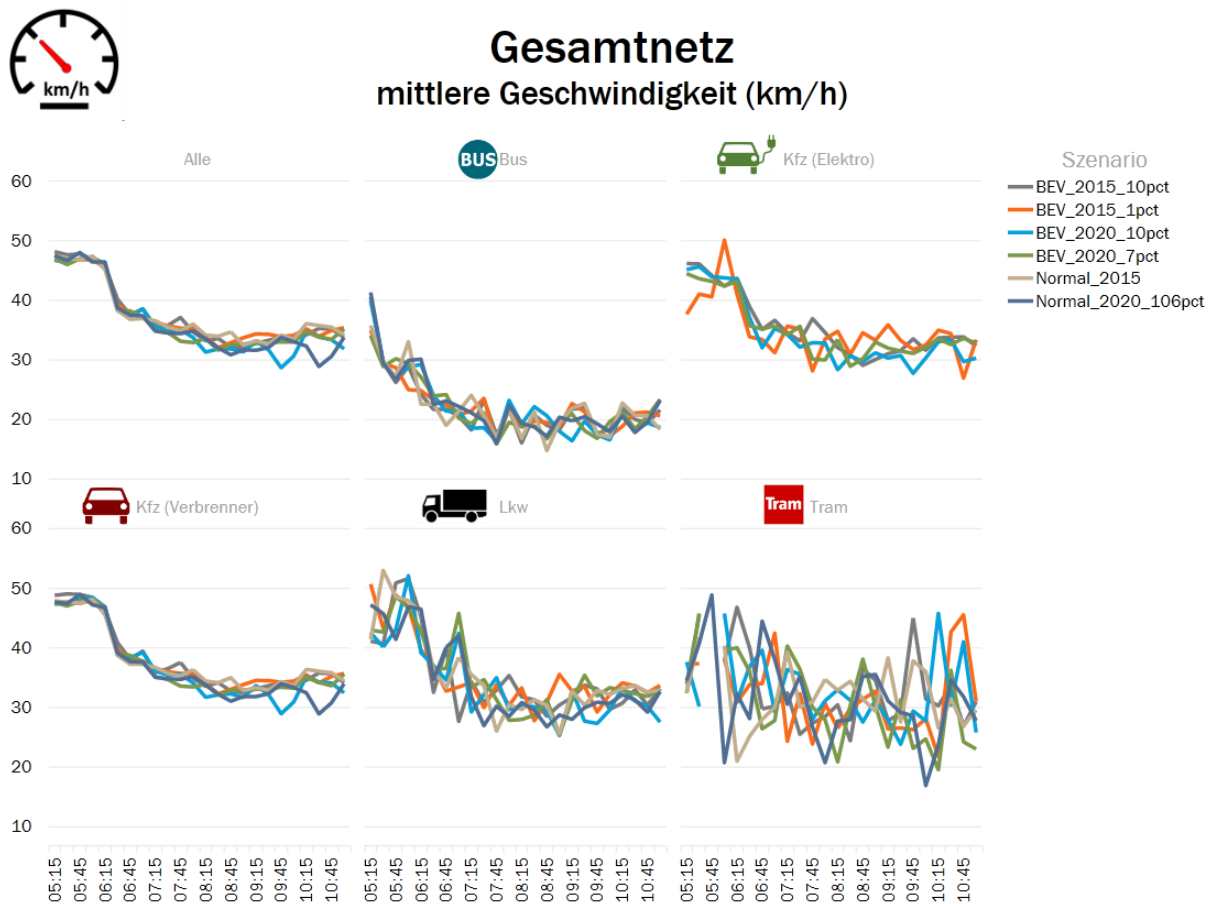


Abbildung 6.1.3.14: Mittlere Geschwindigkeit im zeitlichen Verlauf (Gesamtnetz)

Als weitere Kennziffer zur Bewertung der Szenarien soll die mittlere Verzögerungszeit herangezogen werden. Sie soll vermitteln wie groß der Zeitverlust in Sekunden auf einen Kilometer ist. Da auf den Busspuren teilweise andere Geschwindigkeitsbeschränkungen vorliegen werden die Ergebnisse der gemittelten Geschwindigkeiten hierdurch beeinträchtigt und „verfälschen“ die Ergebnisse. Die Abbildungen zeigen, dass sich die Verkehrsmanagementmaßnahmen positiv auf die Verzögerungszeit auswirken. Die Elektromobilitätsszenarien reduzieren den Zeitverlust je Streckenkilometer nicht nur insgesamt über alle Verkehrsteilnehmer, sondern auch für Elektrofahrzeuge und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor gleichermaßen.

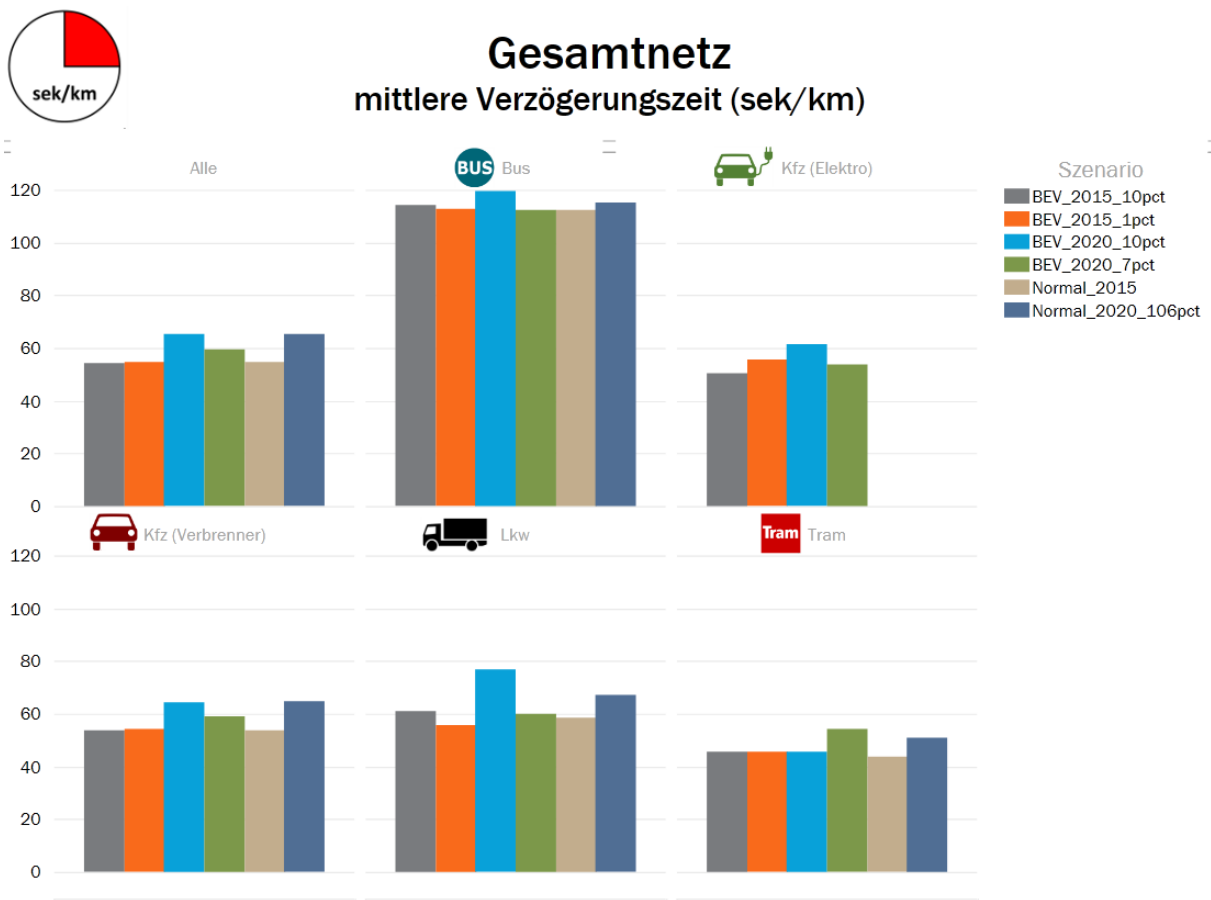


Abbildung 6.1.3.14: Mittlere Verzögerungszeit (Gesamtnetz)

Tabelle 6.1.3.2: Mittlere Verzögerungszeit (Gesamtnetz)

Gesamtnetz
mittlere Verzögerungszeit (sek/km)

Szenario	Alle	Bus	Kfz (Elektro)	Kfz (Verbrenner)	Lkw	Tram
BEV_2015_10pct	54,28	114,07	50,41	53,68	60,98	45,78
BEV_2015_1pct	54,77	112,76	55,66	54,01	55,79	45,52
BEV_2020_10pct	65,11	119,53	61,44	64,46	76,77	45,64
BEV_2020_7pct	59,33	112,46	53,84	59,06	60,20	54,06
Normal_2015	54,62	112,48		53,79	58,62	43,44
Normal_2020_106pct	65,22	115,21		64,60	67,13	51,05

Eine weitere interessante Kennziffer stellt die Anzahl der Fahrstreifenwechsel dar, da vor allem im nördlichen Bereich der Busspur von einer erhöhten Anzahl an Fahrstreifenwechsel impliziert durch die Busspurfreigabe für Elektrofahrzeuge auszugehen ist.

Aus der Abbildung geht hervor, dass die elektromobilitätsfördernde Verkehrsmanagementmaßnahme zu keiner Erhöhung der Fahrstreifenwechsel beiträgt. Es ist die summierte Anzahl der Fahrstreifenwechsel pro Kilometer über die Simulationsdauer von 6 Stunden für die einzelnen Verkehrsmittel abgetragen.

Sicherlich muss hier beachtet werden, dass im nördlichen Bereich von der Ungererstraße zur Herzogstraße/ Feilitzschstraße eventuelle zusätzliche Fahrstreifenwechsel durch im südlichen Bereich von der der Herzogstraße/ Feilitzschstraße bis zur Hohenzollernstraße nicht möglicher Fahrstreifenwechsel auf der baulich separierten Busspur kompensiert werden.

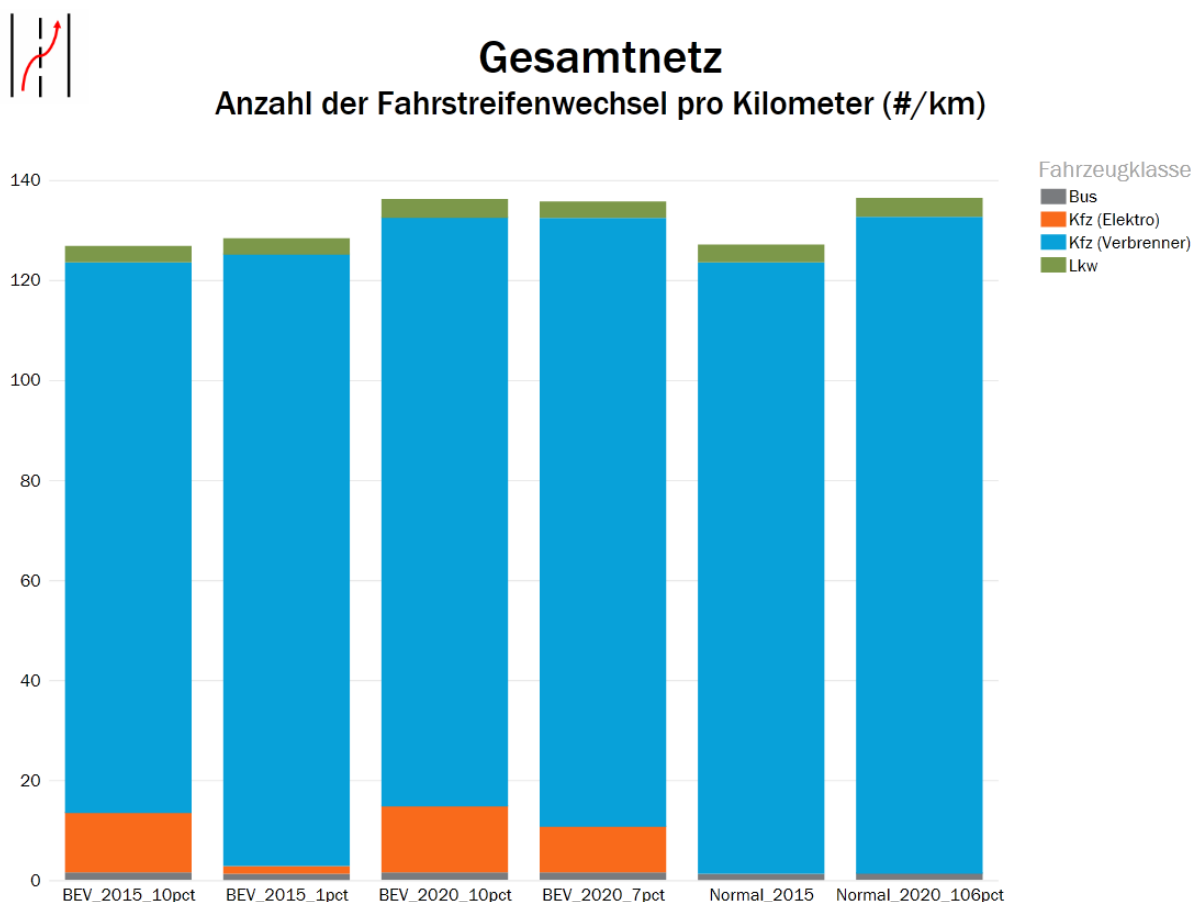


Abbildung 6.1.3.16: Summer der Anzahl der Fahrstreifenwechsel pro Kilometer (Gesamtnetz)

6.1.3.7 Betrachtung einzelner Sektionen

Im Folgenden werden Teilabschnitte der Simulationsumgebung ausgewertet. Als erster Teilabschnitt wird der Bereich der Leopoldstraße zwischen Ungererstraße und Herzogstraße herangezogen. Des Weiteren findet eine detailliertere Auswertung für den südlichen Abschnitt der Leopoldstraße zwischen Herzogstraße und Hohenzollernstraße statt. Die betrachteten Sektionen können der Abbildung entnommen werden.

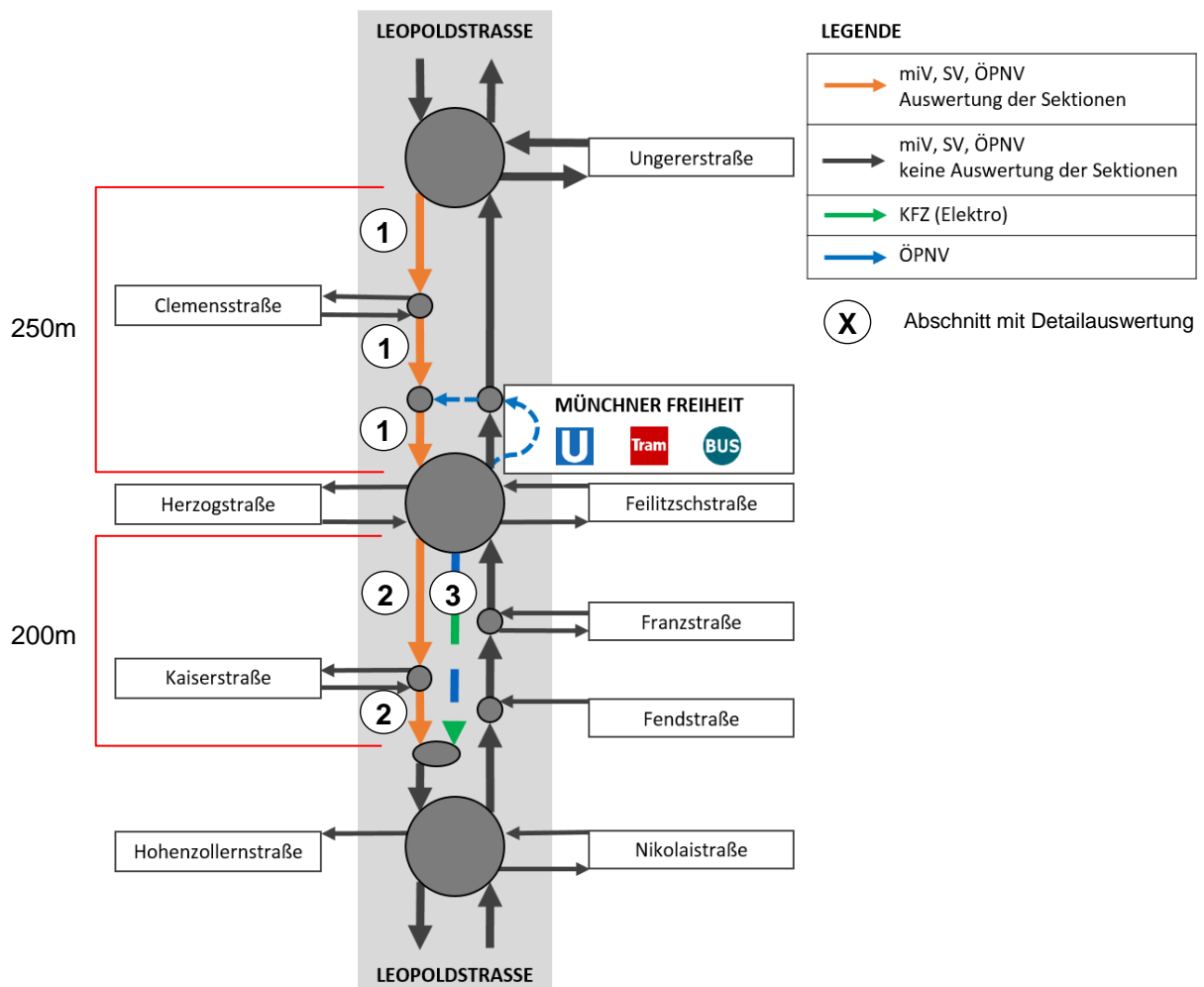


Abbildung 6.1.3.17: Schematische Darstellung des Gebietsausschnitts mit Sektionen zur Detailauswertung

Der Abschnitt 1, welcher eine durch eine Markierung separierte Busspur umfasst, wurde hinsichtlich der aus Kapitel 6.1.3.5 bekannten Kennziffern untersucht (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Die gemittelten Geschwindigkeiten liegen in diesem Bereich in allen Szenarien auf einem einheitlichen Niveau. Über alle Verkehrsmittel gesehen, fällt die Geschwindigkeit im Vergleich zum Referenzszenario „Normal_2015“ um bis zu 0,9 km/h im Szenario „BEV_2020_10pct“ ab.

Es zeigt sich, dass je höher der Elektromobilitätsanteil ist, desto niedriger sind die Geschwindigkeiten. So schneiden diese Szenarien immer besser ab als ihre Pendant-Szenarien. Allerdings muss an dieser Stelle gesagt werden, dass die Geschwindigkeitsherabsetzung nur minimal ist und wohl von den meisten Verkehrsteilnehmern nicht zu einer fühlbaren Verschlechterung führt. Elektrofahrzeuge sind zudem um 1-2 km/h langsamer unterwegs als Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb. Diese Differenzen können Resultat der Nutzung der Busspuren und durch vorausfahrende Busse mit anderem Beschleunigungs- und Bremsverhalten bedingt sein.

Tabelle 6.1.3.3: Gemittelte Simulationsergebnisse der Szenarien (Detailbetrachtung des Abschnitts 1, vgl. Abbildung)

①	BEV_2015_10pct	BEV_2015_1pct	BEV_2020_10pct	BEV_2020_7pct	Normal_2015	Normal_2020_106pct
Zeilenbeschriftungen						
mittlere Geschwindigkeit (km/h)						
Alle	42,66	42,94	42,25	42,47	43,15	42,53
Bus	36,26	36,86	35,76	35,19	35,85	36,00
Kfz (Elektro)	41,39	42,89	41,34	41,35		
Kfz (Verbrenner)	43,12	43,24	42,67	42,87	43,48	42,84
Lkw	38,38	38,59	38,29	38,35	38,15	38,01
Tram	42,37	42,68	43,88	41,27	43,44	41,81
mittlere Verzögerungszeit (sek/km)						
Alle	3,18	3,08	3,19	3,15	3,01	3,28
Bus	3,79	3,31	4,26	4,01	3,72	3,22
Kfz (Elektro)	2,81	1,92	2,60	2,57		
Kfz (Verbrenner)	3,16	3,06	3,19	3,13	2,96	3,23
Lkw	4,19	3,87	4,01	4,00	4,06	4,38
Tram	2,35	2,19	1,79	3,15	1,49	3,05
Anzahl der Spurwechsel pro km						
Alle	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17	0,17
Bus	0,73	0,71	0,75	0,75	0,72	0,75
Kfz (Elektro)	0,20	0,26	0,22	0,20		
Kfz (Verbrenner)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16
Lkw	0,13	0,12	0,12	0,16	0,16	0,12
Tram	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei dem Zeitverlust, welcher in Sekunden pro Kilometer angegeben wird. Es sei zu bedenken, dass der hier ausgewertete Abschnitt 1 eine Länge von etwa 250 Metern aufweist. Dementsprechend ist der reale Zeitverlust viermal kleiner als angegeben. Die Verzögerungszeit der Elektrofahrzeuge ist im Vergleich zu den Verbrennern geringer. Über alle Verkehrsmittel gesehen, schneidet das Zukunftsszenario mit den Verkehrsmanagementmaßnahmen besser ab, als das Szenario „Normal_2020_106pct“.

Die prozentualen Veränderungen zum Referenzszenario können in der Abbildung eingesehen werden. Die Geschwindigkeiten sind zumeist um 1-5% reduziert. Dies drückt sich auch in der mittleren Verzögerungszeit aus. Auch wenn sich zum Beispiel bei der Tram die Verzögerungszeit mehr als verdoppelt, ist der Zeitverlust auf die Strecke bezogen dennoch gering.

Tabelle 6.1.3.4: Relative Veränderungen zum Referenzszenario (Detailbetrachtung des Abschnitt 1, vgl. Abbildung)

1	BEV_2015_10pct	BEV_2015_1pct	BEV_2020_10pct	BEV_2020_7pct	Normal_2015	Normal_2020_106pc
Zeilenbeschriftungen						
mittlere Geschwindigkeit (km/h)						
Alle	-1%	0%	-2%	-2%		-1%
Bus	1%	3%	0%	-2%		0%
Kfz (Elektro)						
Kfz (Verbrenner)	-1%	-1%	-2%	-1%		-1%
Lkw	1%	1%	0%	1%		0%
Tram	-2%	-2%	1%	-5%		-4%
mittlere Verzögerungszeit (sek/km)						
Alle	6%	2%	6%	4%		9%
Bus	2%	-11%	15%	8%		-13%
Kfz (Elektro)						
Kfz (Verbrenner)	7%	3%	8%	6%		9%
Lkw	3%	-5%	-1%	-1%		8%
Tram	58%	47%	20%	112%		105%
Anzahl der Spurwechsel pro km						
Alle	3%	2%	5%	2%		-2%
Bus	3%	0%	5%	5%		5%
Kfz (Elektro)						
Kfz (Verbrenner)	2%	2%	3%	1%		-2%
Lkw	-21%	-25%	-23%	1%		-23%
Tram						

Für den 2. Abschnitt, der neben der Busspur verläuft, ist mit einer Verbesserung der Verkehrssituation zu rechnen. Die gemittelten Geschwindigkeiten bleiben nahezu unverändert und gleichzeitig reduziert sich die Verzögerungszeit, wenn auch nur geringfügig.

Die baulich separierte Busspur (Abschnitt 3) widerfährt keine nennenswerten Abweichungen in den Geschwindigkeiten. Die Betrachtung der Verzögerungszeit zeigt jedoch, dass hier durch die Verkehrsmanagementmaßnahme ein negativer Einfluss ausgeübt wird. Dies begründet sich aber nicht nur in der Freigabe der Busspur, da auch das Zukunftsszenario „Normal_2020_106pct“ betroffen ist. Aufgrund des erhöhten prognostizierten Verkehrsaufkommens im Jahr 2020, kann es vermehrt zu Stausituationen im Abschnitt 2 kommen, die Auswirkungen auf die bisherige Bus-Priorisierung haben können.

Tabelle 6.1.3.5: Simulationsergebnisse der Szenarien (Detailbetrachtung des Abschnitts 2)

②	BEV_2015_10pct	BEV_2015_1pct	BEV_2020_10pct	BEV_2020_7pct	Normal_2015	Normal_2020_106pc
Werte						
mittlere Geschwindigkeit (km/h)	50,23	50,65	49,88	50,01	50,58	50,34
Veränderung zu Normal_2015 (km/h)	-1%	0%	-1%	-1%		0%
mittlere Verzoegerungszeit (sek/km)	0,66	0,64	0,71	0,69	0,67	0,69
Veränderung zu Normal_2015 (sek/km)	-2%	-4%	5%	3%		3%

Tabelle 6.1.3.6: Simulationsergebnisse der Szenarien (Detailbetrachtung des Abschnitts 3)

③	BEV_2015_10pct	BEV_2015_1pct	BEV_2020_10pct	BEV_2020_7pct	Normal_2015	Normal_2020_106pc
Werte						
mittlere Geschwindigkeit (km/h)	19,98	19,93	19,83	19,76	19,90	19,74
Veränderung zu Normal_2015 (km/h)	0%	0%	0%	-1%		-1%
mittlere Verzoegerungszeit (sek/km)	0,19	0,12	0,20	0,22	0,07	0,41
Veränderung zu Normal_2015 (sek/km)	166%	71%	183%	213%		479%

Die Abbildung veranschaulicht die resultierenden Ganglinien für das Referenzszenario „Normal_2015“ und das Elektromobilitätsszenario „BEV_2015_10pct“. Anhand der gestrichelten Linien wird ersichtlich, dass es in der Simulation zu Schwankungen in der Nutzung der Busspur durch Elektrofahrzeuge kommt. Je nach Verkehrssituation wird diese Spur genutzt oder die „normale“ Strecke (Abschnitt 2) gewählt. Von 08:00 – 08:15 Uhr ist die Busspur durchschnittlich 2 Elektrofahrzeugen je Minute genutzt worden.

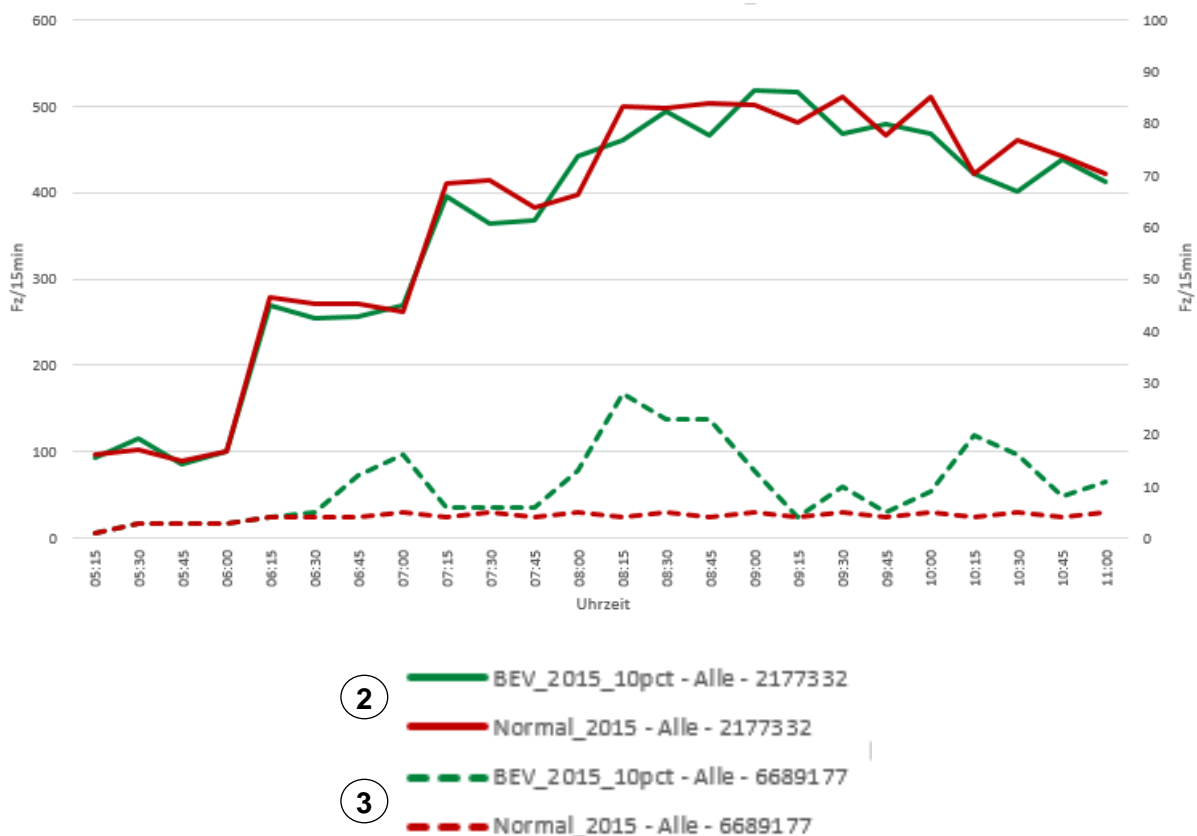


Abbildung 6.1.3.18: Ganglinie der Abschnitte 2 und 3, vgl. Abbildung 19

6.1.3.8 Fazit

Statische Verkehrsmanagementmaßnahmen stellen eine Lösung der Anreizförderung für die Elektromobilität dar. Die Simulationsergebnisse weisen weder deutliche Begünstigungen der Besitzer von Elektrofahrzeugen noch deutlich Benachteiligungen der anderen Verkehrsteilnehmer (ÖPNV, Pkw (Verbrenner), Lkw) auf. Der Erfolg einer solchen Maßnahme kann in einer Simulation nur bedingt bewertet werden. Es konnte nachgewiesen werden, dass eine Busspurfreigabe keine nennenswerten Veränderungen hervorruft. Ob in der Realität dann auch die Busspur so angenommen wird wie in der Simulation bleibt offen. Für das ausgewählte Testfeld rund um die Münchner Freiheit ist die Länge der Busspuren mit nur 450m sehr kurz. Das subjektive Empfinden der Verkehrsteilnehmer spielt eine essentielle Rolle für die Nutzung der Busspuren. Auch bleibt offen wie in Realität die Routenwahl ablaufen würde. Sollten alle Besitzer von Elektrofahrzeugen zu Testzwecken anfangs ausschließlich die Sonderspur nutzen, sind durchaus negative Auswirkungen auf den ÖPNV möglich. Auch kann es aufgrund der Kürze der Busspuren sein, dass keine fühlbaren Vorteile für Elektrofahrzeuge resultieren und

zu Frustration führen. Ist der empfundene Nutzen der Sonderspur größer als eine mögliche Frustration nach ein paar hundert Metern wieder im selben Stau zu stehen und dabei nur wenige Minuten Zeitersparnis zu haben? Ausschlaggebend für den Erfolg statischer Verkehrsmanagementmaßnahmen und im Besonderen von der Freigabe der Busspuren ist deren Dimensionierung in Kombination mit einer intelligenten Priorisierung, die nicht nur den ÖPNV adressiert, sondern auch die Elektromobilität.

6.1.4 AP 5200: Dynamische Verkehrsmanagementmaßnahmen für die Elektromobilität

6.1.4.1 Ziel des Arbeitspaketes

Anhand von Simulationen sollen dynamische Verkehrsmanagementmaßnahmen bewertet werden. Ziel ist es festzustellen, inwiefern die Freigabe von Sonderspuren auf Autobahnen oder die Implementierung einer dynamischen Zufahrtssteuerung in das Münchner Stadtzentrum positive Effekte auf die Elektromobilität zeigen. Neben dem eigentlichen Ziel die Elektromobilität zu fördern, werden auch die Auswirkungen auf andere Verkehrsteilnehmer betrachte.

6.1.5 Netz-Fundamentaldiagramm (NFD)

Um die Verkehrsprobleme in den Innenstädten zu beherrschen, habe schon einige Städte Europas eine City-Maut eingeführt. Diese Mautsysteme sind durchwegs sehr erfolgreich und erfüllen die jeweils an sie gestellten, unterschiedlichen Ziele. Jedoch wird bei allen der Mautpreis im Vornherein festgelegt. Dieser Preis ist entweder eine Tagespauschale, den ganzen Tag gleich hoch, oder variiert je nach Tageszeit, jedoch wurde noch nirgends eine dynamische, verkehrsabhängige Regelung des Mautpreises erprobt. In diesem Teilprojekt soll eben genau solch eine dynamische Steuerung entwickelt, das System bewertet und deren Auswirkungen auf den Stadtverkehr quantifiziert werden. Dies erfolgt mittels einer Verkehrssimulation.

Um die Mauthöhe bestimmen zu können, ist ein genaues Wissen über den Verkehrszustand des gesamten Netzes notwendig. Da dies messtechnisch nicht lückenlos erreichbar ist, wird auf die Hilfe eines Netzwerk-Fundamentaldiagrammes (NFD) zurückgegriffen. Dieses spiegelt den Zusammenhang von Dichte und Fluss des gesamten Netzwerkes wider. Es wurde nachgewiesen, dass der Fluss des NFD direkt mit der Leistungsfähigkeit des Gesamtnetzes korreliert. Auch handelt es sich bei einem NFD um eine Eigenschaft des gesamten Netzwerkes, für welches es bestimmt wurde. Somit lassen sich mit Hilfe eines NFD der jeweilige

Verkehrszustand und die noch freie Kapazität des Netzwerkes bestimmen und die Höhe der Maut dadurch festlegen.

6.1.5.1 Testgebiet

Um die Auswirkungen der dynamischen Maut auf das Verkehrssystem untersuchen zu können, wurde eine mikroskopische Verkehrssimulation der Stadt und des Umlandes von München erstellt. Das Gebiet umfasst ca. 30x25 km, welches das weitere Umfeld Münchens enthält. Das Netzwerk enthält neben der Bundesautobahn A99, welche einen unvollständigen Ring um die Stadt bildet, auch die Hauptzuflussrouten der Autobahnen A8, A9, A92, A94, A95 und A96. Die genauen Grenzen des Testgebietes sind in Abbildung 6.1.5.1 zu sehen.

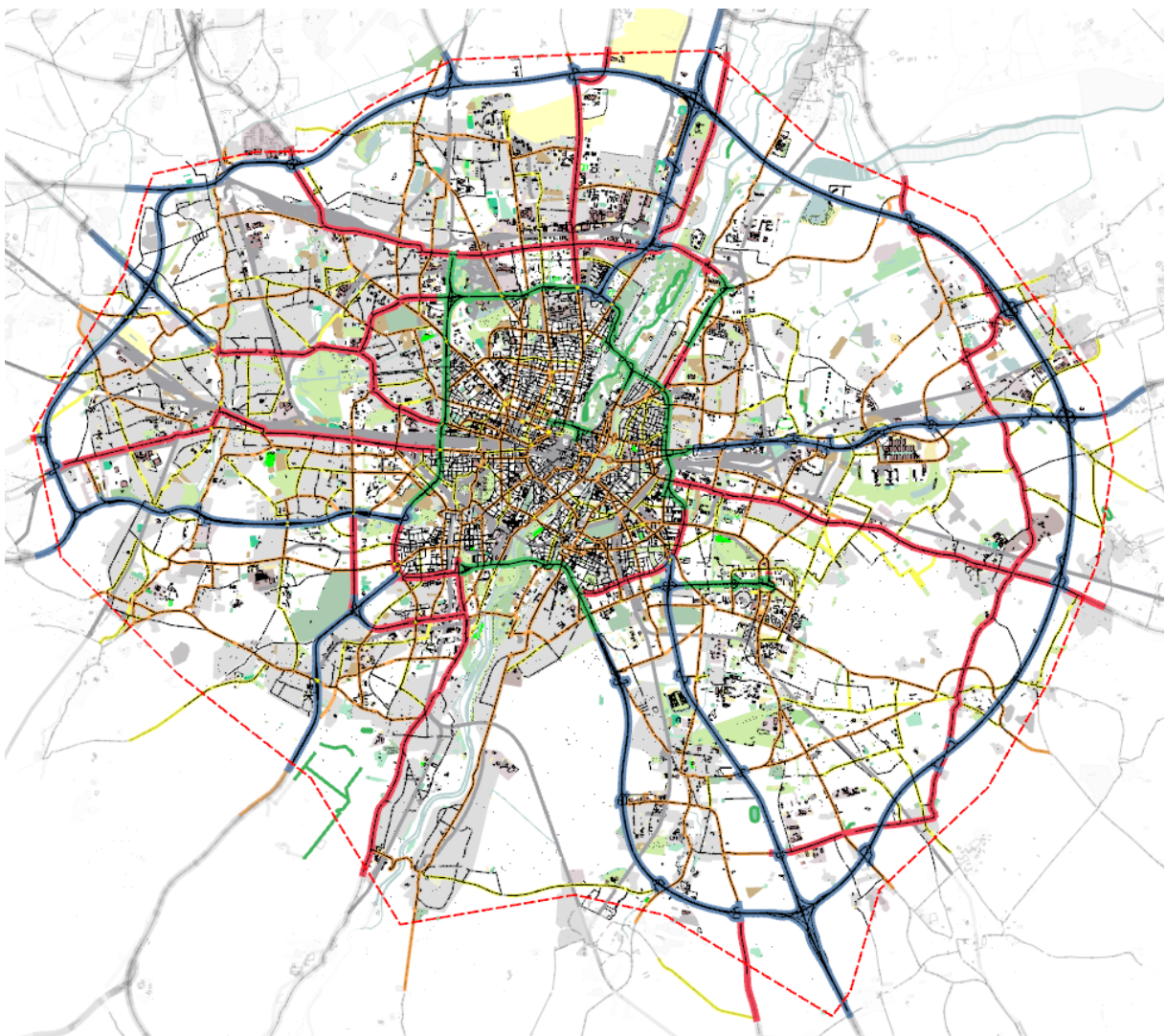


Abbildung 6.1.5.1: Testgebiet

6.1.5.2 Aufbau der Simulationsumgebung

Um die benötigten Daten zur Erstellung eines NFD zu generieren und die Auswirkungen einer Citymaut quantifizieren zu können, wurde eine mikroskopische Verkehrssimulation des Testgebietes in der mikroskopischen Verkehrssimulationssoftware Aimsun erstellt. Das Netzwerk enthält alle im Testgebiet gelegenen Autobahnen, Haupt- und Nebenstraßen. Innerhalb des Mittleren Ringes B2R wurde das Netzwerk zusätzlich verdichtet und enthält alle Haupt-, Neben- und Anwohnerstraßen. Somit ist im Innenstadtbereich auch eine kleinräumige Umlagerung des Verkehrs möglich, wodurch auch Anwohnerverkehr und Schleichverkehrsfahrten abgebildet werden können. Insgesamt besteht das gesamte Netzwerk aus über 37.000 einzelnen Streckenabschnitten, bei welchen die für die jeweiligen Straßen entsprechende Verbindungsfunktionsstufe, Fahrstreifenanzahl, Kapazität und die zulässige Fahrgeschwindigkeit hinterlegt sind. Ein Überblick über das Netzwerk ist in Abbildung 6.1.5.2 gegeben. Die Geometrien der Kreuzungen, die Fahrstreifenaufteilung, die erlaubten Abbiegebeziehungen und die Länge und Position der Abbiegestreifen wurde anhand von Lageplänen oder, falls diese nicht vorhanden waren, anhand von Luftaufnahmen der Realität entsprechend eingebunden. Hier wurde wieder konkretes Augenmerk auf den innerstädtischen Bereich gelegt, da hier durch den geringen Kreuzungsabstand eine korrekte Abbildung der Kreuzungen von besonderer Bedeutung für die Gesamtleistungsfähigkeit des Netzwerkes ist. Zusätzlich zur wirklichkeitsgetreuen Topografie der Knotenpunkte konnten für 75 Lichtsignalanlagen die aktuellen laufenden Lichtsignalpläne von der Stadt München eingebunden werden. Diese befinden sich an den wichtigsten Knotenpunkten der Hauptverkehrsstraßen, wie der B2R, B13 und B11. Diese wurden als Festzeitprogramm in die Simulation eingebunden. Zusätzlich wurden für 508 weitere Knotenpunkte anhand der Knotenbelastung, welche aus der makroskopischen Verkehrsumlegung ermittelt wurde, Lichtsignalpläne erstellt, und ebenfalls als Festzeitsteuerung eingebunden.



Abbildung 6.1.5.2: Überblick Simulationsmodell

6.1.5.3 Kalibrierung der Simulationsumgebung

Das Modell wurde anhand von Verkehrszählwerten von 621 Detektoren verteilt auf 174 Kreuzungen im Innenstadtbereich kalibriert. Die Zählwerte der Detektoren liegen in Viertelstunden-Intervallen vor. Entsprechend wurden die Quelle-Ziel-Matrizen der Verkehrsnachfrage angepasst, so dass auch die Verkehrsnachfrage in Viertelstundenscheiben variiert wird.

Um eventuelle Tagesschwankungen der Messdaten auszugleichen wurden die Daten von 14 Tagen gemittelt. Hier wurde darauf geachtet, dass es sich ausschließlich um Dienstage, Mittwoch und Donnerstag handelte, an denen auch keine besonderen Störfälle oder außergewöhnliche Veranstaltungen stattfanden, um die durchschnittliche werktägliche Verkehrsnachfrage bestmöglich zu erfassen und Störungen zu eliminieren.

Zur Kalibrierung wurden die Daten der morgendlichen Spitzenstunde von 6-10 Uhr verwendet, da diese die verkehrlich maßgebende Zeit mit der maximalen Belastung darstellt. Auch die Simulation wurde für diesen Zeitraum ausgeführt. Dies ist auch in der ansonsten unpraktikabel

hohen Rechenzeit begründet. Unter Verwendung einer modifizierten Kostenfunktion, welche die Grundlage des Routing-Algorithmus der Simulation bildet, wurde diese bestmöglich kalibriert. Diese bezieht neben Reisezeit auch die gefahrene Distanz in die Berechnungen mit ein und ermöglicht es, zusätzlich eine Maut zu berücksichtigen. Da es sich bei Aimsun um ein stochastisches Simulationstool handelt, kommt es je nach Simulationsdurchlauf zu unterschiedlichen Ergebnissen. Um diesem Effekt Rechnung zu tragen, ist es üblich mehrere Durchläufe zu starten und die Ergebnisse zu mitteln. Bei drei berechneten und gemittelten Simulationsläufen konnte ein maximales R^2 zwischen Simulationsergebnissen und Detektorwerten von 0,78 für die Zeit von 06:00 Uhr bis 10:00 Uhr erzielt werden. Dieser Wert wird als ausreichend gut betrachtet. In Abbildung 6.1.5.3 ist das Ergebnis des Kalibrationsprozesses zu sehen. Auf der x-Achse sind die real gemessenen Detektorwerte angetragen, auf der y-Achse die simulierten Detektorwerte. Optimal wäre eine Aufreihung aller Vergleichspunkte auf der rot eingetragenen Diagonalen. Man erkennt deutlich eine Verteilung der Punktwolke längs dieser. Aufgrund der vielfältigen Verflechtungen im Netzwerk, der Größe desselben, der betrachteten Zeit und der engen räumlichen Verteilung der Detektoren kann diese jedoch nicht mehr verbessert werden, da eine Verbesserung eines Detektors die umliegenden Detektoren negativ beeinflusst. Bei räumlicher oder zeitlicher Beschränkung des Kalibrierungszeitraumes verringert sich der Fehler weiter.

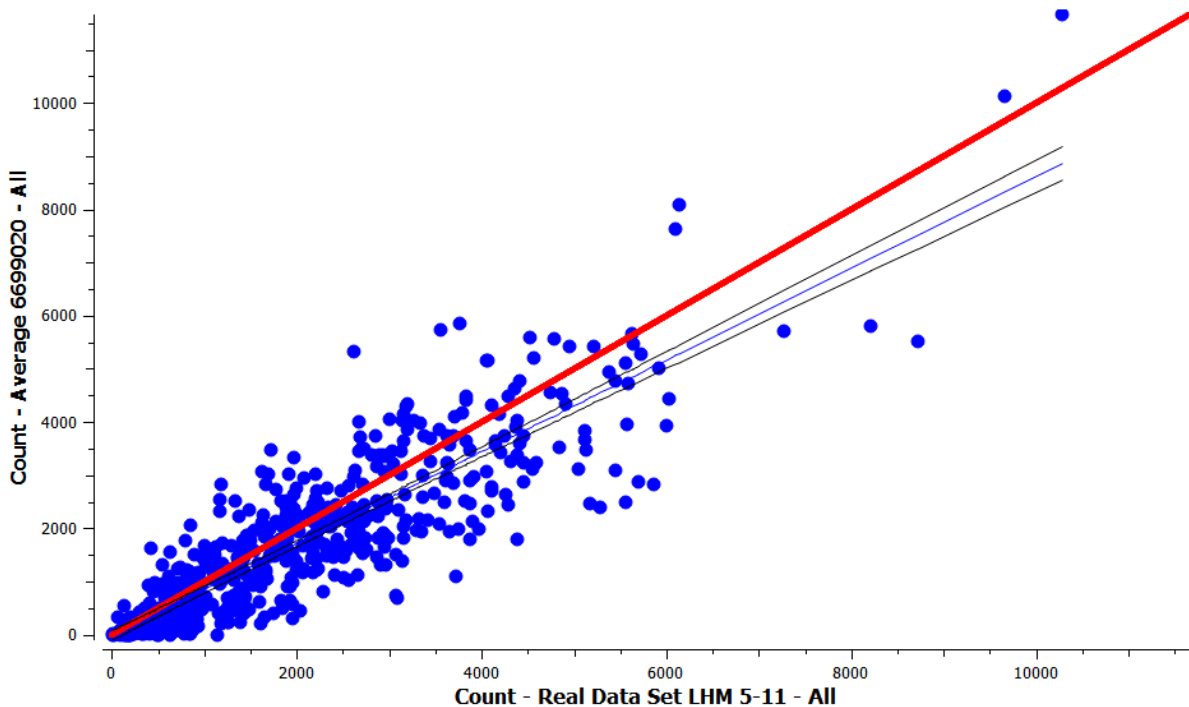


Abbildung 6.1.5.3: Ergebnis Kalibration

6.1.5.4 Ergebnisse

Nach eingehender Analyse der Ergebnisse mehrerer Simulationsläufe konnte die Existenz eines NFD für München nachgewiesen und ein solches bestimmt werden. Auch die Unabhängigkeit des NFD von der Verkehrsnachfrage wurde überprüft und bestätigt. Somit handelt es sich wie theoretisch vorhergesagt um eine Eigenschaft des Verkehrsnetzwerkes. Dieses wird im weiteren Verlauf des Projektes als Grundlage für die Steuerung der Mauthöhe verwendet werden. Das gefundene NFD für eine gewählte Detektorkonfiguration ist in Abbildung 6.1.5.4 zu sehen

Auch eine Softwareschnittstelle zum Einbinden einer verkehrsabhängigen Maut, welche anhand des NFD gesteuert werden soll, wurde bereits erstellt und auf ihre korrekte Funktion überprüft.

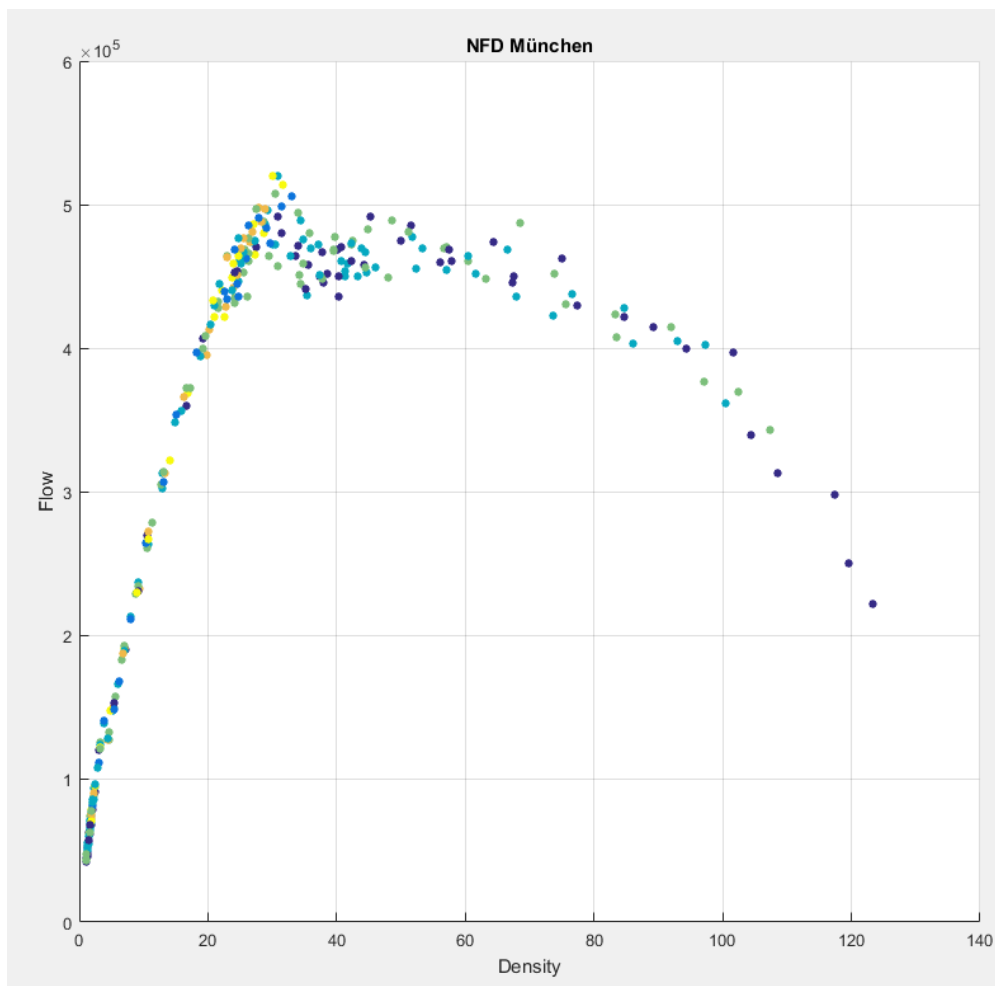


Abbildung 6.1.5.4: Das NFD Münchens

Momentan wird an einer Bewertungsmethodik zum Vergleich unterschiedlicher Mautfunktionen gearbeitet, um die Qualität der Steuerung der Mauthöhe und der zugrunde

gelegten Mautfunktionen objektiv bewerten zu können. Hiermit sollen verschiedene Möglichkeiten, die Maut anhand des NFD zu steuern, verglichen werden, um die beste und effizienteste Methode zu finden. Auch wird sie zur korrekten Kalibrierung der jeweiligen Mautfunktion verwendet werden.

6.1.5.5 Fazit

In diesem Projektteil wurde bisher erfolgreich eine Mikrosimulation Münchens erstellt und kalibriert. Des Weiteren wurde die Existenz eines NFD für München nachgewiesen und ein solches identifiziert. Auch die Schnittstelle zur Einbindung einer Maut in die Simulation wurde bereits erfolgreich erstellt und getestet. Momentan wird an der Bewertung der Funktionen zur Bestimmung der Mauthöhe gearbeitet, so dass hier unterschiedliche Funktionen verglichen werden können, und die optimale Mautfunktion gewählt werden kann.

Der Abschluss dieser bereits begonnenen Arbeiten, sowie die Quantifizierung der Auswirkungen einer Citymaut in München, wird im nächsten Teilprojekt durchgeführt werden.

6.1.6 Dynamische Fahrspurallokation

6.1.6.1 Testgebiet

Als Testgebiet für eine dynamische Fahrspurallokation wurde die BAB A9 ausgewählt. Der Autobahnabschnitt hat eine Gesamtlänge von etwa 30km und reicht von AS München-Schwabing bis AS Allershausen. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über das Testgebiet BAB A9 M.-Schwabing – Allershausen. Ebenso wird Gegenrichtung BAB A9 Allershausen – M.-Schwabing betrachtet.

Zu einem Großteil ist der Autobahnabschnitt 6-streifig – von AK München Nord bis AK Neufahrn sogar 8-streifig – und bietet damit die perfekte Voraussetzung zur Umsetzung einer dynamisch geregelten Fahrspurallokation zur Förderung der Elektromobilität. Des Weiteren zeichnet sich das Testgebiet durch eine gute Infrastruktur aus. So ist der gesamte Bereich durch Verkehrsbeeinflussungsanlagen steuerbar. Künftig könnte damit die Fahrspurallokation umgesetzt werden.

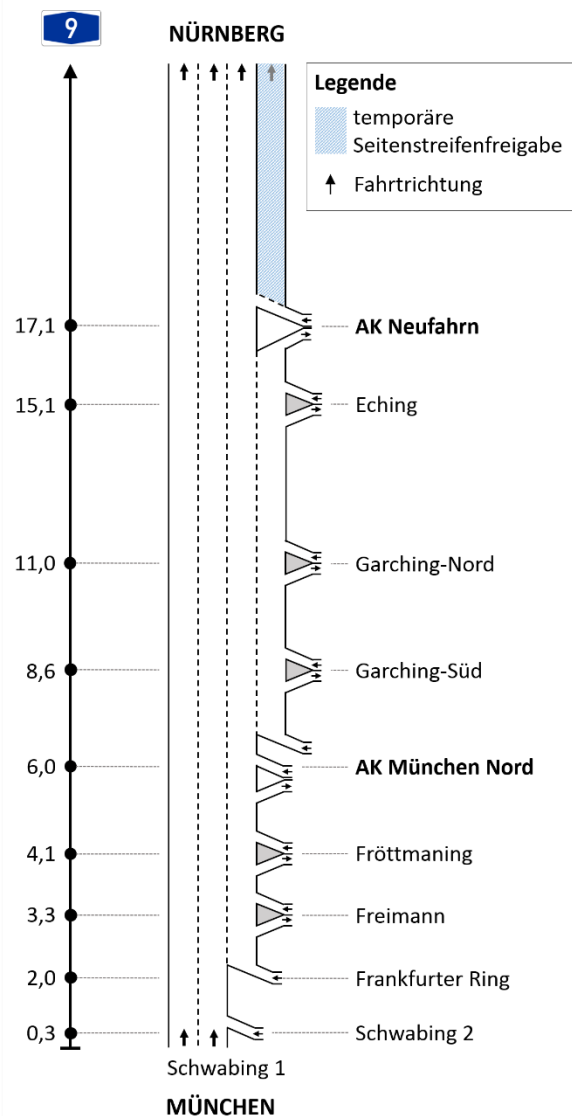


Abbildung 6.1.6.1: Testgebiet BAB A9 M.-Schwabing - Allershausen

6.1.6.2 Aufbau und Kalibrierung der Simulationsumgebung

Die Simulationsumgebung wurde mittels des Verkehrssimulationsprogramms Aimsun geschaffen. Dabei ist nicht nur eine 2-dimensionale, sondern auch eine 3-dimensionale Darstellung zu Demonstrationszwecken möglich.

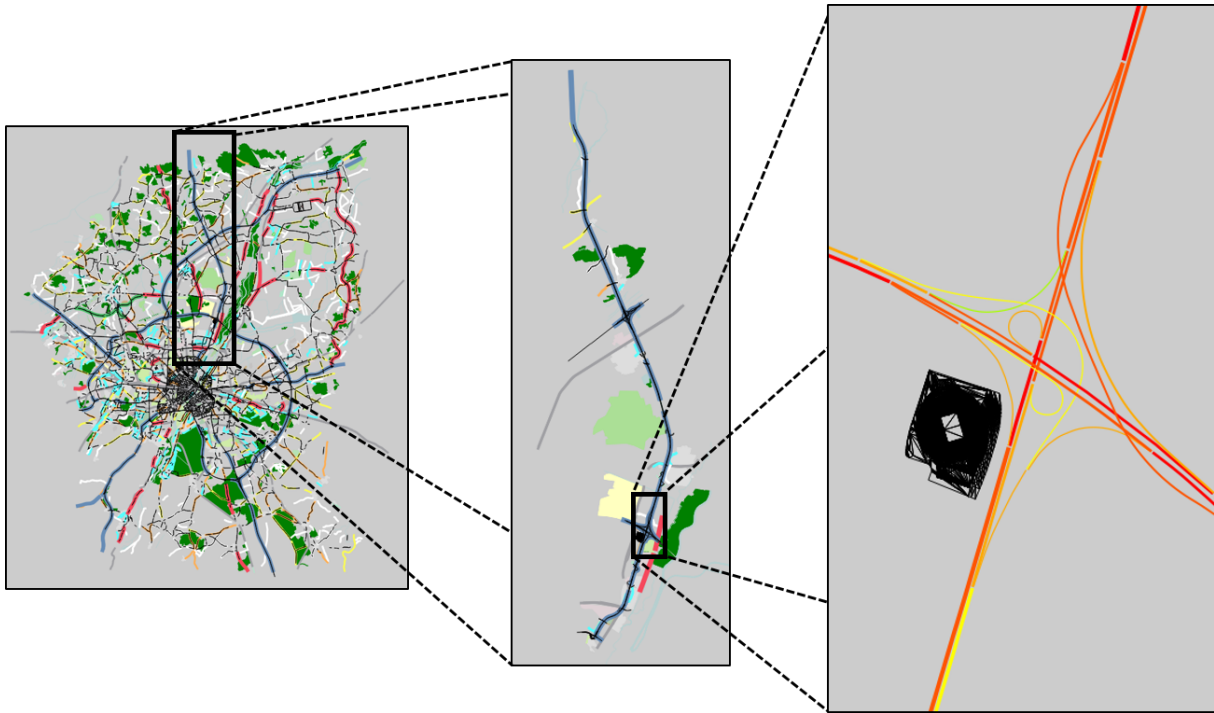


Abbildung 6.1.6.2: Simulationsumgebung BAB A9



Abbildung 6.1.6.3: 3D Darstellung der Simulationsumgebung BAB A9

Das Testgebiet wurde in Aimsun auf zwei Ebenen – makroskopisch und mikroskopisch – kalibriert. Zunächst sind netzweite Veränderungen vorgenommen worden. So erfolgte die Überarbeitung der Widerstandsfunktionen, die den Verkehr auf das Netz umlegen. In einem weiteren Schritt wurde im Rahmen der mikroskopischen Simulationen das Straßennetz modifiziert und hinsichtlich der Anzahl der Fahrstreifen, Geschwindigkeitsbegrenzungen, usw. überprüft.

Anhand von Realdaten aus einem Detektordatenset, welches etwa 70 Detektoren umfasste, wurde das Modell kalibriert. Die Abbildung 6.1.6.4 zeigt die Abweichungen der Verkehrsstärken, wobei die Detektordaten blau, die Simulationsdaten grau dargestellt sind.

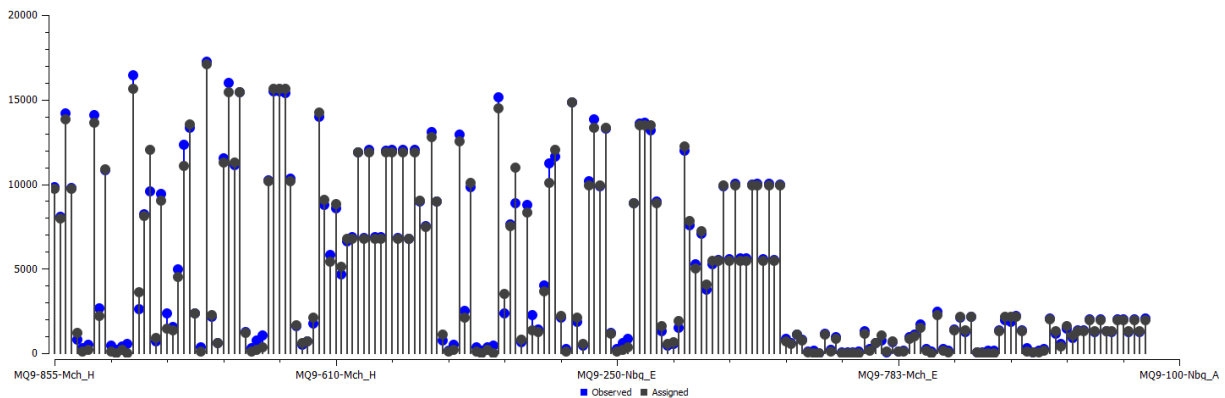


Abbildung 6.1.6.4: Vergleich der Verkehrsstärken aus Simulation und Realdatenset BAB A9

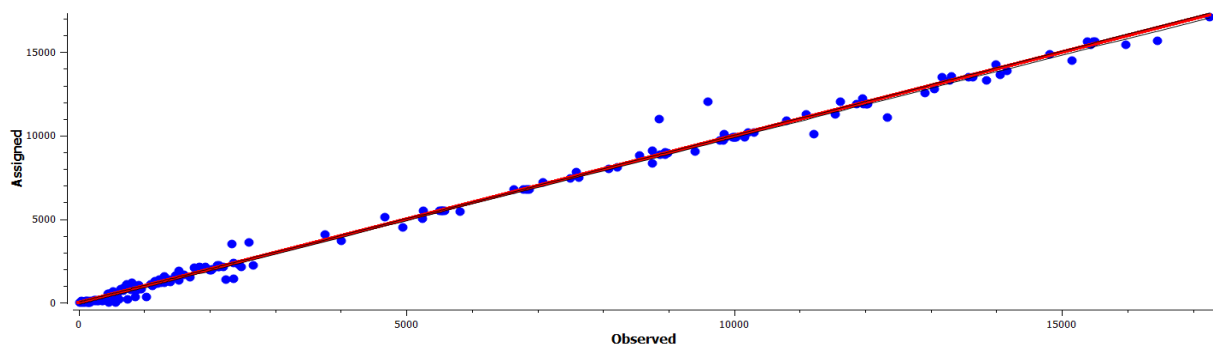


Abbildung 6.1.6.5: Regressionsgerade für Verkehrsstärken Simulation vs. Realdaten BAB A9

Die Darstellung als Streudiagramm verdeutlicht nochmals der Güte der Kalibrierung. Alle Datenpunkte liegen in direkter Nähe der herausgebildeten Regressionsgerade. Mit einem R^2 von über 99% ist das Kalibrierungsergebnis mehr als zufriedenstellend.

Exemplarisch soll der Vergleich der Tagesganglinie aus Simulation und Realdaten die Güte der Kalibrierung verdeutlichen. So stimmen die Summen der Verkehrsstärken nicht nur über gesamte Simulationsdauer von 24 Stunden, sondern auch im Tagesverlauf überein.

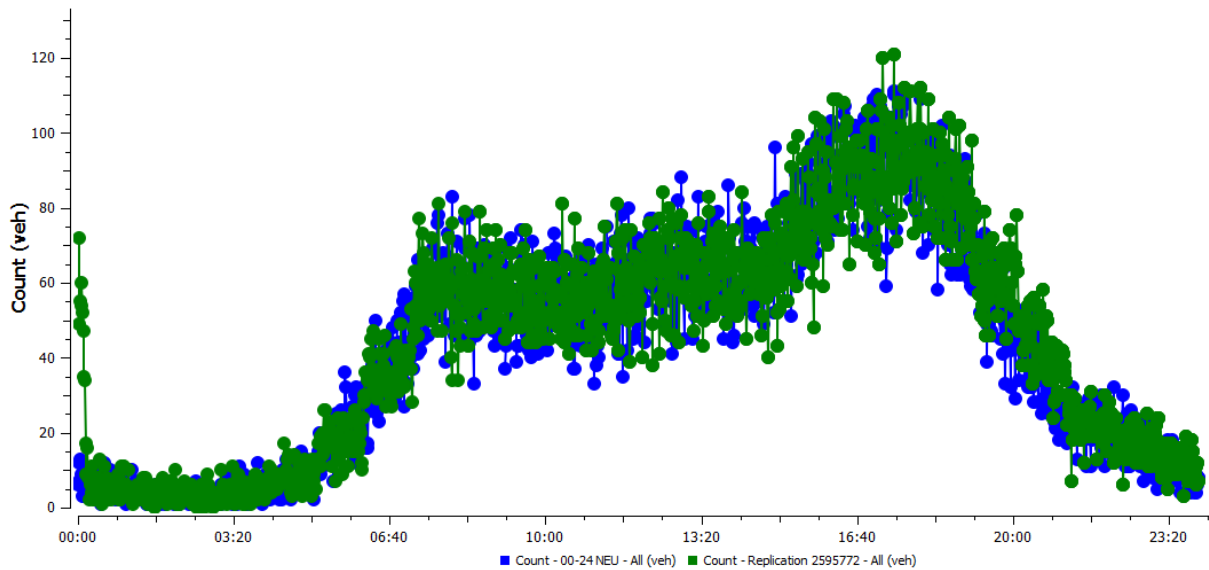


Abbildung 6.1.6.6: Tagesganglinie eines Detektors BAB A9, grün = Simulation, blau = Detektor

Neben der Verkehrsstärke müssen auch die Geschwindigkeiten kalibriert werden. Im Rahmen der Geschwindigkeitskalibrierung wurden auf einzelnen Sektionen die Geschwindigkeiten geringfügig angepasst. Zur Bewertung der Güte kann ebenfalls wieder ein Streudiagramm herangezogen werden. Das R^2 liegt bei rund 95%. Über Contour-Plots können die räumlichen und zeitlichen Abweichungen sichtbar gemacht werden.

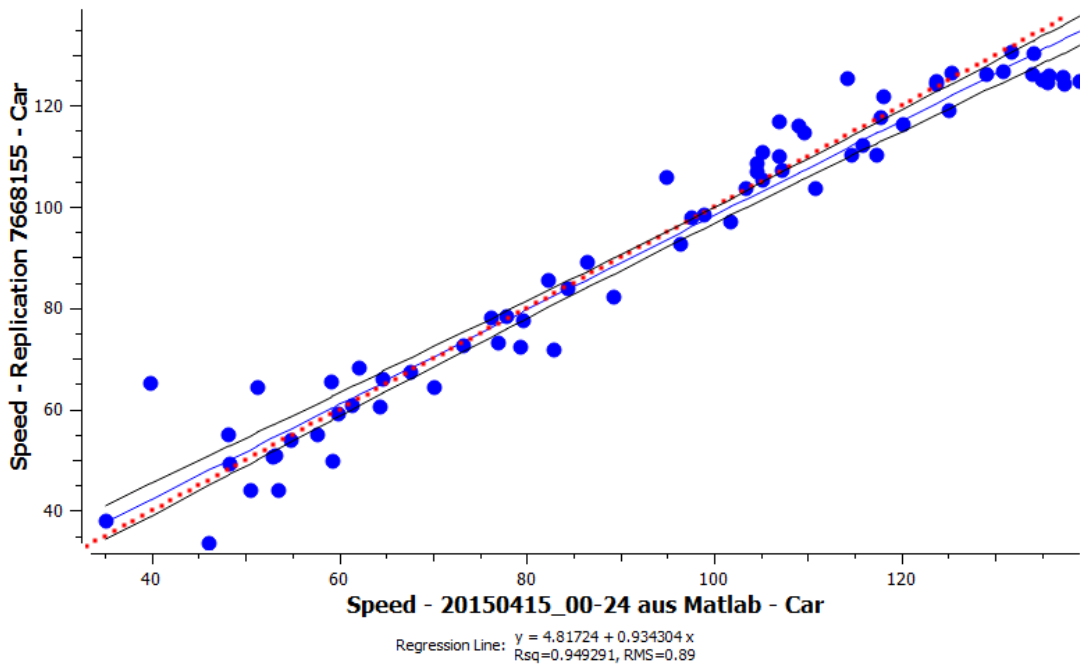


Abbildung 6.1.6.7: Regressionsgerade für Geschwindigkeiten Simulation vs. Realdaten BAB
 A9

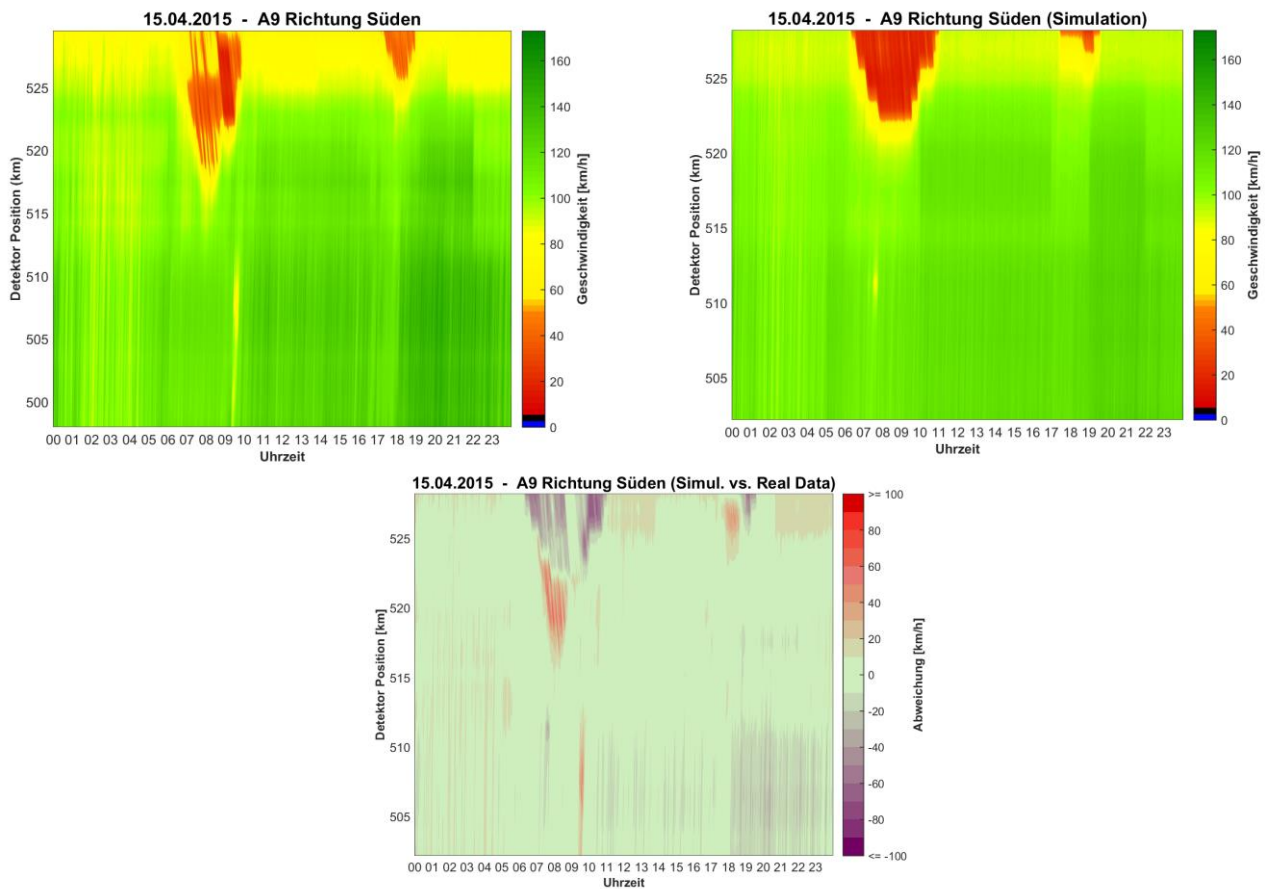


Abbildung 6.1.6.8: Geschwindigkeiten im räumlichen und zeitlichen Verlauf, a) Real-Daten, b) Simulations-Daten, c) Differenzplot b)-a)

6.1.6.3 Szenarien-Bildung

Als Basis der Simulation dient ein Referenzszenario, welches mit aktuellen Verkehrsdaten versehen ist. Die in den USA recht populären HOV-Lanes werden zumeist dynamisch (auch über Verkehrsbeeinflussungsanlagen) freigegeben. In der Regel erfolgt eine Freigabe zu den üblichen Zeiten der Rushhour, kann jedoch je nach Verkehrssituation auch angepasst werden. Aus dieser Überlegung geht ein Szenario hervor, welche die Zeitabhängigkeit betrachtet. Ziel ist es, die Fahrstreifenallokation dynamisch nach Tageszeit und Wochentag freizugeben. Das gebildete Szenario wurde für einen Werktag (Mittwoch, 15.04.2015) umgesetzt. In südlicher Richtung (stadteinwärts) findet eine Fahrstreifenfreigabe für Elektrofahrzeuge von 6:00 bis 11:00 Uhr, in nördlicher Richtung (stadtauswärts) eine Freigabe von 15:00 bis 20:00 Uhr statt. Als weiteres Szenario wurde eine geschwindigkeitsbasierte E-Spurfreigabe modelliert. Hinter diesem Szenario steckt folgende Überlegung: Die Verkehrsbeeinflussungsanlagen registrieren

alles Fahrzeuge und deren Geschwindigkeiten. Entweder dynamisch oder auch durch manuelle Eingriffe wird das Geschwindigkeitslimit angepasst. Genau an diesem Punkt greift das letzte Szenario ein. Wird eine Geschwindigkeitsreduktion ausgelöst, geht damit zumeist ein erhöhtes Verkehrsaufkommen bzw. eine erhöhte Reisezeit einher. Für alle Begrenzungen kleiner gleich 100 km/h wird die Fahrstreifenallokation für Elektrofahrzeuge ausgelöst. Wird die Geschwindigkeitsbegrenzung aufgehoben oder liegt sie bei 120 km/h, erfolgt die Deaktivierung der Elektrospur. Für das Szenario wurde in der Simulation ein Stau künstlich angelegt. Durch einen Unfall entsteht eine Fahrstreifenreduktion und damit ein Engpass. Das Szenario soll zeigen, ob Vorteile für die Nutzer der Sonderspur resultieren und welche Effekte den anderen Verkehrsteilnehmern widerfahren.

6.1.6.4 Ergebnisse

Zeitbasierte Fahrstreifenallokation

Die zeitbasierte Fahrstreifenallokation führt insgesamt zu einer Verschlechterung der Verkehrssituation im gesamten Testgebiet. Die Auswirkungen der geöffneten Elektrospur, welche in südlicher Richtung von 06:00-11:00 Uhr und in nördlicher von 15:00-20:00 Uhr aktiv ist, gehen aus der Tabelle hervor. Ihr kann entnommen werden, dass die dynamische Verkehrsmanagementmaßnahme zu einer Reduktion der Geschwindigkeit um 5% führt. Dementsprechend erhöhen sich Verzögerungszeit und Standzeit. Aufgrund der aktiven Elektrospur kommt es wiederum zu weniger Fahrstreifenwechsel.

Tabelle 6.1.6.1: Vergleich Referenzszenario mit zeitbasierter Fahrstreifenallokation

Kennzahl	Referenz	E-Lane	Veränderung
Delay Time - All	6,68	13,41	101%
Delay Time - Car	7,18	14,69	105%
Delay Time - Truck	3,66	8,03	119%
Delay Time - E-Car	5,83	8,43	45%
Speed - All	88,3	83,6	-5%
Speed - Car	89,83	84,59	-6%
Speed - Truck	82,04	78,72	-4%
Speed - E-Car	82,18	80,63	-2%
Stop Time - All	1,62	5,44	236%
Stop Time - Car	1,72	5,96	247%

Stop Time - Truck	0,81	1,87	131%
Stop Time - E-Car	1,72	5,13	198%
Total Number of Lane Changes - All	3590897	3244602	-10%
Total Number of Lane Changes - Car	3070891	2750955	-10%
Total Number of Lane Changes - Truck	205392	202362	-1%
Total Number of Lane Changes - E-Car	314614	291285	-7%
Total Number of Stops - All	10288,27	20916,33	103%
Total Number of Stops - Car	8496,22	18144,33	114%
Total Number of Stops - Truck	761,87	914,37	20%
Total Number of Stops - E-Car	1030,18	1857,63	80%

Die folgende Abbildung zeigt, dass die Geschwindigkeitseinbußen in den Zeiten der Elektrospurfreigabe entstehen.

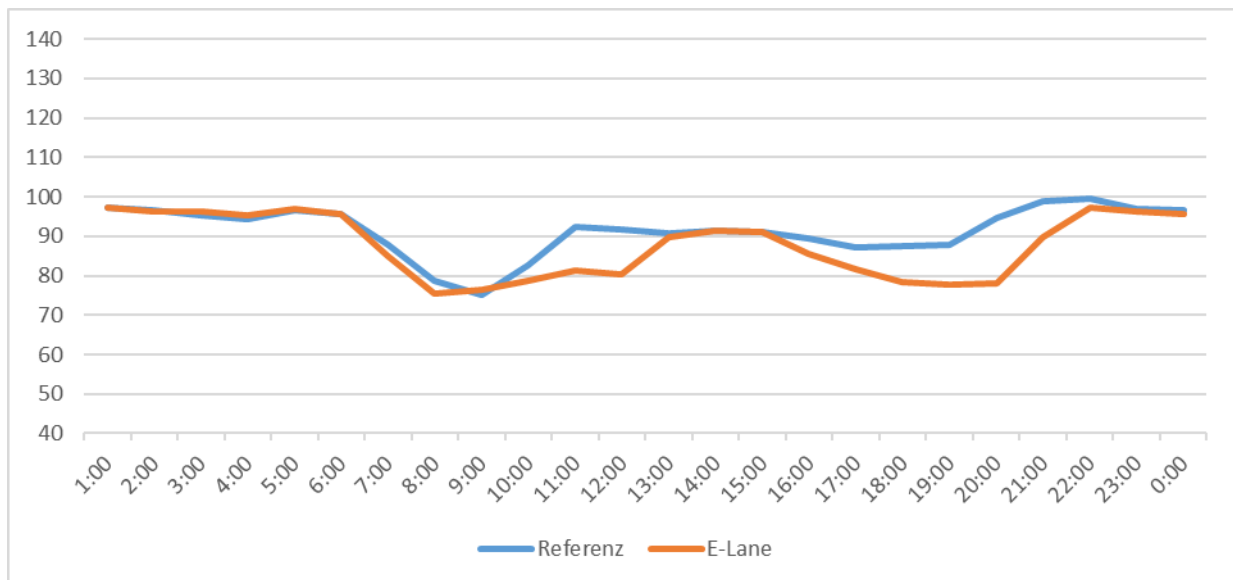


Abbildung 6.1.6.9: Geschwindigkeitsganglinie, Vergleich Referenzszenario mit zeitbasierter Fahrstreifenallokation

Geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation

Als weiteres Szenario wurde eine geschwindigkeitsbasierte Aktivierung/Deaktivierung der Elektrospur modelliert. Auf dem Streckenabschnitt AK Neufahrn – Allershausen wurde ein Stau künstlich hervorgerufen. Interessant an diesem Abschnitt ist, dass dort eine Seitenstreifenfreigabe vorliegt. Aus diesem Grund wurden 2 Szenarien abgeleitet. Zum einen bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe ein Szenario mit einer Fahrstreifenreduktion (z.B. durch einen Unfall) von 3 auf 1 und zum anderen bei aktivierter Seitenstreifenfreigabe ein Szenario mit einer Fahrstreifenreduktion von 4 auf 1 jeweils über eine Stunde.

Bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe zeigt sich eine leichte Verbesserung der Verkehrssituation. Die Verzögerungszeit reduziert sich insgesamt leicht um 2%. Dabei profitieren hauptsächlich die Verbrenner (-2%) und die Elektrofahrzeuge (-20%), Lkw's hingegen verzeichnen Zuwächse aufgrund der nun höheren Verkehrsdichte. Auch Standzeiten oder die Anzahl der Fahrstreifenwechsel sind rückläufig. Die Geschwindigkeiten bleiben von der Verkehrsmanagementmaßnahme unverändert auf gleichem Niveau.

Tabelle 6.1.6.2: Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe

Kennzahl	Referenz	E-Lane	Veränderung
Delay Time - All	8,39	8,22	-2%
Delay Time - Car	8,6	8,41	-2%
Delay Time - Truck	8	9,3	16%
Delay Time - E-Car	6,81	5,43	-20%
Speed - All	82,64	83,04	0%
Speed - Car	83,87	84,22	0%
Speed - Truck	76,32	76,12	0%
Speed - E-Car	77,62	78,71	1%
Stop Time - All	3,67	2,65	-28%
Stop Time - Car	3,79	2,59	-32%
Stop Time - Truck	3,08	3,85	25%
Stop Time - E-Car	3,14	2,06	-34%
Total Number of Lane Changes - All	421571	414605	-2%
Total Number of Lane Changes - Car	363646	358222	-1%
Total Number of Lane Changes - Truck	20822	19232	-8%
Total Number of Lane Changes - E-Car	37103	37151	0%
Total Number of Stops - All	1852,39	1705,75	-8%
Total Number of Stops - Car	1524,4	1418,67	-7%
Total Number of Stops - Truck	157,39	153,79	-2%
Total Number of Stops - E-Car	170,61	133,29	-22%

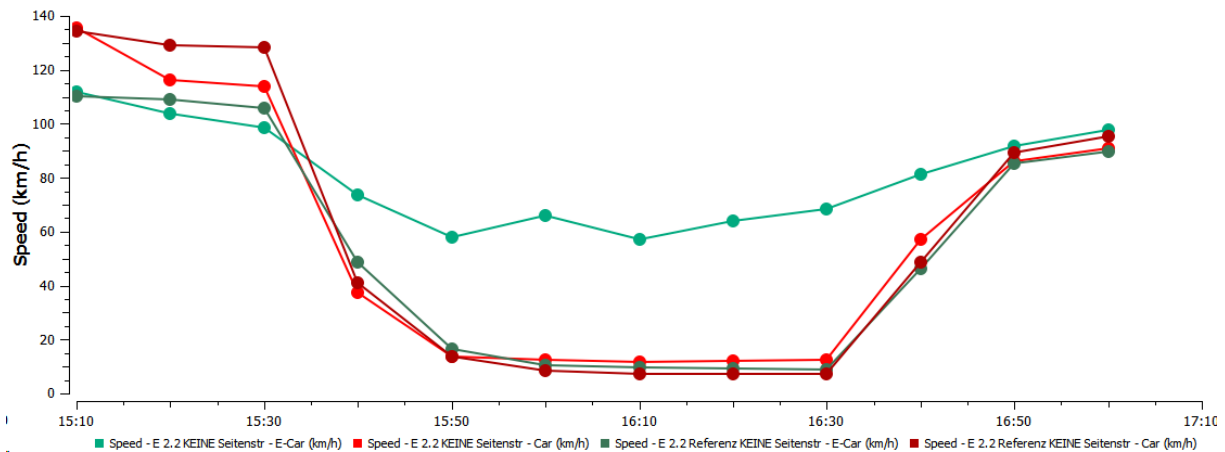


Abbildung 6.1.6.10: Geschwindigkeitsganglinie, Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe

Die Betrachtung der Geschwindigkeiten im zeitlichen Verlauf offenbaren allerdings deutliche Vorteile bei aktiver Fahrstreifenallokation. Während die Geschwindigkeiten bei Fahrzeugen mit Verbrenner im Referenzszenario und dem Szenario mit aktiver Elektrospur gleich aufliegen, so zeigt sich bei den Elektrofahrzeugen ein deutlich geringerer Geschwindigkeitsabfall von etwa 115 km/h auf 60 km/h.

Für das Szenario bei aktivierter Seitenstreifenfreigabe fallen die Ergebnisse im Schnitt negativ aus (siehe Tabelle 6.1.6.3). So erhöht sich die Verzögerungszeit um durchschnittlich 5%, wobei die Elektrofahrzeuge den größten Zeitverlust mit -11% auf sich nehmen müssen. An dieser Stelle ist zu sagen, dass die Modellierung eines Unfalls Ursache für solche Ergebnisse sein kann. Je nachdem wo das Bottleneck angelegt ist, können Fahrzeugklassen benachteiligt werden. Während die Anzahl der Spurwechsel unverändert bleibt, reduziert sich die Standzeit um rund 12%. Die Anzahl der Stopps wächst um 15%, nur die Lkw's haben weniger. Dies ist dem Unfall-Design geschuldet, in welchem der rechte Fahrstreifen als einziger nicht vom Unfall betroffen ist.

Im zeitlichen Verlauf lässt sich gut erkennen, dass es auch Abschnitte gibt, auf denen die Elektrofahrzeuge von der dynamischen Fahrstreifenallokation profitieren. In Durchschnitt sind sie zwar langsamer unterwegs als die Fahrzeugklasse der Verbrenner. Jedoch soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass versucht wurde die Simulation so realitätsnah wie möglich aufzubauen. Dazu gehört auch die Beachtung z.B. der möglichen Höchstgeschwindigkeiten von Verbrenner und Elektrofahrzeugen.

Tabelle 6.1.6.3: Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei aktivierter Seitenstreifenfreigabe

Kennzahl	Referenz	E-Lane	Veränderung
Delay Time - All	7,7	8,08	5%
Delay Time - Car	8,07	8,4	4%
Delay Time - Truck	6,63	7,22	9%
Delay Time - E-Car	5,39	5,97	11%
Speed - All	83,39	82,7	-1%
Speed - Car	84,55	83,83	-1%
Speed - Truck	77,49	76,78	-1%
Speed - E-Car	78,47	78,01	-1%
Stop Time - All	3,57	3,13	-12%
Stop Time - Car	3,83	3,33	-13%
Stop Time - Truck	2,51	2,29	-9%
Stop Time - E-Car	2,25	2,06	-8%
Total Number of Lane Changes - All	437496	435768	0%
Total Number of Lane Changes - Car	378318	376315	-1%
Total Number of Lane Changes - Truck	20632	20661	0%
Total Number of Lane Changes - E- Car	38546	38792	1%
Total Number of Stops - All	1505,4	1728,38	15%
Total Number of Stops - Car	1259,17	1459,34	16%
Total Number of Stops - Truck	124,36	121,56	-2%
Total Number of Stops - E-Car	121,87	147,48	21%

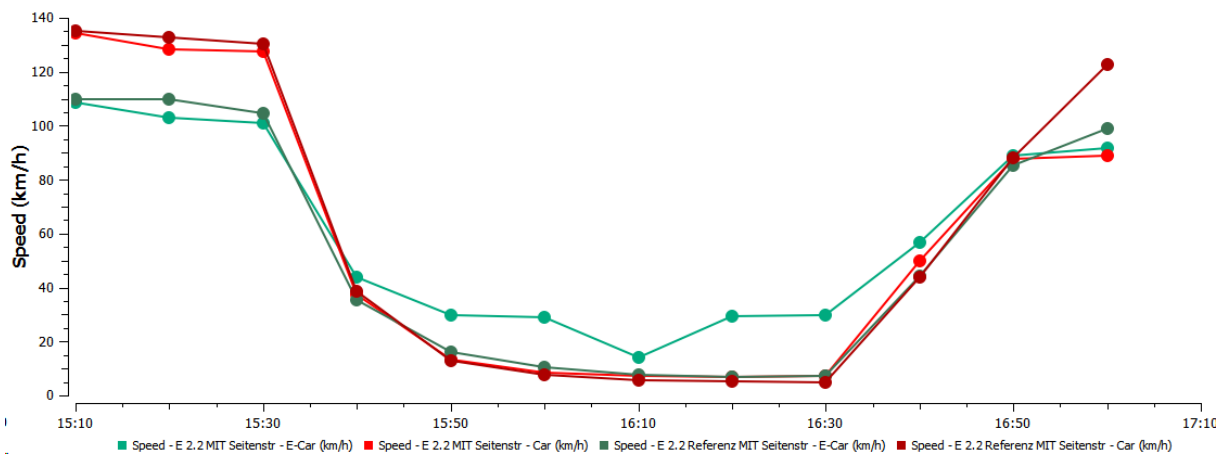


Abbildung 6.1.6.11: Geschwindigkeitsganglinie, Vergleich Referenzszenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei aktivierter Seitenstreifenfreigabe

6.1.6.5 Fazit

In einer Simulation konnte gezeigt werden, dass eine Implementierung einer dynamischen Fahrstreifenallokation positive Effekte auf Nutzer der Elektromobilität haben können und zugleich keine negativen Auswirkungen auf andere Verkehrsteilnehmer. Diese Aussage trifft vor allem für das Szenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe zu.

Bei einer zeitbasierten Fahrstreifenallokation sind die Ergebnisse durchweg negativ. Genau in den Zeitfenstern, in denen die Maßnahme griff, sind Geschwindigkeitseinbußen zu erkennen. Aus diesem Grund wird eine intelligente geschwindigkeitsbasierte Fahrstreifenallokation empfohlen, welche nur parameterbasiert aktiviert wird. Somit kann vermieden werden, dass eine Verkehrsmanagementmaßnahme zu Zeiten aktiviert wird, in denen kein Unfall oder im Allgemeinen eine Staulage vorliegt. Dies gewährleistet die effiziente Nutzung der Kapazitäten auf Autobahnen.

6.1.7 AP 6000: Anlass und Problemstellung

Private Elektromobilität steckt in Deutschland mit Blick auf die PKW-Zulassungszahlen noch in den Kinderschuhen. Zu groß sind beispielsweise Bedenken, die das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Reichweitenangst betreffen. Daher gilt es, potenzielle Nutzer mit Zweispurelektromobilität vertraut zu machen und Akzeptanz für diese neue Fortbewegungstechnologie zu fördern. Zu Beginn des Projektes im Jahr 2014 existierten in Deutschland kaum gezielt gesetzte Anreize, um Nutzer zur Anschaffung eines privaten Elektroautos zu bewegen. Daher soll untersucht werden, inwieweit kommunale und bundesweite Förderung die Akzeptanz hinsichtlich einer klimagerechten Verkehrs- und Energiepolitik erhöhen kann.

Im Laufe des Projektes hat sich vor allem durch die Gesetzgebung und kommunales Engagement in dieser Richtung einiges verändert. Diese Veränderungen wurden während der Untersuchungen berücksichtigt.

6.1.8 Ziel des Arbeitspaketes 6100: Enabler zur Förderung der Elektromobilität

Das Arbeitspaket verfolgte im Wesentlichen zwei Ziele: Die Abschätzung kommunaler Anreize sowie die Herausarbeitung der Gründe für das bisherige Scheitern privater Elektromobilität.

6.1.8.1 Bewertung kommunaler Anreize durch Interviews

Das Arbeitspaket fokussierte vorrangig die Hemmnisse gegenüber privater Elektromobilität. Ursprünglich war angedacht, verschiedene Nutzergruppen zu identifizieren, die entsprechend ihrer gewünschten Reichweite kategorisiert und mit potenziellen Dienstleistungen bedacht werden sollten. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass Nutzer sich nicht nur auf eine Reichweite festlegen, sondern entsprechend ihren jeweiligen Mobilitätsbedürfnissen sowohl kurze als auch lange Strecken mit dem Elektroauto planen oder für längere Reichweiten zum Verbrenner wechseln. Dieses Vorhaben wurde dementsprechend verworfen. Der Fokus lag demzufolge auf den Möglichkeiten und Potenzialen regionaler und kommunaler Förderung. Kommunale Entscheider können den Weg für Elektromobilität durch privilegierende Maßnahmen ebnen. Dazu gehören beispielsweise die Möglichkeit für freies Parken oder Vorrangparken, die Nutzung von Busspuren, die Bereitstellung einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur sowie die Beschaffung von E-Fahrzeugen für die Nutzung in kommunalen Fuhrparks.

Weiterhin sollte durch Interviews mit Experten und Elektroautonutzern analysiert werden, was auf gesellschaftlicher, politischer und praktischer Ebene geschehen muss, um private Elektromobilität zu unterstützen.

In der Zusammenschau galt zu analysieren, welche Fördermaßnahmen unter welchen Umständen wie erfolgreich sind und welche Verbesserungen notwendig sind.

6.1.8.2 Faktoren des Scheiterns und der Durchsetzung privater Elektromobilität

Weiterhin lag der Fokus des Arbeitspakets auf der historischen Rekonstruktion des bisherigen Scheiterns privater Elektromobilität – denn obwohl Deutschland als Auto-Nation gilt, scheiterte die Durchsetzung des Elektroautos in der Vergangenheit dreimal. Die Gründe dafür sollen herausgearbeitet werden um die Frage zu beantworten, was man daraus für die Zukunft lernen kann.

6.1.8.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden ausführlicher die jeweiligen Ziele des Arbeitspaketes 6100 beschrieben.

6.1.8.4 Bewertung kommunaler Anreize durch Interviews

Das Projekt BeEmobil startet mit der Verabschiedung des „Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen“ vom 24.09.2014. Es trat sofort in Kraft und ist bis 30. Juni 2030 befristet. Ziel des Gesetzes ist die Steigerung der Attraktivität der Nutzung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen, welche durch mögliche Privilegierungen im Straßenverkehr unterstützt werden soll. Förderwürdige Fahrzeuge sind demnach reine Batterieelektrofahrzeuge (BEV), von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge (PHEV) sowie Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV). Ländern und Kommunen soll ermöglicht werden, Privilegien für elektrisch betriebene Fahrzeuge einzurichten. Aufgrund dessen wurde zu Beginn des Projekts das neu eingeführte Elektromobilitätsgesetz hinsichtlich seiner Stärken und Schwächen in Bezug auf das Ziel einer nachhaltigen Mobilität analysiert. Problematisch erscheinen hierbei die Öffnung von Busspuren für den ÖPNV durch die Belastung des Öffentlichen Verkehrs zugunsten des motorisierten Individualverkehrs, fehlende Regelungen für Leichtkraftfahrzeuge und Zweiräder und die Bevorrechtigung von Hybridfahrzeugen, welche durchaus einen enormen CO₂-Ausstoß verursachen können. Die Öffnung von Busspuren zu Lasten des ÖPNV stellt keine geeignete Maßnahme dar, die Bevölkerung von den Vorteilen der Elektromobilität zu überzeugen. Weiterhin umfasst eine zukunftsweisende Mobilität umfasst mehr als einen Technologiewechsel vom Verbrennungs- zum Elektromotor, weswegen die fehlende Regelung für elektrische Zweiräder und Leichtkraftfahrzeuge negativ auffallen - denn Elektromobilität sollte vielmehr als ein Baustein einer multimodalen Mobilitätskette verstanden werden, die verschiedene Verkehrsträger sinnvoll miteinander verknüpft und Nutzern eine komfortable Kombination mehrerer Verkehrsmittel ermöglicht.

Darüber hinaus ist eine Privilegierung von Hybridfahrzeugen schon deshalb besonders fragwürdig, weil sich nicht nachprüfen lässt, zu welchem Zeitpunkt ein Fahrzeug gerade elektrisch fährt oder auf den Verbrennungsmotor zugreift. Weiterhin wurden Interviews mit Elektroautonutzern und Experten durchgeführt. In diesen Interviews wurden verschiedene Themenkomplexe abgedeckt. Diese betreffen eine konkrete Rückmeldung zu staatlichen und kommunalen Maßnahmen für Elektroautofahrer sowie Verbesserungsvorschläge für Ergänzungen des Gesetzes. Weiterhin wurden erwünschte Dienstleistungen rund um das Elektroauto abgefragt und über mögliche Gründe für das bisherige Scheitern des Elektroautos gesprochen. Darüber hinaus wurden die Themenfelder E-Bikes und E-Scooter in ihrer Rolle als Vermittlertechnologien sowie die Bedeutung intermodaler Verkehrskonzepte diskutiert.

Die Auswertung der Interviews ergab drei große Themenfelder, „Politik“, „Praxis“ und „Gesellschaft“ – in denen Veränderungen zugunsten der Anschaffung und des Betriebs privater Elektromobilität möglich sind. Im politischen Bereich ist auf der lokalen Ebene vor allem die Vorbildfunktion von Kommunen durch Beschaffungsmassnahmen von E-Flotten relevant. Zudem sollten sich politische Maßnahmen durch ein gleichzeitiges Push'n'Pull auszeichnen, um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern. Der „Push“ könnte durch restriktive Regeln wie CO₂-Grenzwerte erreicht werden, wohingegen die Unterstützung durch finanzielle Mittel, rechtliche Regeln wie freies Parken oder freie Spuren für den „Pull“ sorgen. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die juristische Hemmung der Verbreitung von Elektromobilität. Das eigene Elektroauto in der Arbeit zu laden wäre ein geldwerter Vorteil. Wenn ein Arbeitgeber seine Mitarbeiter laden lässt und den Strom umsonst bereitstellt, gewährt er seinen Mitarbeitern einen geldwerten Vorteil und macht sich strafbar - wenn er den Strom dagegen verkaufen würde, wäre er Stromhändler. An dieser Stelle müssten Regelungen getroffen werden, die das Pendeln mit dem Elektroauto zur Arbeit durch Lademöglichkeiten vor Ort unterstützen.

In der alltäglichen Praxis sind vor allem innovative Dienstleistungen ein Treiber für private Elektromobilität. Dazu zählt beispielsweise die vereinfachte (mobildatenbasierte) Kommunikation unter den Elektroautofahrern rund um Ladestationen und Informationen, wann eine Ladestation frei ist oder was in der Umgebung unternommen werden kann – denn Laden ist auch ein sozialer Akt. Darüber hinaus ist ein einheitliches Bezahlssystem an Ladestationen für Elektroautofahrer relevant, dies könnte beispielsweise über Premium-SMS geregelt werden. Weiterhin zeigte sich bei den Interviewten eine erhöhte Bereitschaft, durch Unternehmen als Kunde mobilisiert werden zu können, wenn diese Lademöglichkeiten anbieten. Ladesäulen sind dementsprechend als Service-Angebot bzw. Service-Leistung interessant, dies könnte ein zukünftiger Trend sein. In der täglichen Praxis des Fahrens und Ladens bedarf es zudem einer

soliden Datenbank über Ladesäulen. Bisher müssen Elektroautofahrer auf diverse Betreiber-Webseiten und Foren-Datenbanken zugreifen, um sich Kenntnisse über die Zugänglichkeit, den Steckertypen sowie Zustand und Existenz einer Ladesäule zu verschaffen. Ein entscheidender Aspekt sind weiterhin regionale Besonderheiten, die im Zuge von Anreiz-Maßnahmen zu berücksichtigen sind. So sind manche Maßnahmen, wie die Freigabe von Busspuren nicht in jeder Region sinnvoll, wenn dort kaum Busspuren existieren. Dementsprechend ist es wichtig, Kommunen die Freiheit über individuelle Lösungen zu geben. Anreize könnten beispielsweise auch ÖPNV-Tickets für Elektromobilisten sein zum Vorzugspreis, um auch diesen im Zuge nachhaltiger Maßnahmen besser auszulasten. Zuletzt ist bei der Entwicklung eines Gesamtkonzeptes für Maßnahmen für private Elektromobilität zu beachten, dass nicht-monetäre, direkte Anreize sehr wirkungsvoll sein können, wenn man diese jeden Tag positiv erleben kann.

Ein wesentlicher Themenkomplex, der nicht immer direkt und kurzfristig beeinflusst werden kann, ist die gesellschaftliche Entwicklung und deren Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten. Ein erster Ansatzpunkt ist jedoch die Verwendung von Sprache, da diese auch politisch benutzt werden und die Mentalität der Bürger beeinflussen kann. So zeigt sich ein wesentlicher Unterschied, wenn sie der Sprachgebrauch von „Ich fahre Auto!“ hin zu „ich nutze Mobilität“ wandelt. Letzteres inkludiert die Bereitschaft, sich auf seine Mitmenschen zu verlassen und das eigene Autoreich zu verlassen, indem auf dem Weg von a nach b ÖPNV, Schiffe, Fernbusse, Mitfahrzentralen und (E-)Car-Sharing benutzt wird. Ein anderer Aspekt betrifft die Reichweitenangst, welche jedoch eher potenzielle Käufer als die Nutzer selbst betrifft. Diese ist ein emotionales Thema und quasi per „Erziehung“ dem Verbrennerautofahrer mitgegeben, da die erste Warnmeldung oftmals schon bei 100 km Restreichweite anspringt. Dementsprechend ist eine Veränderung der Denkweise von „Tank nicht wenn du musst, tank wenn du kannst“ notwendig.

Dass sich Elektromobilität bisher nicht durchsetzen konnte liegt durchaus auch darin begründet, dass es sich dabei momentan noch um eine „Komfort-Innovation“ handelt. Im Rahmen der Interviews wurde daher auch die Notwendigkeit eines „gesellschaftlichen Schmerzes für eine Veränderung“ gesprochen. Es müssen Diss-Komfortelemente, wie höhere Benzinpreise oder spürbare Umweltbelastungen hinzukommen, um die Mobilitätsnachfrage zu verändern.

6.1.8.5 Faktoren des Scheiterns und der Durchsetzung privater Elektromobilität

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer umfassenden Analyse des bisherigen Scheiterns des Elektroautos zusammengefasst.

Die Konkurrenz verschiedener Antriebssysteme beginnt vor dem erweiterten Kontext der industriellen Revolution. Diese ist charakterisiert durch zunehmende Prozesse der Urbanisierung und einem starken Wachstum der Bevölkerung. In dieser Zeit müssen die wachsenden Pendlerströme durch Pferdekutschen und Eisenbahnen bewältigt werden, welche als Transportmittel damit jedoch zunehmend an ihre Grenzen stoßen (König 2010). Das bestehende System geriet in eine Krise, durch die neue Antriebstechnologien konkurrenzfähig wurden. Wie genau diese Antriebstechnologie gestaltet sein sollte, war zu diesem Zeitpunkt relativ offen und dementsprechend interpretativ flexibel. Somit waren Benzin-, Dampf- und Elektromotoren gleichermaßen als neue Alternative denkbar (Abt 1998). Verschiedene Nutzergruppen hatten Interesse an dem Automobil. Ein elegantes Aussehen und entsprechende Innenausstattung, einfache Bedienbarkeit und ein ruhiger Lauf – wie es der Elektroantrieb bot – waren entscheidende Kriterien für die Nutzer eines Herrschaftswagens. Sportenthusiasten waren dagegen vor allem an einer hohen Reichweite in Kombination mit einer hohen Geschwindigkeit interessiert (Abt 1998). Die Konkurrenz der Antriebe hatte begonnen. Ein anfänglicher Vorteil für das Elektroauto war das durchaus wichtige Kriterium der Hygiene seinerzeit, denn es galt als leise und sauber. Der erste nennenswerte Absatzmarkt wurde jedoch durch den Motor- und Rennsport generiert, welcher immer mehr Anhänger fand und die Interpretation des Automobils zunehmend prägte (König 2010, Abt 1998). Diese Prägung war maßgeblich an der Durchsetzung des Benziners gegenüber dem Dampf- und Elektroauto beteiligt. Durch diese neue Zuschreibung wurde das Auto zunehmend von einem Herrschaftswagen zu einem Sportgerät umgedeutet und als neue Technik stabilisiert, welches sich durchaus durch Lärm und Abgase auszeichnen durfte. Neben den Autorennen, welche die Geschwindigkeit des Autos voraussetzen, wurde das Touring zunehmend populärer, durch welche die Reichweite ein weiteres entscheidendes Kriterium wurde, welche das Elektroauto zunehmend ausschloss (Abt 1998). Relevante soziale Akteure sind dementsprechend die Automobilclubs mit ihrer Lobbyarbeit für den Benzinler sowie die sportaffine Nutzergruppe junger Männer, welche das Bild des Automobils maßgeblich beeinflussten und die Bekanntheit dieses Antriebs gegenüber dem Dampf- und Elektroauto erhöhten (Abt 1998). Während eine hohe Geschwindigkeit im Alltagsverkehr zuvor unterwünscht war, fand nun durch die Autorennen eine Re-Definition statt, welche Geschwindigkeit über die Kriterien Sicherheit und Wirtschaftlichkeit stellte (Abt 1998). Zum Ende der ersten Hochphase zu Beginn des 20. Jahrhunderts verschwand das Elektroauto letztendlich für lange Zeit, da es den gewünschten Kriterien, die sich etabliert hatten, nicht entsprach. Die zweite Hochphase des Elektroautos findet im erweiterten gesellschaftlichen Kontext des zuvor vorausgegangenen

Wirtschaftswunders ab den 1960er Jahren statt. Das Automobil ist ein Universalverkehrsmittel geworden, welches sich nun viele Menschen leisten können. Die Art und Weise der Nutzung stabilisieren die Bedeutung von Geschwindigkeit und Reichweite, welche damit dem Benzinantrieb weiterhin Vorschub leistete (Canzler 1997). Weitere Stabilisierungsmomente wurden im gesamten sozio-technischen System um das Auto herum etabliert, wie beispielsweise durch eine politisch initiierte breite Finanzierungsgrundlage der Verkehrsinfrastruktur, der Autobahn- und Straßenplanung auf der raumplanerischen Ebene sowie durch die Auswirkungen der „Charta von Athen“ als gesellschaftlich-kulturelle einflussnehmende Dimension (Canzler 1997).

Eine erneute Krise für den Benzinantrieb resultierte nun aufgrund der Möglichkeit, die Luftqualität nun genau messen und ihre gesundheitlichen Konsequenzen bei einer Verschlechterung genau benennen zu können. Weiterhin führten das Waldsterben und die Ölkrise zum Beginn der 1970er Jahre einer Krise des etablierten Systems (Rammler, Zimmer 2011; Peren 1997). Das Elektroauto tauchte als mögliche Mobilitätsform dementsprechend wieder aus einer Nische auf und wurde in dieser Phase erneut zu einer ernsthaften Alternative. Das Problem der intensiven Prägung durch den Rennsport konnte jedoch auch in dieser Phase nicht neu definiert werden, weswegen die Batterie des Elektroautos weiterhin als Bauteil galt, dass zu wenig Leistung brachte. Durch das Festhalten an den Kriterien Reichweite und Geschwindigkeit war in den Köpfen der Hersteller und potenziellen Nutzer weiterhin der Gedanke leitend, dass das Elektroauto den Benziner ersetzen sollte, eine eigenständige Identität mit einem neuen Nutzungskonzept wurde ihm jedoch nicht zugedacht (Knie 1997, Peren 1997). Die Krise des Benzinantriebs wurde durch die Entdeckung neuer Erdölvorkommen und Verfahren zur Erdölgewinnung „gelöst“. Dementsprechend fand eine rhetorische Schließung statt, welche durch kleine Verbesserungen, wie beispielsweise der Einführung des Katalysators, argumentativ stabilisiert wurde. Die vormaligen Probleme, wie die Umweltschädigung, wurden „wegdefiniert“ (Canzler 1997). Im erweiterten gesellschaftlichen Kontext der weltweiten Wirtschaftskrise und dem zunehmend messbaren Klimawandel erlebte Elektromobilität seine dritte Hochphase. Da die Maßstäbe der Weltwirtschaft globaler geworden waren, erreichten die Auswirkungen des Börsenzusammenbruchs an der Wall Street im Jahr 1987 auch Deutschland.

1990 wurde die Hotzenblitz Mobile GmbH gegründet und brachte damit ein Elektroauto auf den Markt, welches in einer angemessenen Leichtbauweise produziert wurde.

Die deutsche Politik trat erstmals als starker sozialer Akteur durch die Initiierung und Finanzierung erster Förderprojekte in Erscheinung. Das bekannteste Projekt dieser Zeit wurde ein großangelegter Versuch auf Rügen. Bei diesem Versuch wurden unter anderem Elektro-Vans auf Basis des Transporters T4, Elektrofahrzeuge auf der Basis des VW-Golf sowie der Astra Impuls 3 eingesetzt. Der Feldversuch begann 1992 in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und sollte vier Jahre lang der Erforschung der Alltagstauglichkeit sowie der Erfahrungsgewinnung der Hersteller dienen (Berliner Zeitung 1996). Nach Beendigung des Versuchs wurde ein negatives Resultat veröffentlicht. Dies ist vor allem auf die negative Ökobilanz aufgrund des damals vorherrschenden Strommixes vorrangig, aus Kohlekraftwerken, zurückzuführen (Knie 1999, Ahrend 2011). Ähnlich zur vorherigen Phase wurde das Elektroauto aufgrund einer Krise als Alternative erneut in Erwägung gezogen. Hier zeigt sich jedoch eine erneute rhetorische Schließung und Stabilisierung des Verbrenners gegenüber dem Elektroauto. Indem der damals gegenwärtige Strommix ohne Rücksicht auf die Bedeutung zukünftiger erneuerbarer Energien schlecht eingestuft wurde, konnte das Elektroauto keine herausragende und besonders umweltschonende Alternative sein. Neben der Automobilindustrie und der Politik trat in dieser Phase auch die Energiewirtschaft als relevanter sozialer Akteur in Erscheinung, um wirtschaftlich geprägte Eigeninteressen zu vertreten. Doch auch in dieser Phase konnten weitere technische Verbesserungen das Benzinauto in seiner Vorreiterrolle stabilisieren. Die Gründe, warum das Elektroauto eine nachhaltige Alternative darstellen könnte, wurden rhetorisch abgeschwächt. Die Kriterien der großen Reichweite und hohen Geschwindigkeit konnte das Elektroauto weiterhin nicht erfüllen, vielmehr wäre eine Verhaltensänderung des Nutzers erforderlich. Intermodale Verkehrskonzepte jedoch könnten eine intelligente Verwendung des Fahrzeuges in Zukunft erfüllen (Knie 1999).

Mit Blick auf die Historie des Elektroautos lässt sich feststellen, dass sich die Möglichkeit des Elektroautos, von einer relativen Nischenerscheinung zu einem Massenprodukt zu werden, in einer vierten Hochphase befindet, welche Anfang dieses Jahrhunderts begann. Betrachtet man den erweiterten gesellschaftlichen Kontext, ist die Ausgangslage dieser Hochphase charakteristisch durch die Finanz- und Wirtschaftskrise gekennzeichnet, von der auch die deutsche Automobilindustrie betroffen ist. Darüber hinaus war das Problem des Klimawandels, wie auch in früheren Phasen, präsent und der Ölpreis erreichte Höchstwerte (Ahrend 2011). Das traditionelle Verkehrssystem war dementsprechend durch krisenhafte Erscheinungen betroffen, welchem durch das Elektroauto als Teil eines postfossilen Energiekonzepts eine Alternative dargeboten wurde.

Als relevante soziale Gruppen, welche die Entwicklung des Elektroautos prägen, sind vor allem Politik, Energiewirtschaft und die Automobilindustrie präsent. Doch auch kleinere Stakeholder, wie die automobilnahe Zulieferindustrie sowie Batterieherstellern als neuer Bestandteil der Zulieferindustrie prägen den Diskurs. Auch die Nutzer des Elektroautos selbst sind Teil des Diskurses, verfügen aber noch über eine geringe Gestaltungsmacht (Ahrend 2011).

Die relevante soziale Gruppe der Politik prägt die Technikentwicklung durch vielfältige Fördermaßnahmen: neben dem bereits erwähnten „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ in Deutschland wurde von der Europäischen Union eine Co2-Emissionsnorm für Neuwagenflotten bei Personenkraftwagen festgelegt. Darüber hinaus wurden Finanzmittel zur Forschungsförderung festgesetzt und eine Forschungs- und Entwicklungsstrategie ausgearbeitet, um die Markteinführung von Elektrofahrzeugen in Deutschland zu fördern (Ahrend 2011).

Die finanzielle Unterstützung der Entwicklungsabteilungen in der Automobilindustrie ist neben dem „grünen“ Image im Umweltdiskurs einer der Gründe, warum nun auch namenhafte Hersteller Elektroautos anbieten (Ahrend 2011).

Doch betrachtet man die Forschungsentwicklung wird deutlich, dass weiterhin nach einem Äquivalent zum Benzinauto gesucht wird – nicht nach einer eigenständigen neu gedachten Technologie mit einem veränderten Nutzungskonzept. Somit wird vor allem aufgrund der bestehenden Reichweitenangst an effizienteren Batterien geforscht und das Elektroauto als Ergänzung zum Benziner beworben. An dieser Stelle fehlt die Einbettung in inter- und multimodale Mobilitätskonzepte, um das Elektroauto als eigenständige Technologie konkurrenzfähig zu machen (Rammler, Zimmer 2011). Doch die intensive Forschung an Lithium-Ionen-Akkus lassen auch Elektroautos mit immer höherer Reichweite in greifbare Nähe rücken. Die Computer- und Kommunikationstechnik, die effiziente Akkus im Handy- und Laptop-Bereich erforscht, ist dabei ein wesentlicher Treiber mit positiven Auswirkungen im elektrischen Verkehrsbereich (Rammler, Zimmer 2011). Bisher ist die Batterie ein sogenanntes „hinterherhinkendes Element“, welches neben der aktuell unausgereiften Ladeinfrastruktur die flächendeckende Einführung des Elektroautos maßgeblich verzögert.

Ein weiterer relevanter sozialer Akteur sind die Energiekonzerne, welche in der elektrischen Fahrzeugtechnik einen neuen Absatzmarkt erkennen. Der mittlerweile zu immer größeren Anteilen wachsende nachhaltige Strommix bietet ökologische Vorteile gegenüber dem Benziner und kann somit ein Argument für die neue Antriebstechnologie werden (Ahrend 2011).

Betrachtet man jedoch die aktuellen Absatzzahlen wird deutlich, dass im Vergleich zum Hybridauto (33.630 Neuzulassen in 2015) wenig reine Elektrofahrzeuge (lediglich 12.363 Neuzulassungen 2015) gekauft werden (Statista 2016).

Dabei kann jedoch dem Hybridauto die Rolle einer Brückentechnologie zufallen, welche der Umgewöhnung vom Benziner zum Elektroauto den Weg ebnet. Der Hybridautofahrer muss sein Mobilitätsverhalten nicht vollkommen neu ausrichten, sondern kann an bestehenden Nutzungspraktiken festhalten (Rammler, Zimmer 2011).

Die relevante soziale Gruppe der Elektroautofahrer tritt in der aktuellen Phase vor allem als rege beforschte Gruppe in Erscheinung, die dadurch gegebenenfalls in Zukunft mehr Definitions- und Gestaltungsmacht erlangen könnte. Noch befindet sich das Elektroauto jedoch weiterhin in einem Nischenmarkt, da Reichweite in Kombination mit Geschwindigkeit das vorherrschende Maß ist.

6.1.8.6 Fazit

Im Fazit werden jeweils die Bewertung kommunaler Anreize sowie die Faktoren des Scheiterns privater Elektromobilität in Kürze zusammengefasst.

6.1.8.7 Bewertung kommunaler Anreize durch Interviews

Das Gesetz verlangt Nachbesserungen und sollte die ganze Nachhaltigkeitsthematik im Blick haben. Die beschriebenen Kritikpunkte im Gesetz müssten überarbeitet werden, um dem Nutzer sinnvolle und nachhaltig schlüssige Rahmenbedingungen zu bieten.

6.1.8.8 Faktoren des Scheiterns und der Durchsetzung privater Elektromobilität

Das Anliegen der Untersuchung war es, die Technikgenese des Elektroautos nachzuzeichnen um Antworten auf die Frage zu finden, wieso sich das Elektroauto bis heute in der Breite nicht durchsetzen konnte. Der Aufsatz wurde beim Transportation Research Board eingereicht und als Präsentation akzeptiert (Wagner/Bogenberger 2016). Der Aufsatz wurde von Katrin Wagner am 11. Januar 2016 in Washington D.C. präsentiert.

Es konnte gezeigt werden, dass ein Rückgriff nur auf technische Erklärungen oder die Alltagsuntauglichkeit nicht ausreichend sind, um das bisherige Scheitern zu erklären. Der Beitrag schärft das Bewusstsein dafür, dass sich die Durchsetzung einer Technologie nicht nur durch die Technik selbst, sondern wegweisend durch die Interaktion, Definitionsmacht und Gestaltungsmacht von sozialen Akteuren heraus erklären lässt. Innovation und Technik sind soziale Prozesse, die von verschiedenen Akteuren und Akteursgruppen getragen werden. Mittels eines Ansatzes aus der sozialkonstruktivistischen Technikforschung (Social

Construction of Technology) konnten daher wirtschaftliche, politische und wissenschaftlich-technische Akteure berücksichtigt werden, um Gründe für das bisherige Scheitern der Elektromobilität herausarbeiten. Als Konsequenz aus der Erkenntnis, dass soziale Akteure, wie beispielsweise die Politik, eine entscheidende Gestaltungsmacht- und Definitionsmacht besitzen, wurde in AP der Fokus auf politische Maßnahmen zur Durchsetzung nachhaltiger Mobilität, insbesondere Elektromobilität, gelegt.

6.1.9 AP 6200: Staatliche Anreize

Das Arbeitspaket verfolgte im Wesentlichen zwei Ziele: Die Abschätzung der Umsetzung von Maßnahmen auf der Bundesebene sowie die Identifikation nationaler Trends bezüglich Elektromobilität und mögliche politische Maßnahmen zur Einflussnahme.

6.1.10 Umsetzung auf Bundesebene

Die Trennung staatlicher (AP 6200) und kommunaler (siehe AP 6100) Anreizsysteme ist eine rein formale, die Übergänge zwischen den politisch ausführenden Ebenen sind fließend. So wirken sich staatliche Vorgaben entsprechend des kommunalen Willens unterschiedlich stark auch auf dieser Ebene aus. Für die Durchsetzung von Elektromobilität sind jedoch auf allen Ebenen die entsprechenden Rahmenbedingungen notwendig, um die Kauf- und Nutzerbereitschaft von Elektromobilität positiv zu beeinflussen. Die Politik dabei ein relevanter Akteur, welcher durch angemessene Maßnahmen Einfluss nehmen kann.

6.1.11 Nationale Trends und politische Maßnahmen

Ausgehend von den Erkenntnissen aus AP 6100 zum bisherigen Scheitern von Elektromobilität wird von der Annahme ausgegangen, dass die Durchsetzung von alternativen Mobilitätskonzepten und Antrieben nicht nur von technischen Faktoren abhängig ist. Vielmehr sind es auch gesellschaftliche Einflüsse, welche diese Entwicklung beeinflussen können. Daher werden von Experten identifizierte gesellschaftliche Entwicklungstrends untersucht und herausgearbeitet, welchen Einfluss sie auf eine nachhaltige Mobilität haben. Darüber hinaus soll geprüft werden, wie diese durch politische Maßnahmen unterstützt werden können. Diese Maßnahmen von staatlicher Seite könnten Teil eines allgemeinen Anreizsystems zur Elektromobilität sein.

6.1.12 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse ausführlicher beschrieben.

6.1.13 Umsetzung auf Bundesebene

In mehreren Nutzer- und Experteninterviews wurden diese nach ihrer Wahrnehmung und Bewertung aktueller und potenzieller staatlicher Anreize und deren Umsetzung befragt. Kritisch und als verbesserungswürdig wurde dabei mehrfach hervorgehoben, dass das Elektromobilitätsgesetz bindender Ausführungsrichtlinien auf kommunaler Ebene bedarf. So sollte eine deutschlandweite Harmonisierung beispielsweise hinsichtlich einer einheitlichen Beschilderung stattfinden. Die Interviewten vertraten mehrheitlich die Überzeugung, dass Maßnahmen nur Top-Down angeschoben werden können, weswegen ein großes Engagement seitens der deutschen Regierung notwendig ist. Bisher erwies es sich auf kommunaler Ebene als Problem, dass diese keine Ausführungsrichtlinien erhalten und daher krampfhaft und mit unterschiedlich ausgeprägter Motivation versuchen, eigene Erfahrungen zu sammeln und Ideallösungen für mögliche Maßnahmen zu finden. Daher wurde die Notwendigkeit von „Elektromobilitätsberatern“ herausgestellt, welche in die Kommunen ausgesandt werden und diese bei der Umsetzung von Maßnahmen beraten. Eine Möglichkeit wäre, seitens der Regierung einen 80%-igen Umsetzungsstandard für alle Kommunen vorzuschreiben, welcher sich auf der Ebene der Ladesäulen, dem Zugangssystem, Anschlüssen und der (Parkplatz-)Beschilderung niederschlägt. Darüber hinaus sollten individuell die Besonderheiten der jeweiligen Gemeinde berücksichtigt werden (Lage, Pendeln zu großen Arbeitgebern in der Gemeinde etc.), weswegen 20% der Maßnahmen individuell an die Kommune angepasst werden sollten. So gibt es bisher beispielsweise unterschiedliche Zugangssysteme zu Ladesäulen zwischen benachbarten Gemeinden, was Elektroautofahrer vor organisatorische Herausforderungen stellt. Weiterhin wurde von den Interviewten angeregt, steuerliche Erleichterungen für Unternehmen bei der Anschaffung von E-Fahrzeugflotten zu etablieren. Ein reiner Zuschuss für private Elektroautokäufer, wie bei einer Abwrackprämie, sei dahingehen wenig sinnvoll – der Privatanutzer sollte vom Produkt selbst überzeugt sein.

6.1.14 Nationale Trends und politische Maßnahmen

Unter Trends werden in diesem Fall gesellschaftlich messbare Veränderungsbewegungen verstanden. Diese lassen sich mit politischen Maßnahmen beeinflussen, um Mobilität nachhaltiger zu gestalten. Unter einer nachhaltigen Mobilität wird umfassend nicht nur Elektromobilität, sondern weiterhin Folgendes verstanden: die Abkehr vom Benzinantrieb hin zu alternativen Antrieben und Kraftstoffen; die Abkehr zum Eigentum und die Zuwendung zum Sharing oder Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel; die Abkehr von Schnelligkeit und die Hinwendung allgemein zu entschleunigten nachhaltigen Mobilitätsformen.

Im Rahmen eines Trendworkshops des Umweltbundesamtes (Langsdorf/Hirschnitz-Garbers 2014) wurden gegenwärtige gesellschaftliche Trends identifiziert, die auf Deutschland, aber auch allgemein für die westliche Welt, zutreffen. Die Trends werden die Art, des Lebens und Arbeitens in der Zukunft bestimmen und haben zudem großen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch. Welche Entwicklung sich letztlich durchsetzt, hängt von einer Vielzahl gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Faktoren und Entscheidungen ab. Für das Arbeitspaket wurden diejenigen Trends herausgesucht, welche einen Einfluss auch nachhaltige Mobilität haben können: Urbanisierung, Neue Weltbilder und Denkweisen, Neue Geschäftsmodelle, Digitalisierung und Vernetzung. Diese hängen, bezieht man sie auf Mobilität, miteinander zusammen.

Ein erster Trend ist die Urbanisierung. Dieser Trend gilt vornehmlich für westliche Länder, nicht für Entwicklungs- und Schwellenländer. Urbanisierung wird definiert als ein steigender Bevölkerungsanteil, der in städtischen Gebieten lebt und zumeist das Resultat der Migration von Landbewohnern in die Stadt darstellt. Über die Hälfte der Menschheit lebt in Städten. Allein in Deutschland leben 77% aller Menschen in Städten oder halbstädtischen Gebieten. Durch die Dichte an Menschen und Infrastrukturen ergibt sich ein hoher Ressourcenverbrauch, verknüpft mit einem großen Energieeffizienzpotential (Langsdorf/Hirschnitz-Garbers 2014). Durch die Dichte, Kompaktheit und Innovationskraft ergeben sich Effizienzpotenziale, die Städte nutzen können. Die diversifizierte Nutzung der Räume reduziert den Transport und Energiebedarf, nachhaltige Verkehrsmodelle sind möglich und der Wandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft reduziert Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen zusätzlich. Neben staatlichen Umgestaltungen gibt es auch mehr und mehr Bürgerinitiativen, die Nachhaltigkeit fordern und umsetzen. Städte können dementsprechend als Labore für neue Lebensmodelle betrachtet werden (Langsdorf/Hirschnitz-Garbers 2014). Andererseits nimmt durch die Megacities auch die Naturentfremdung zu. Dies kann sich negativ auf die Akzeptanz umweltpolitischer Maßnahmen auswirken sowie auf Maßnahmen, die Partizipation erfordern (Langsdorf/Hirschnitz-Garbers 2014).

Hinsichtlich nachhaltiger Mobilität lässt sich an dieser Stelle eine erste Quintessenz erkennen: Urbanisierung heißt auch, dass eher kurze Wegstrecken innerhalb der Stadt zurückgelegt werden. Die zurückgelegte Durchschnittsdistanz mit dem Auto beträgt 14,7 km (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club 2010). Diese kurzen Wege eröffnen ein großes Potential für Elektromobilität. Aufgrund der weiterhin bestehenden Reichweitenangst und dem daraus folgenden Bewusstsein, dass Elektroautos eher für kürzere Strecken mit entsprechenden Ladestopps geeignet sind, könnte sich dieses im urbanen Raum besser durchsetzen gegenüber

dem Benzinauto. Ein weiterer Trend ist eng mit dem Trend der Urbanisierung verknüpft: die zunehmende Digitalisierung. Diese ermöglicht vernetztes Fahren, welches gerade im dichten Stadtverkehr einen positiven Einfluss auf das Fahren und das Fahrerlebnis hat.

Digitalisierung durchdringt zunehmend alle Lebens- und Arbeitsbereiche. Die Vernetzung des Individuums steigt – genauso wie die Partizipationsmöglichkeiten des Einzelnen an verschiedenen Prozessen. Digitalisierung, beschleunigt durch das Internet, hat bereits weite Teile der Gesellschaft, Arbeit, Wirtschaft und Politik verändert. So gab es aus der zeitlich Perspektive wohl rund um das Jahr 2008 erstmals mehr Geräte, die über das Internet digital miteinander kommunizieren als Menschen auf der Erde leben. Diese hohe Anzahl der verbundenen Geräte hat dazu geführt, vom „Internet der Dinge“ zu sprechen. Dabei sind nicht nur PCs oder Smartphones gemeint sondern auch Sensoren, eine Alarmanlage, Videokameras oder Produktionsanlagen (Zukunftsstark 2016). Das Internet der Dinge gibt die Möglichkeit frei, internetfähige Autos zukünftig Gewohnheiten und Vorlieben der Nutzer speichern zu lassen, ortspezifische Radiowerbung und an Vorlieben angepasste Werbungen könnten darüber hinaus geschaltet werden. Auch Informationen wie Fahrdauer, Haltestopps, Musikpräferenzen und Strecken können gespeichert und ausgewertet werden (Mashable 2014).

"Das Auto der Zukunft fährt automatisiert, vernetzt und elektrisch", sagt Matthias Wissmann, der Präsident des Verbandes der Automobilindustrie (Verband der Automobilindustrie 2016). An dieser Stelle wird eine Verknüpfung der Trends deutlich: Durch die zunehmende Urbanisierung werden die durchschnittlichen Wege für immer mehr Menschen eher kürzer. Dies ermöglicht zunehmend Elektromobilität, welche für kurze Reichweiten gut geeignet ist. Durch den Trend der Digitalisierung und Vernetzung lässt sich der Verkehrsfluss der individuellen Mobilität in den Ballungszentren verbessern. Durch die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Ampeln kann den Verkehrsfluss erleichtert werden.

Auch das (E)-Carsharing wird erst möglich durch Apps und GPS. Neu ist der Trend des Teilens nicht, denn an das Teilen sind Menschen schon seit Anbeginn der Zivilisation gewöhnt. Doch der Siegeszug des mobilen Internets hat neue Möglichkeiten geschaffen, welche die ökonomische wie soziale Landschaft grundlegend verändern.

Global steigender Mobilitäts-Bedarf und rückläufige Absatzzahlen in der Automobilindustrie zeigen, dass es einen signifikanten Bedarf an Individualmobilität gibt, der derzeit nicht oder mit unzureichenden Konzepten bedient wird – es braucht daher einen Markt für neue Geschäftsmodelle. Neue Geschäftsmodelle können einen großen Einfluss auf nachhaltige Mobilität ausüben. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn diese Geschäftsmodelle die Ökonomie

des Teilens und der Kooperation unterstützen. So ist beispielsweise Carsharing eine Alternative zum Statussymbol Auto. Der Wunsch kostengünstig individuell mobil zu sein ist der wesentliche Treiber für die außerordentlichen Wachstumsraten, die Car-Sharing-Angebote derzeit erfahren.

Der Anteil Autobesitzer in der Altersgruppe 18–24 nahm von 2000 bis 2010 um 44% ab. In der Altersgruppe von 18–39 sind bis 2020 36% mehr Carsharing Nutzer denkbar. Carsharing hat sich bereits in vielen Städten etabliert. In Deutschland sind vor allem die Anbieter Car2go von Daimler sowie DriveNow von BMW und Sixt etabliert. Carsharing wird von 2,5% der städtischen Bevölkerung genutzt (McKinsey & Company 2012). Während die Carsharing-Anbieter deutschlandweit in 1997 knapp 50.000 fahrberechtigte Kunden verzeichneten, waren es in 2013 etwa 500.000; die Carsharing Fahrzeug-Flotte wuchs im gleichen Zeitraum von ca. 500 auf knapp 11.000 Fahrzeuge (Bundesverband Carsharing 2013). Carsharing ermöglicht Umweltentlastungen durch die intensivere Nutzung der Autos und die pro Person reduzierte km-Leistung durch weniger Fahrten im Vergleich zu Autobesitz (Leismann et al. 2012). Wenn zunehmend mehr Carsharing-Kunden ihre Autos verkaufen würden, werden nicht nur weniger Kilometer pro Person gefahren. Zudem wird Straßenrand von parkenden Autos befreit und damit für städteplanerische Aktivitäten frei (Bundesverband Carsharing 2013).

Die sozio-ökonomische Beschleunigung setzt sich auch in der Gegenwart teils ungebremst fort. Diese umfasst Bereiche wie die Wirtschaft und Gesellschaft, welche sich immer schneller am Wachstum orientiert entfalten. Auch die Arbeitswelt verändert sich dadurch: Arbeitsprozesse werden immer dichter und werden zunehmend digitalisiert (12). Immer schneller, höher und weiter: diese Maßstäbe legen Menschen nicht nur an sich selbst und ihre Leistungsfähigkeit, sondern auch an ihre Mobilität. Der Wachstumstrend wird auch in verschiedenen Verkehrsmitteln deutlich: großes Autos sind sehr gefragt, selbst im urbanen Raum. Billigflieger boomen wie eh und je und Ziel ist es, möglichst schnell von A nach B zu kommen und wenig Zeit auf dem Weg zu verlieren. Doch dem entgegenstehen zunehmend gegenläufige Entwicklungen: das Aufkommen entschleunigter, nachhaltiger Denkweisen und Weltbilder. Gemein ist diesen Denkweisen und Weltbildern die Kritik am westlichen Wirtschaftsmodell, mit seinen Beschleunigungstendenzen und Produktions- und Konsumweisen, die zu einer nachhaltigen Schädigung der Umwelt führen. Der Widerstand gegen sozial und ökologisch belastende Wirtschaftsweisen wächst, das Gegenmodell ist die Postwachstumsökonomie, wie sie beispielsweise von Nico Paech beschrieben wird (Paech 2014). Bisher sind alternative und nachhaltige Lebensstile noch ein Nischenphänomen, welche in kleinen, konsumkritischen Gruppen praktiziert werden (Rosa et al. 2014). Daher haben sie gegenwärtig noch wenig

Umweltrelevanz, denn zu den „Veränderungsbereiten“ werden derzeit bisher nur ca. 5–10% der Gesellschaft gezählt (Linz 2013). Im Hinblick auf die positiven Umweltwirkungen durch eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs haben jedoch weniger materialistischen Lebensweisen ein großes Potential. Jährlich werden in Deutschland Milieus untersucht. Diese liefern ein wirklichkeitsgetreues Bild der real existierenden Vielfalt in der Gesellschaft, indem sie die Befindlichkeiten und Orientierungen der Menschen, ihre Werte, Lebensziele, Lebensstile und Einstellungen sowie ihre soziale Lage vor dem Hintergrund des soziokulturellen Wandels genau beschreiben. Mit den Sinus-Milieus versteht man, was die Menschen bewegt und wie sie bewegt werden können. Und es wird deutlich, welche Zielgruppen die Zukunft bestimmen. Insgesamt gibt es derzeit zehn Milieus.

Milieus, die eher traditionellen, konservativen oder bürgerlichen Weltbildern zugeordnet werden, überwiegen leicht gegenüber adaptiven, liberalintellektuellen und sozialökologischen Milieus. In Nischen der letztgenannten Milieus haben sich in den letzten Jahren Initiativen gebildet, die als Reaktion auf Beschleunigungstendenzen einerseits und ökologische Herausforderungen andererseits, den Wandel hin zu mehr Nachhaltigkeit fordern (Müller 2012). Der nötige Kulturwandel hat bereits begonnen. In der Gesellschaft verändert sich das Verständnis und Verhalten gegenüber der Mobilität. Sie wird vermehrt als Service verstanden, sodass der Zugang zu einem Auto wichtig wird, nicht mehr dessen Besitz. Fahrzeuge werden geteilt oder gemietet (Winterhoff et al. 2009). Einem Trend, der gleich beschrieben werden soll, wird hier schon vorgegriffen: der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Diese unterstützen die „Shareconomy“ und befeuern ein „Teilen statt Besitzen“, welches zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Aus den vorgestellten Trends ergeben sich vielerlei Ansätze für politische Einflussnahme.

Die zunehmende Urbanisierung weist erhebliches Potenzial für politische Intervention auf. Im Sinne eines Malus-Systems wäre die Einrichtung von Zugangsbeschränkungen für Autos mit Verbrennungsmotoren in Großstädten über die Umweltzonen und verbesserte Kontrolle und Sanktionierung denkbar. Bisher gibt es heute schon die Möglichkeit der Einrichtung prioritärer Parkplätze und Fahrstreifen für Elektro- und Carsharing-Autos in Innenstädten, welche von den Kommunen jedoch noch umgesetzt werden muss. Dies wird durch das „Gesetz zur Bevorrechtigung elektrisch betriebener Fahrzeuge“ aus dem Jahr 2015 möglich.

Politische Einflussnahme im Zuge zunehmender Urbanisierung ist möglich in Hinblick auf zukünftige städtebauliche Maßnahmen, die Mischgebiete aus Wohnen und Arbeiten berücksichtigen.

Auch neue Denkweisen und Weltbilder können politisch beeinflusst werden.

Es wäre eine Fokusverlagerung politischer Zielsetzung von Wirtschaftswachstum hin zu Steigerung von Wohlbefinden möglich. Politische Einflussnahme ist durch die Förderung nachhaltigerer Produktions- und Konsumweisen möglich. Ein weiterer Anreiz könnten beispielsweise reduzierte Mehrwertsteuersätze für nachhaltige Produkte und Dienstleistungen sein. Auch die Beschaffung in öffentlichen Dienst könnte Nachhaltigkeitskriterien etablieren, die berücksichtigt werden müssen. Der Einfluss auf die Bildung durch Lehrpläne sowie Informationskampagnen über Konsummuster ist ein Element, um direkt am einzelnen Menschen anzusetzen (Langsdorf/Hirschnitz-Garbers 2014).

Auch Sprache kann politisch Einfluss nehmen. Mit Sprache lässt sich Deutungshoheit über Sachverhalte gewinnen, um die öffentliche Meinung zu beeinflussen.

Werte und deren Deutungen unterliegen dem geschichtlichen Wandel und hängen von Kulturräumen ab. So hat jede Zeit und jeder Kulturraum einen eigenen "Zeitgeist". Er bestimmt, was in einer bestimmten Epoche und in einem bestimmten Land gültig, ungültig, richtig und falsch ist. Wer in der Öffentlichkeit erfolgreich handeln will, muss diesen Zeitgeist anerkennen. Daher kann Politik ihm nicht widersprechen, wenn sie erfolgreich sein will, aber sie muss ihn auch ändern, wenn sie führen soll. Eine Änderung des Mobilitätsverhaltens kann auch politisch induziert werden. Der Sprachgebrauch verändert die Mentalität der Bürger. „Ich fahre Auto“ ist zu verengt, dementsprechend schließt „ich nutze Mobilität“ ein eine größere Bandbreite von Verkehrsmitteln ein, um an ein Ziel zu gelangen. Die politische Ansprache der Bürger könnte diese dazu zu bewegen, sich auf andere Menschen zu verlassen und das eigene Autoreich zu verlassen. Der westliche Zeitgeist ist jedoch mit einem „schneller, höher, weiter“, kurz: Wachstum, eng verbunden. Gerade in Bezug auf Elektromobilität ist – solange keine für jeden erschwingliche Wunderbatterie mit erheblicher Reichweite existiert – jedoch Entschleunigung das Stichwort.

Politische Maßnahmen können sich auch auf die Förderung unterstützender Rahmenbedingungen für alternative Geschäftsmodelle, wie beispielsweise E-Carsharing, ausweiten. Hier muss ein Fokuswechsel, weg von der Konzentration auf das Auto, hin zur Integration des (E-)Autos, stattfinden. Das Teilen von Fahrzeugen ist ein wichtiger Baustein für eine nachhaltige und Ressourcen schonende Mobilität in den Kommunen. Das entlastet die Straßen und gibt den städtischen Lebensräumen eine neue Qualität. Die Entwicklung des stationsbasierten CarSharing könnte noch dynamischer sein, wenn es gelänge, flächendeckend CarSharing-Stationen im öffentlichen Raum einzurichten. Hier könnte die Bundesregierung

eine rechtssichere Regelung verabschieden. Die verbesserte Sichtbarkeit und die noch größere Nähe zu den Wohnorten der Kunden würden die Attraktivität von E-Car-Sharing-Angeboten weiter erhöhen. Im Bereich des Free-floating Carsharing könnten politisch gewollt weiterhin mehr Parkplätze im urbanen Raum von Parkgebühren befreit werden. Die Stadt könnte zudem vermehrt auf diese Mobilitätsangebote hinweisen, sollte jedoch im Sinne von Nachhaltigkeit diese nicht vor den ÖPNV stellen.

Im Bereich der Digitalisierung und Vernetzung wäre eine Forschungsförderung zum autonomen bzw. vernetzten Fahren denkbar, die an Universitäten und die Industrie geht. Weiterhin könnten rechtliche Rahmenbedingungen zum privaten Ladestation-Sharing geschaffen werden, welches per App realisiert werden kann. So könnte im Sinne einer größeren Nachhaltigkeit nicht nur das Auto, sondern auch der Ladepunkt in der heimischen Garage geteilt werden, wenn dies gerade nicht vom privaten Fahrzeug genutzt wird. Hier gibt es jedoch noch rechtliche Probleme, weil die Überlassung von Strom an Dritte ein Stromverkauf darstellen würde, der nur eingetragenen Energieversorgern erlaubt ist. An dieser Stelle muss nachgebessert werden, um Platz und Ressourcen sinnvoll zu nutzen.

6.1.8.9 Fazit

Im Fazit werden kurze Erkenntnisse zu Umsetzung auf Bundesebene und den nationalen Trends und sich daraus ergebenden politischen Maßnahmen zusammengefasst.

6.1.8.10 *Umsetzung auf Bundesebene*

Bei der weiteren Umsetzung auf Bundesebene bedarf es vorrangig eines nachvollziehbaren Harmonisierungskonzeptes, welche die Regelungen in Kommunen miteinander in Einklang bringt, um Hemmnisse für private Elektroautofahrer abzubauen. Regionale Besonderheiten sollten jedoch zusätzlich bei der Umsetzung von Maßnahmen und Dienstleistungsangeboten Beachtung finden.

6.1.8.11 *Nationale Trends und politische Maßnahmen*

Die vier vorgestellten Trends haben alle Auswirkungen untereinander, aber auch auf verschiedene Bereiche nachhaltiger Mobilität. Unabhängig von diesen Trends kann Politik einige Dinge beachten. So wäre beispielsweise der Vorbildcharakter der Politik und politischer Institutionen nicht zu vernachlässigen, der auch auf die Bevölkerung wirken kann. So können elektrische Fahrzeuge in den Flotten der Behörden und Ministerien diesen Vorbildcharakter unterstützen. Weiterhin muss Politik berücksichtigen, dass bei der Umsetzung von Maßnahmen regionale Besonderheiten berücksichtigt werden. Maßnahmen in allen Kommunen

gleich umzusetzen würde bedeuten, der kulturellen, gesellschaftlichen und infrastrukturellen Vielfalt nicht korrekt zu begegnen. Bei Maßnahmen die ergriffen werden könnte weiterhin darauf geachtet werden, dass Anreize gesetzt werden, die vom nachhaltigen Mobilisten jeden Tag positiv erlebt werden. Hier stellt sich die Frage, ob dies eher auf monetäre oder nicht-monetäre Maßnahmen zutrifft. Studien zum Einkommen haben ergeben, dass ab einem bestimmten Jahreseinkommen das Glücksempfinden nicht mehr signifikant ansteigt (Grimm 2006). Auch über eine Gehaltserhöhung freut man sich ab einem gewissen Grad nur relativ kurz. Dies spricht für den Fokus auf nicht-monetäre Maßnahmen, wie beispielsweise kostenfreie E-Parkplätze, die einem das Parken nah zum Dienstort ermöglichen. Letztendlich wäre Politik erfolgreich, wenn auf Push'n'Pull-Maßnahmen gesetzt wird. Diese beinhalten eine Incentivierung nachhaltiger Mobilität und einen Malus für schadstoffhohe Emissionen. Auch hinsichtlich alternativer Antriebe muss neu gedacht werden. Solange das Elektroauto den Verbrenner nur substituieren soll, wird dieses es schwer haben, solange es im Anschaffungspreis teurer ist und die Batteriereichweite sich nicht signifikant verbessert. Hier ist eine Einbindung in inter- und multimodale Verkehrskonzepte, wie sie politisch gestaltet werden können, unabdingbar.

6.2 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der zahlenmäßige Nachweis wird von der Verwaltung der Universität der Bundeswehr München gesondert erstellt und fristgerecht eingesandt.

6.3 Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der im Projektantrag detailliert dargelegten Planung entsprachen und alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden.

6.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Aus dem ersten Projektteil liegen bereits Teilergebnisse (siehe 6.1) vor. Eine abschließende Darstellung der Verwertung erfolgt jedoch erst nach Ende des zweiten Projektteils.

6.5 Fortschritte bei anderen Stellen

Es liegen dem Projektteam keine Erkenntnisse über Fortschritte bei anderen Stellen vor, die sich unmittelbar auf die im Projekt BeEmobil erforschten Sachverhalte beziehen.

6.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

Wagner, K./ Bogenberger, K. (2017): The role of social actors for the implementation of electric mobility. In: Transportation Research Part F: Psychology & Behaviour

Hardt, C. & Bogenberger, K. (2017): *Usability of eScooters in Urban Traffic Environments A Field Test*

Hardt, C. & Bogenberger, K. (2017): *On How to Resolve Inhibitions in eScooter Usage*

6.7 Bisher unveröffentlichte Beiträge

Wagner, K./ Bogenberger, K. (2016): *Social Transformation and the Effects on Sustainable Mobility*

6.8 Konferenzbeiträge

Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C. (2016): Wagner, K., Bogenberger, K.: *History of the Role of Social Actors for the Implementation of Electric Mobility.*

Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C. (2016): Hardt, C., Bogenberger, K.: *The Price of Shared Vehicles: On Current and Future Pricing Strategies in Mobility-Sharing Systems*

6.9 Lehrveranstaltungen mit Projektbezug

- Entscheidungs- und Optimierungsmethoden, 2016-2017
- Intelligente Fahrzeuge SS 2016

7. Literatur

Literatur zu AP 2100

- ACEA - Association des Constructeurs Européens d'Automobiles, 2016. ACEA Key Figures. Key Figures, p.1. Available at: <http://www.acea.be/statistics/article/key-figures> [Accessed November 18, 2016].
- ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles, 2015a. ACEM - Market Data. online. Available at: <http://www.acem.eu/market-data> [Accessed November 18, 2016].
- ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles, 2015b. Industry report, Brussels. Available at: <http://www.acem.eu/images/publiq/2015/2015-report.pdf>.
- ACEM & ACEM - Association des Constructeurs Européens de Motocycles, 2013. The Motorcycle Industry in Europe Statistical overview Registrations and deliveries Circulating park Production Top 10 models, Available at: http://www.svmc.se/smc_filer/SMC_central/Statistik_2013/MC_och_mopedstatistik_EU.pdf.
- Blumenberg, E., 2014. The Car-Dependent Society: A European Perspective, by Hans Jeekel. 2013. Series: Transport and Society. Farnham, U.K. and Burlington, Vermont: Ashgate. 281 + x. ISBN 978-1-4094-3827-4, cloth, \$103.45; ISBN 978-1-4094-8478-3, ebook, \$114.95. Journal of Regional Science, 54(3), pp.535–536. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/jors.12132>.
- Cherry, C.R., 2007. Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cherry, C.R., 2010. Electric Two-Wheelers in China: Promise Progress and Potential. ACCESS Magazine, 37(1), pp.17–24.
- Cherry, C.R. & Cervero, R., 2007. Use characteristics and mode choice behavior of electric bike users in China. Transport Policy, 14(3), pp.247–257. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X07000169>.
- Cherry, C.R., Weinert, J.X. & Xinmiao, Y., 2009. Comparative environmental impacts of electric bikes in China. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14(5), pp.281–290. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2008.11.003>.
- Fu, A., 2013. The Role of Electric Two-Wheelers in Sustainable Urban Transport in China: Market analysis, trends, issues, policy options, Beijing, China.
- Gibson, G., Hill, N. & Dun, C., 2013. Two- and three-wheeled vehicles and quadricycles, Available at: http://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/T19_2-3W_GG_Jan2013_final_GSOK.pdf.
- Hurst, D. & Gartner, J., 2014. Executive Summary: Electric Motorcycles and Scooters Electric Power Two-Wheelers: Market Drivers and Barriers, Technology Issues, Key Industry Players, and Global Demand Forecasts,

- Kopp, P., 2011. The unpredicted rise of motorcycles: A cost benefit analysis. *Transport Policy*, 18(4), pp.613–622. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X11000436>.
- National Bureau of Statistics China, 2014. Possession of Private Vehicles. *China Statistical Yearbook* 2014, pp.18–26. Available at: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2014/indexeh.htm> [Accessed November 18, 2016].
- Pitterle, S., Krietemeyer, H. & Fink, B., 2010. Mobilität in Deutschland (MiD): Alltagsverkehr in München, im Münchner Umland und im MVV-Verbundraum, München.
- Platt, S.M. et al., 2014. Two-stroke scooters are a dominant source of air pollution in many cities. *Nature Communications*, 5(May), p.3749. Available at: <http://www.nature.com/ncomms/2014/140513/ncomms4749/full/ncomms4749.html>.
- Weikl, S. & Bogenberger, K., 2013. Relocation Strategies and Algorithms for Free-Floating Car Sharing Systems. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 5(4), pp.100–111. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6338869>.
- Weinert, J.X., Ma, C., Yang, X., et al., 2007. Electric Two-Wheelers in China: Effect on Travel Behavior, Mode Shift, and User Safety Perceptions in a Medium-Sized City. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2038(1), pp.62–68. Available at: <http://trrjournalonline.trb.org/doi/10.3141/2038-08>.
- Weinert, J.X. et al., 2008. The future of electric two-wheelers and electric vehicles in China. *Energy Policy*, 36(7), pp.2544–2555.
- Weinert, J.X., Ma, C., Cherry, C.R., et al., 2007. The transition to electric bikes in China: History and key reasons for rapid growth. *Transportation*, 34(3), pp.301–318. Available at: <http://escholarship.org/uc/item/00m5410t> [Accessed December 13, 2016].
- Weiss, M. et al., 2015. On the electrification of road transportation - A review of the environmental, economic, and social performance of electric two-wheelers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41(February 2016), pp.348–366. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.007>.
- Yang, C.J., 2010. Launching strategy for electric vehicles: Lessons from China and Taiwan. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(5), pp.831–834. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2010.01.010>.

Literatur zu AP 6100 und 6200

- Abt, D. Die Erklärung der Technikgenese des Elektroautomobils. Lang Verlag, Frankfurt am Main, 1998.
- Ahrend, C. Elektromobilität - Hoffnungsträger oder Luftschloss. Eine akteurszentrierte Diskursanalyse über die Elektromobilität 1990 bis 2010. Technical University Berlin, Berlin. 2011. www.verkehrsplanung.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Forschung/Projekte/e-

mobility/ELEKTROMOBILITAET_HOFFNUNGSTRAEGER_ODER_LUFTSCHLOSS.pdf Accessed July 27 2015.

- Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V., Ressort Verkehr. 2010. Mobilität in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse.
https://www.adac.de/_mmm/pdf/statistik_mobilitaet_in_deutschland_0111_46603.pdf
Accessed October 19 2015
- Bundesverband Carsharing e.V., 2013. Jahresbericht 2012/2013. Berlin, Mai 2013.
- Canzler, W. Der Erfolg des Automobils und das Zauberlehrlings-Syndrom. In: Dierkes, M. Technikgenese. Befunde aus einem Forschungsprogramm. Ed. Sigma, Berlin, 1997, pp. 99–129
- Grimm, Jordis (2006): Ergebnisse der Glücksforschung als Leitfaden für politisches Handeln? Discussion Paper Nr. 14, ISSN 1618-0798. Online: <https://www.uni-flensburg.de/fileadmin/content/institute/iim/dokumente/forschung/discussion-papers/14-grimm-gluecksforschung-gesamt-2.pdf> Accessed June 29 2016
- Knie, A. Die Interpretation des Autos als Rennreiselimousine: Genese, Bedeutungsprägung, Fixierung und verkehrspolitische Konsequenzen. In: Dienel, H., Trischler, H. Geschichte der Zukunft des Verkehrs. Verkehrskonzepte von der Frühen Neuzeit bis zum 21. Jahrhundert. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 1997, pp. 243-259.
- Knie, A.; Berthold, O.; Harms, S. ; Truffer, B. Die Neuerfindung urbaner Mobilität. Elektroautos und ihr Gebrauch in den U.S.A. und Europa. Edition Sigma Rainer Bohn Verlag, Berlin, 1999.
- König, J-G. Die Geschichte des Automobils. Reclam, Stuttgart, 2010.
- Langsdorf, Susanne; Hirschnitz-Garbers, Martin (2014): Die Zukunft im Blick. Trendbericht für eine vorausschauende Ressourcenpolitik. Umweltbundesamt Fachgebiet 1.1. Online: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-zukunft-im-blick> Accessed June 14 2016
- Leismann, Kristin (et al.), 2012. Nutzen statt Besitzen. Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur. Heinrich-Böll-Stiftung Schriften zur Ökologie, Band 27.
- Linz, Manfred, 2013. Suffizienz – unentbehrlich für Nachhaltigkeit. In: Simonis, Ernst Udo: Mut zu Visionen. Jahrbuch Ökologie 2014, Hirzel Verlag, Stuttgart.
- Mashable (2014) Connected Cars May Eventually Inspire Place-Specific Radio Ads. Online: <http://mashable.com/2014/07/16/connected-car-radio-ads/>, Letzter Zugriff am 21.07.2014.
- McKinsey & Company, 2012. Mobility of the Future. Opportunities for automotive oem s. February 2012.
- Müller, Hans-Peter (2012): Werte, Milieus und Lebensstile. In: Hradil, Stefan (Hrsg.): Deutsche Verhältnisse. Eine Sozialkunde, Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn.

- Paech, Niko (2014): Befreiung vom Überfluss. Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie. Oekom Verlag, München.
- Peren, F. W.; Sundermann, N.; Wittop, B. Das Elektroauto und sein Markt. Campus-Verlag, Frankfurt am Main, 1997.
- Rammler, S.; Zimmer, R. E-Trust. Leitbilder und Zukunftskonzepte der Elektromobilität. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2001. www.ufu.de/media/content/files/Fachgebiete/Ressourcenschutz/E-Trust-Projektbericht%20110630%20mittel.pdf Accessed July 27 2015.
- Rosa, Hartmut; Paech, Niko; Habermann, Friederike; Haug, Frigga; Wittmann, Felix; Kirschenmann, Lena (2014): Zeitwohlstand. Wie wir anders arbeiten, nachhaltig wirtschaften und besser leben. Oekom Verlag, München.
- Verband der Automobilindustrie (2016): Wissmann: Das Auto der Zukunft fährt automatisiert, vernetzt und elektrisch. Online: <https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/20160316-Wissmann-Das-Auto-der-Zukunft-f-hrt-automatisiert--vernetzt-und-elektrisch-.html> Accessed June 06 2016
- Wagner, K., Bogenberger, K.: History of the Role of Social Actors for the Implementation of Electric Mobility. Arbeitspapier.
- Winterhoff, Marc; Kahner, Carsten; Ulrich, Christopher; Saylor, Philipp; Wenzel, Eike (2009): Zukunft der Mobilität 2020. Die Automobilindustrie im Umbruch? Online: http://www.adlittle.de/uploads/tx_extthoughtleadership/ADL_Zukunft_der_Mobilitaet_2020_Langfassung.pdf Accessed June 06 2016
- Zukunftsstark (2016): Internet der Dinge – Vernetzung von Gegenständen. Online: <http://www.zukunftsstark.org/internet-der-dinge/> Accessed June 21 2016

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel „Betreiberkonzepte für erfahrungsspezifische Elektromobilitätsdienstleistungen“ (BeEmobil) Teilvorhaben: Elektromobile Ein- und Zweispurlösungen für Sharing; Erweiterte Nutzung von Verkehrswegen; gesellschaftliche und staatliche Rahmenbedingungen an der Universität der Bundeswehr München	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Hardt, Cornelius Frommer, Robert Wagner, Katrin Bogenberger, Klaus	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.07.2016
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Institut für Verkehrswesen und Raumplanung Universität der Bundeswehr München Werner-Heisenberg-Weg 39 85577 Neubiberg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 01FE14029
	11. Seitenzahl 103
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung Hannoversche Str. 28-30 D - 10115 Berlin	13. Literaturangaben 46
	14. Tabellen 11
	15. Abbildungen 42
16. Zusätzliche Angaben -	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Technische Informationsbibliothek Hannover, 31.01.2016	

18. Kurzfassung

1. Derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik:

Aktuell sind elektrische Einspurfahrzeuge der Fahrzeugklasse L1e-B, wie auch die der Klasse L3e eine Randerscheinung in Deutschland wie in Europa. In den Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes werden diese mangels Menge nicht separat ausgewiesen. Auch die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit derartigen Fahrzeugen ist marginal. Einzelne Publikationen erfassen diese, eher unbeabsichtigt, zusammen mit eBikes.

Trotzdem werden diese vermehrt auf dem Markt angeboten, großteils unter Zuhilfenahme von Zulieferern aus China. Inwieweit diese Fahrzeuge im Mobilitätsalltag auf deutschen Straßen eine Rolle spielen können und welche Auswirkungen dies auf Umwelt und Verkehr hat, ist hingegen vollständig unklar. (AP2100 und AP3100)

Durch das Elektromobilitätsgesetz wird eine Freigabe von Spuren (statische Verkehrsmanagementmaßnahme) möglich. Bisher gibt es noch keine Forschung dazu, inwiefern sich dadurch Vorteile in der Fahrzeit für Elektroautofahrer ergeben (AP 5100 und AP 5200).

Elektromobilität wird erst seit vergleichsweise kurzer Zeit in Deutschland politisch gefördert. Daher fehlt es bisher noch an einer Evaluation bisheriger Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger (AP 6100 und 6200).

2. Begründung/Zielsetzung der Untersuchung:

Das Arbeitspaket 2100 hat zum Ziel, die Nutzung solcher Fahrzeuge, ihre Vor- und Nachteile sowie mögliche Hemmnisse bei der Verbreitung von eScootern zu untersuchen. Insbesondere die Nutzbarkeit auf im Kontext einer europäischen Großstadt sowie mögliche Nutzungshemmnisse steht hierbei im Fokus.

Die Arbeitspakete 5100 und 5200 haben zum Ziel, Verkehrsmanagementmaßnahmen zur Förderung der Elektromobilität zu bewerten. Verkehrsmanagementmaßnahmen sind als vielversprechend anzusehen, diese Lücke zu schließen. Für das Förderprojekt BeEmobil soll der Fokus der Verkehrsmanagementmaßnahmen auf dem Münchner Raum liegen (AP 5100 und AP 5200).

AP 6100: Private Elektromobilität steckt in Deutschland mit Blick auf die PKW-Zulassungszahlen noch in den Kinderschuhen. Zu groß sind beispielsweise Bedenken, die das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Reichweitenangst betreffen. Daher gilt es, potenzielle Nutzer mit Zweispurelektromobilität vertraut zu machen und Akzeptanz für diese neue Fortbewegungstechnologie zu fördern. Zu Beginn des Projektes im Jahr 2014 existierten in Deutschland kaum gezielt gesetzte Anreize, um Nutzer zur Anschaffung eines privaten Elektroautos zu bewegen. Daher soll untersucht werden, inwieweit kommunale und bundesweite Förderung die Akzeptanz hinsichtlich einer klimagerechten Verkehrs- und Energiepolitik erhöhen kann.

AP 6200: Das Arbeitspaket verfolgte im Wesentlichen zwei Ziele: Die Abschätzung der Umsetzung von Maßnahmen auf der Bundesebene sowie die Identifikation nationaler Trends bezüglich Elektromobilität und mögliche politische Maßnahmen zur Einflussnahme.

3. Methode:

Um die Nutzung von eScootern zu untersuchen, wurde ein Feldtest mit freiwilligen Nutzern in München durchgeführt. Diese führten ein Fahrtenbuch und beteiligten sich an einer Längsschnittumfrage, um Nutzung und mögliche Veränderungen in den Einstellungen gegenüber Elektromobilen messen zu können.

Im AP 5100 wurden statische Verkehrsmanagementmaßnahmen simulativ bewertet. Anhand unterschiedlicher Durchdringungsraten konnten Simulationsszenarien gerechnet und bewertet werden.

AP 5200: Anhand von Simulationen sollen dynamische Verkehrsmanagementmaßnahmen bewertet werden. Ziel ist es festzustellen, inwiefern die Freigabe von Sonderspuren auf Autobahnen oder die Implementierung einer dynamischen Zufahrtssteuerung in das Münchner Stadtzentrum positive Effekte auf die Elektromobilität zeigen.

AP 6100: Durch Interviews mit Experten und Elektroautonutzern wurde analysiert, was auf gesellschaftlicher, politischer und praktischer Ebene geschehen muss, um private Elektromobilität zu unterstützen. Durch eine Literaturlaufbereitung wurde das bisherige Scheitern von Elektromobilität und die Relevanz sozialer Akteure herausgearbeitet.

AP 6200: In diesem Arbeitspaket wurden von Experten im Rahmen einer Studie des Umweltbundesamtes identifizierte gesellschaftliche Entwicklungstrends untersucht und herausgearbeitet, welchen Einfluss sie auf eine nachhaltige Mobilität haben. Darüber hinaus wurde geprüft, wie diese durch politische Maßnahmen unterstützt werden können.

4. Ergebnis:

AP2100: eScooter können in einer europäischen Großstadt eine Alternative zur PKW-Nutzung bieten. Durch ihren relativ geringen Energieverbrauch, fehlenden Auspuffemissionen und platzsparenden Maße können sie einen wichtigen Baustein zur Entlastung von Verkehr und Umwelt in europäischen Großstädten bilden. Der Feldtest zeigte, dass eScooter im Durchschnitt für bis zu 80% der täglichen Wege genutzt werden können. Einer der größten Einflussfaktoren auf die Nutzung bildet allerdings das Wetter. Die Abschätzung für das Wetter in München in 2016 zeigte, dass die aus dem Feldtest gewonnenen Grenzwerte für 58% der Tage halten, und eScooter für somit eine ernsthafte Alternative zum PKW darstellen.

AP 5100: Statische Verkehrsmanagementmaßnahmen stellen eine Lösung der Anreizförderung für die Elektromobilität dar. Die Simulationsergebnisse weisen weder deutliche Begünstigungen der Besitzer von Elektrofahrzeugen noch deutlich Benachteiligungen der anderen Verkehrsteilnehmer (ÖPNV, Pkw (Verbrenner), Lkw) auf. Der Erfolg einer solchen Maßnahme kann in einer Simulation nur bedingt bewertet werden.

AP 5200: In einer Simulation konnte gezeigt werden, dass eine Implementierung einer dynamischen Fahrstreifenallokation positive Effekte auf Nutzer der Elektromobilität haben können und zugleich keine negativen Auswirkungen auf andere Verkehrsteilnehmer. Diese Aussage trifft vor allem für das Szenario mit geschwindigkeitsbasierter Fahrstreifenallokation bei deaktivierter Seitenstreifenfreigabe zu.

AP 6100: Es konnte gezeigt werden, dass ein Rückgriff nur auf technische Erklärungen oder die Alltagsuntauglichkeit nicht ausreichend sind, um das bisherige Scheitern von privater Elektromobilität zu erklären. Der Beitrag schärft das Bewusstsein dafür, dass sich die Durchsetzung einer Technologie nicht nur durch die Technik selbst, sondern wegweisend durch die Interaktion, Definitionsmacht und Gestaltungsmacht von sozialen Akteuren heraus erklären lässt.

AP 6200: Die Ergebnisse wurden in einem bisher unveröffentlichten Arbeitspapier zusammengefasst. Sie umfassen Handlungsempfehlungen für politische Akteure.

5. Schlussfolgerung/Anwendungsmöglichkeiten:

Ausgehend von dem in diesem AP durchgeführten Feldtest und dessen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass eScooter eine ernsthafte Alternative in der innerstädtischen Mobilität darstellen. Ihre Vorteile liegen im geringen Energieverbrauch, bauartbedingter Platzersparnis, fehlenden direkten Emissionen bei gleichzeitiger Nutzbarkeit in vielen Situationen des Alltags. Einzig das Wetter macht die Nutzung in einem kleineren Teil des Jahres schwierig bis unmöglich. Trotzdem kann diese Fahrzeugklasse bei den mehrheitlich durchgeführten Wegen genutzt

werden. Eine Verbreitung dieser Fahrzeuge als Alternative zur PKW-Anschaffung ist gerade in Großstädten von Vorteil, was eine gezielte Förderung dieser Fahrzeuge sinnvoll erscheinen lässt.

AP 5100: Ausschlaggebend für den Erfolg statischer Verkehrsmanagementmaßnahmen und im Besonderen von der Freigabe der Busspuren ist deren Dimensionierung in Kombination mit einer intelligenten Priorisierung, die nicht nur den ÖPNV adressiert, sondern auch die Elektromobilität.

AP 5200: Bei einer zeitbasierten Fahrstreifenallokation sind die Ergebnisse durchweg negativ. Genau in den Zeitfenstern, in denen die Maßnahme griff, sind Geschwindigkeitseinbußen zu erkennen. Aus diesem Grund wird eine intelligente geschwindigkeitsbasierte Fahrstreifenallokation empfohlen, welche nur parameterbasiert aktiviert wird. Somit kann vermieden werden, dass eine Verkehrsmanagementmaßnahme zu Zeiten aktiviert wird, in denen kein Unfall oder im Allgemeinen eine Staulage vorliegt. Dies gewährleistet die effiziente Nutzung der Kapazitäten auf Autobahnen.

AP 6100: Das Gesetz verlangt Nachbesserungen und sollte die ganze Nachhaltigkeitsthematik im Blick haben. Die beschriebenen Kritikpunkte im Gesetz müssten überarbeitet werden, um dem Nutzer sinnvolle und nachhaltig schlüssige Rahmenbedingungen zu bieten.

AP 6200: Bei der weiteren Umsetzung von Maßnahmen zum Anreiz privater Elektromobilität auf Bundesebene bedarf es vorrangig eines nachvollziehbaren Harmonisierungskonzeptes, welche die Regelungen in Kommunen miteinander in Einklang bringt, um Hemmnisse für private Elektroautofahrer abzubauen.

19. Schlagwörter

Einspur-Elektromobilität; Pricing; Sharing; Nutzung von Verkehrswegen; gesellschaftliche und staatliche Rahmenbedingungen; Anreize

20. Verlag

21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planned	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title „Operational concepts for experience-specific electromobility services“ (BeEmobil) Subproject One-way and two-track solutions for sharing; Advanced use of transport routes; Social and governmental conditions University of Federal Armed Forces	
4. author(s) (family name, first name(s)) Wagner, Katrin Hardt, Cornelius Frommer, Robert Bogenberger, Klaus	5. end of project 31.07.2016
	6. publication date planned
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Institut für Verkehrswesen und Raumplanung Universität der Bundeswehr München Werner-Heisenberg-Weg 39 85577 Neubiberg	9. originator's report no.
	10. reference no. 01FE14029
	11. no. of pages 103
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung Hannoversche Str. 28-30 D - 10115 Berlin	13. no. of references 46
	14. no. of tables 11
	15. no. of figures 42
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Technische Informationsbibliothek Hannover, 31.01.2016	

18. Abstract

1. Current state of science and technology:

Currently, electric Powered Two-Wheelers (ePTWs) classified as vehicles of class L1e-B (eScooters) as well as those vehicles classified as L3e are just a fringe in Germany as well as in Europe. Statistics of the German Federal Motor Transport Authority (Kraftfahrtbundesamt) do not even capture these vehicles due to the lack of quantities. Academic publications for this type of vehicle is scarce. Only a few studies refer to these vehicles, rather by accident, when researching eBikes in Chinese cities.

Nonetheless, eScooters are offered in increasing numbers, usually with support from Chinese OEMs. It is, however, uncertain, what kind of influence these vehicles bear in terms of environmental and traffic changes, when appearing in raising numbers on German streets (WP2100 and 3100).

Due to the Electromobility Law, a release of traces (static traffic management measures) becomes possible. So far, there is no research on the extent to which there are advantages in driving time for electric car drivers (AP 5100 and AP 5200).

Electromobility has only been politically promoted in Germany for a relatively short time. For this reason, there is still a lack of evaluation of previous measures and recommendations for action for policy-makers (AP 6100 and 6200).

2. Justification / objectives of the study:

WP 2100 aims to analyse the Usage of eScooters, their advantages and disadvantages, as well as possible constraints to a possible expansion. Furthermore, usability in the context of a European city and potential usage drawbacks are analyzed.

The Work packages 5100 and 5200 aim to evaluate traffic management measures to promote electromobility. Traffic management measures are considered to be promising to close this gap. The focus of transport management measures in the Munich area (WP 5100 and WP 5200) will be the focus of the BeEmobil project.

WP 6100: Private electromobility is not yet very common in Germany. Too great are the concerns about the cost-benefit ratio and the range anxiety. This is why it is important to familiarize potential users with two-track electromobility and to promote acceptance for this new locomotion technology. At the beginning of the project in 2014, there were hardly any specific incentives in Germany to motivate users to buy a private electric car. Therefore, the extent to which municipal and nationwide support can increase the acceptance of climate-friendly transport and energy policies is to be examined.

WP 6200: The work package had two main objectives: to assess the implementation of measures at the federal level and to identify national trends in electromobility and possible policy measures to influence them.

3. Method:

WP 2100 In order to analyse eScooter usage, a field study with voluntary participants was conducted in Munich, Germany. Participants kept a travel diary and participated in a longitudinal survey, in order to measure usage and alterations in attitude towards electromobility.

In 5100 WP static traffic management measures were evaluated by simulation. Based on different penetration rates, simulation scenarios could be calculated and evaluated.

WP 5200: Dynamic traffic management measures are to be assessed using simulations. The aim is to determine the extent to which the release of special lanes on motorways or the implementation of a dynamic access control system into the Munich city center have positive

effects on electromobility.

WP 6100: Through interviews with experts and electric car drivers was analyzed, what needs to happen to social, political and practical level to support private electromobility. A literature review has identified the current failure of electromobility and the relevance of social actors.

WP 6200: In this work package, social development trends were identified by experts as part of a study conducted by the Umweltbundesamt (Federal Environment Agency) and examined the impact they have on sustainable mobility. In addition, it was examined how these measures can be supported by policy measures.

4. Result:

WP2100: eScooters can serve as an alternative to car-usage in European Cities. Due to their relatively low energy consumption, missing tailpipe emissions and their sparse measurements, eScooters can be used as a major component in order to relieve cities from traffic congestion and high emissions. The conducted field study revealed a daily usage potential of 80% of all trips. The greatest influence to usage, however, were weather conditions. Incorporating weather data from 2016 Munich, weather related boundaries acquired from the field study give 58% of days to possible usage of eScooters. Thereby, making these vehicles an serious alternative to car usage.

WP 5100: Static traffic management measures are a solution for the promotion of incentives for electromobility. The simulation results do not show any significant benefits for owners of electric vehicles or significant disadvantages of other road users (public transport, passenger cars, trucks). The success of such a measure can be assessed under certain conditions in a simulation.

WP 5200: In a simulation it was shown that an implementation of a dynamic lane allocation can have positive effects on users of the electromobility and at the same time no negative effects on other road users. This statement applies above all to the scenario with speed-based lane alignment with deactivated page strip release.

AP 6100: It could be shown that a recourse to technical explanations or everyday convenience is not sufficient to explain the current failure of private electromobility. The contribution raises awareness that the implementation of a technology can be explained not only by the technology itself, but also by the interaction, the definition power and the creative power of social actors.

AP 6200: The results were summarized in an unpublished work paper. They include recommendations for action for political actors.

5. Conclusion / applications:

Based on the conducted field study and their findings it is reasonable to conclude, that eScooters are a serious alternative regarding mobility in cities. They comprise advantages due to low energy consumption, missing tailpipe emissions, sparse measurements, as well as usability in most situations in daily life. However, weather conditions can influence usage since a minor part of the year is not suitable for eScooter usage. Nonetheless, these vehicles can be incorporated to do most of daily trips. Additional dissemination of such vehicles as an alternative to purchasing a car is favorable. Furtherance of such vehicles seems to be reasonable.

WP 5100: Decisive for the success of static traffic management measures and, in particular, the release of the bus lanes is their dimensioning in combination with an intelligent prioritization, which not only addresses public transport, but also electromobility.

WP 5200: The results are consistently negative for a time-based lane allocation. Exactly in the time windows in which the measure was taken, speed losses can be seen. For this reason, an intelligent speed-based lane allocation is recommended, which is activated only parameter-based. Thus, it is possible to prevent a traffic management operation from being activated at times when there is no accident or generally a failure. This ensures the efficient use of capacity on motorways.

WP 6100: The law requires revisions and should keep an eye on the whole of sustainability issues. The described points of criticism in the law would have to be revised in order to offer the user meaningful and sustainably conclusive framework conditions.

WP 6200: In the further implementation of measures to stimulate private electromobility at the federal level, a comprehensible harmonization concept is necessary, which harmonises the regulations in municipalities in order to reduce barriers to private electric car drivers.

19. keywords

Single-track electromobility; pricing, sharing; Use of transport routes; Social and state framework conditions; Incentives

20. publisher

21. price