

Abschlussbericht

Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität

Zuwendungsempfänger: AUDI AG	Förderkennzeichen: 16EM1103
Vorhabenbezeichnung:	Pendeln und Laden in Berlin – E-Berlin
Laufzeit des Vorhabens:	01.11.2012 – 30.06.2016
Berichtszeitraum:	01.11.2012 – 30.06.2016
Projektleitung:	Dr.-Ing. Markus Rothenwöhrer, AUDI AG, D-85045 Ingolstadt

Inhaltsverzeichnis

I.	Kurzdarstellung.....	6
1.	Aufgabenstellung	6
2.	Voraussetzungen	9
3.	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	10
4.	Wissenschaftliche und technische Ausgangsbasis	12
5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	14
II.	Detaillierte Darstellung	15
1.	Erzielte Ergebnisse	15
	Projektphase Audi A1 e-tron	27
	Projektphase Audi A3 e-tron	49
2.	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	66
3.	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	67
4.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	68
5.	Anderweitige Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens.....	70
6.	Veröffentlichungen	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeitschiene E-Berlin	10
Abbildung 2: Konzeptdarstellung zum Schaufensterprojekt E-Berlin	15
Abbildung 3: Übersicht Audi A1 e-tron	16
Abbildung 4: Technische Angaben zum RE Generator-Modul.....	16
Abbildung 5: Darstellung und Daten Audi A3 e-tron.....	17
Abbildung 6: Bilder der Stellplätze und der Ladeinfrastruktur in der Tiefgarage am Quartier Potsdamer Platz	18
Abbildung 7: Übersicht der Kosten für die Ladeinfrastruktur Berlin.....	19
Abbildung 8: Darstellung Betreuungskonzept für den Flottenversuch in Berlin	20
Abbildung 9: Darstellung Betreuungskonzept für den Flottenversuch in Berlin	21
Abbildung 10: Service- und Betreuungskonzept für den Audi A3 e-tron	22
Abbildung 11: Eindrücke von der Übergabeveranstaltung am 3. August 2013.....	25
Abbildung 12: Eindrücke von der Rückgabeveranstaltung am 28. Juni 2014	26
Abbildung 13: Eindrücke von der Übergabeveranstaltung am 18. April 2015.....	27
Abbildung 14: Fahrzeugzielgruppen und Erfassungsphasen Audi A1 e-tron.....	27
Abbildung 15: Laufleistung der Testflotte in Berlin nach Tages- und Gesamtstrecken	28
Abbildung 16: Streckenanteile der Einzelfahrten	29
Abbildung 17: Geschwindigkeiten der Flotte	29
Abbildung 18: Anteile an der Gesamtfahrzeit Audi A1 e-tron.....	30
Abbildung 19: Beispiel für den Aktionsradius ausgewählter Probandenfahrten.....	31
Abbildung 20: Anteile der Streckenlänge im Gesamtbetrieb.....	31
Abbildung 21: Entwicklung RE-Starts nach Fahrerwunsch pro Monat über SOC	33
Abbildung 22: Verweilzeiten in den Rekuperationsstufen	34
Abbildung 23: Streckenanteile Referenzfahrzeug und ersetzte A1 e-tron	35
Abbildung 24: Vergleich Strecken Einzelfahrzeuge und Referenzfahrzeug.....	36
Abbildung 25: Längsbeschleunigung Referenzfahrzeug/E-Fahrzeuge	36
Abbildung 26: Geschwindigkeiten A1 Referenzfahrzeug gegenüber temporär ersetzten A1 e-tron	37
Abbildung 27: Streckenanteile der Einzelfahrten nach Fahrzeugkonzept.....	38
Abbildung 28: Lastpunktverschiebungen PU15/PU25	39



Audi

Abbildung 29: RE-Starts nach Probandenwunsch	40
Abbildung 30: Streckenanteile der Einzelfahrten PU15 und PU25 bei gleichem Probanden.40	
Abbildung 31: Häufigkeit der Ladehübe in den Projektphasen	41
Abbildung 32: Startzeiten der Ladevorgänge	42
Abbildung 33: Probandenaussagen zur Motivation (E-Mobilität)	44
Abbildung 34: Probandenaussagen zur Erwartungshaltung	44
Abbildung 35: Fahrstil der Probanden.....	45
Abbildung 36: Probandenaussagen zur Kaufwahrscheinlichkeit eines Elektrofahrzeugs	45
Abbildung 37: Probandenaussagen zur Aufpreisbereitschaft	46
Abbildung 38: Nicht-monetäre Anreize.....	48
Abbildung 39: Erfassungsphasen für Auswertung	49
Abbildung 40: Fahrstreckenkalender Audi A3 e-tron.....	50
Abbildung 41: Aufteilung der Einzelfahrstrecken auf die jeweiligen Fahrdistanzen	50
Abbildung 42: Geschwindigkeiten der Flotte	51
Abbildung 43: Anteile an der Gesamtfahrzeit.....	51
Abbildung 44: Anteile der Streckenlänge im Gesamtbetrieb.....	52
Abbildung 45: Durchschnittliche Tageslaufleistung pro Fahrzeug	53
Abbildung 46: Veränderung der Geschwindigkeitsbereiche.....	53
Abbildung 47: Anteil des emissionslosen Fahrens.....	54
Abbildung 48: SOC-Werte bei Ladebeginn	55
Abbildung 49: Verteilung der Ladehübe	56
Abbildung 50: Startzeiten der Ladevorgänge	56
Abbildung 51: Vergleich der Geschwindigkeitsbereiche alte/neue Fahrer	57
Abbildung 52: Startzeiten der Ladevorgänge „neue“ Fahrer	59
Abbildung 53: Startzeiten der Ladevorgänge „alte“ Fahrer	59
Abbildung 54: Möglichkeiten zur Einsparung des Fahrzeugverbrauchs	60
Abbildung 55: Verhältnis Ladehäufigkeit zu Lademöglichkeiten	61
Abbildung 56: Abfrage Ladeinfrastruktur.....	61
Abbildung 57: Einschätzung der Elektromobilität zu Projektstart und Projekterweiterungsbeginn.....	62
Abbildung 58: Entwicklung der Probandenmeinung über den Projektverlauf	63
Abbildung 59: Aufpreisbereitschaft der Probanden.....	63



Audi

Abbildung 60: Kaufwahrscheinlichkeit eines E-Fahrzeugs.....	64
Abbildung 61: Beurteilung der verschiedenen Betriebsmodi.....	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzungsübersicht des Referenzfahrzeugs als Ersatzfahrzeug.....	35
Tabelle 2: Nutzungsdaten PU15/PI25	38
Tabelle 3: Auswertungen Energieverbrauch und RE im Vergleich	39
Tabelle 4: Ø SOC bei Ladestart	41
Tabelle 5: Übersicht Ladevorgänge bei RWE-Ladepunkten	43
Tabelle 6: Vergleich der einzelnen Testphasen	54
Tabelle 7: Betriebsmodi in den verschiedenen Testphasen.....	55
Tabelle 8: Vergleich Zeitanteil VKM alte/neue Fahrer	58

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Ziel des Projektes „E-Berlin – Pendeln und Laden in Berlin“ war die ganzheitliche Identifikation der praktischen Herausforderungen bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen in urbanen Ballungszentren. Neben der alltäglichen Nutzung von Elektrofahrzeugen finden hierbei auch weitere Herausforderungen Berücksichtigung, wie die Konzeption und Umsetzung eines auf Elektromobilität abgestimmten Servicekonzeptes, die Bewältigung des mit der Elektromobilität einhergehenden „Aufpreises“ bei Anschaffung und Unterhalt entsprechender Fahrzeuge, sowie die Hürden, die es bei der Installation der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum oder am Wohnort zu überwinden gilt.

Konkret wurden vielfältige technische und wissenschaftliche Ziele verfolgt. So wurde die Analyse des Fahrverhaltens von Kunden bei Nutzung eines Range Extender-Elektrofahrzeugs (RE-Fahrzeug; rein elektrisch betrieben, BEV) sowie eines Plug-In-Hybrids (PHEV) im Pendlerbetrieb in einer Region mit hohem Verkehrsaufkommen verfolgt, ebenso wie die Erstellung und Auswertung von Statistiken zu Fahranteilen rein elektrischen, CO₂-neutralen und verbrennungsmotorischen Fahrens zur Ableitung von Anforderungen für die Auslegung künftiger Antriebe. Ein weiteres Ziel stellte die Untersuchung des Einflusses klimatischer Randbedingungen über vier Jahreszeiten auf das Fahrzeug und das Nutzungsverhalten der Kunden dar. Darüber hinaus wurde die Katalogisierung von aufkommenden Problemen beim Aufbau einer Ladeinfrastruktur an Orten fokussiert, an denen Nutzer des Elektrofahrzeugs und Grundstückseigner nicht dieselbe Person sind. Besondere Schwerpunkte stellten hierbei private Stellplätze sowie Lademöglichkeiten am Arbeitsplatz dar. Die Entwicklung von Lösungsansätzen zu den identifizierten Problemen (z. B. finanziell, bautechnisch, rechtlich, versicherungstechnisch) war eine weitere Zielformulierung des Vorhabens, um langfristig die Nutzungsmöglichkeiten für Elektromobilität durch die Reduktion von Hürden voranzutreiben. Im Rahmen des Vorhabens wurden ferner Zufriedenheit, Verhaltensweise und Fahrerleben im Handling und Umgang des Kunden mit dem Fahrzeug verfolgt. Schließlich stellten die Weiterentwicklung eines Service- und Wartungskonzeptes von Elektrofahrzeugen und Ladelösungen und die Untersuchung des Einflusses nicht-monetärer Anreize auf das Kundenverhalten zentrale Ziele des Vorhabens dar. Insbesondere um die Gewährung nicht-monetärer Anreize wurde sich im Rahmen des Projektes bei den zuständigen Behörden bemüht.

Zur Erzielung repräsentativer Ergebnisse des Kundenverhaltens und in Folge dessen klarer Erkenntnisse für die weitere Betrachtung des Themas Elektromobilität wurde neben einer fundierten Kundenanalyse von Beginn des Projekts an die Aufzeichnung und Auswertung der entsprechenden Fahrzeugdaten konzipiert. Letztere stellen einen wesentlichen Faktor und eine wichtige Grundlage für eine Weiterentwicklung des Antriebskonzepts dar. Hierfür galt es, eine vollautomatische Datenübermittlung zu entwerfen, die ohne zusätzlichen Aufwand für den Nutzer den schnellen Transfer der Daten gewährleistet. Neben der raschen Datenauswertung ermöglichte diese Herangehensweise auch eine entsprechende Kunden-



Audi

nähe, die bei auftretenden Problemen zu schnellen Lösungen führen sollte. Das abgeschlossene Vorhaben zeichnete sich somit durch drei wesentliche Schwerpunkte aus:

Pendeln im Großstadtbetrieb. Über das Projekt sollte gezielt die Nutzung von Elektrofahrzeugen (PHEV und RE-Fahrzeug) im Alltagsbetrieb in der Großstadt erforscht werden. Ein besonderes Augenmerk lag hierbei auf dem beruflichen Pendlerverkehr. Während der Nutzungsphase wurden technische Daten zu den Anteilen zwischen elektro- und verbrennungsmotorischem Fahren und den Auswirkungen der Jahreszeiten auf das Energiemanagement des Fahrzeugs gewonnen. Dies ermöglicht Erkenntnisse hinsichtlich einer möglichst kunden- und marktorientierten Auslegung künftiger PHEV- und RE-Fahrzeuge.

Praktische, rechtliche, finanzielle Hürden beim Aufbau der Ladeinfrastruktur. Die Installation von Ladepunkten auf festen privaten Stellplätzen und am Arbeitsplatz sollte in Hinblick auf rechtliche und praktische Herausforderungen untersucht werden. Um dies zu erreichen wurde der Flottenversuch mit Schwerpunkt Pendeln konzipiert.

Erfahrungen aus Audi-Flottentests in diversen Modellregionen (z. B. München) zeigen, dass der Installationsprozess auf festen Stellplätzen oft unerwartete Hürden beinhalten. Im Fall von festen Stellplätzen in Gemeinschafts-Tiefgaragen oder Parkhäusern wurde oftmals die Erlaubnis zur Installation von Ladepunkten durch Vermieter oder Eigentümerversammlungen verweigert. Eine weitere Hürde stellten der Mangel von Stromanschlüssen oder Stromzählern dar. Generell zeigt sich, dass hinsichtlich der Rechtslage Unsicherheiten vorherrschen, ebenso wie eine schlechte Informationslage bei allen Beteiligten. Zudem unterschieden sich die Kosten zur Installation von Ladepunkten an verschiedenen Orten erheblich. In anderen Fällen hatten Nutzer, die ihr Fahrzeug während der Arbeitszeit laden wollten, das Problem, dass die Ladeinfrastruktur vom Arbeitgeber aufgebaut werden muss. Wenn der Strom kostenfrei zur Verfügung gestellt werden soll, entstehen geldwerte Vorteile, die wiederum ein Authentifizierungssystem und die Abrechnung des Ladestroms notwendig machen. Diese Sachverhalte machen das Laden am Arbeitsplatz sehr aufwändig und kompliziert.

Diese ladepunktrelevante Hürden stellen zentrale Aspekte im Kaufentscheidungsprozess eines Elektrofahrzeugs dar. Der Arbeitsschwerpunkt verfolgt daher das Ziel, diese Hürden zu identifizieren und Lösungsansätze zu evaluieren. Dafür sollten Eigentümerversammlungen, Vermieter und Arbeitgeber in die Probandenauswahlphase einbezogen und aktiv befragt werden. Darüber hinaus sollte, abhängig von den Möglichkeiten der jeweiligen Elektroinstallateure vor Ort, eine Potentialabschätzung durchgeführt werden, wie viele Stellplätze in den Tief-/Mietgaragen ohne größere Aufwände (z. B. Erweiterung der Hausanschlusskapazität) mit vergleichbaren Ladeleistungen elektrifizierbar sind. Die Ergebnisse galt es am Ende des Projekts in einer Expertise zusammenzufassen, die auch eine Analyse der Rechtssituation und Vorschläge zur Lösung der Probleme beinhaltet. Ferner sollten Erfahrungen gesammelt werden, um künftig anfallende Kosten des Installationsprozesses von Ladepunkten besser abzuschätzen.

Erprobung der Wirkung nicht-monetärer Anreize. Der dritte Schwerpunkt des Projektes thematisierte mögliche nicht-monetäre Anreizmechanismen, wie sie im zweiten Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) empfohlen werden. Explizit genannt wurden die



Audi

Einräumung von Parkprivilegien und die Sonderspurnutzung für Elektrofahrzeuge. In der Schaufensterbewerbung des Landes Berlin heißt es zu einer möglichen Erprobung von nicht-monetären Anreizen:

„Die Experimentierklausel der Straßenverkehrsordnung soll in der Region genutzt werden, um Spielräume für die Förderung nachhaltiger Mobilität zu gewinnen und zukunftsfähige Mobilität zu gestalten. Berlin will zudem die ordnungsrechtlichen Genehmigungsprozesse für Projekte im Bereich Elektromobilität beschleunigen und damit eine zügige Umsetzung unterstützen. Gleichzeitig sollen gezielt Vorschläge erarbeitet werden, wie der bestehende Rechtsrahmen im Sinne der Umsetzung nachhaltiger Mobilitätskonzepte weiterentwickelt werden kann.“

Zusammen mit Projektpartnern aus weiteren Schaufensterprojekten, den Schaufensterkoordinatoren und gegebenenfalls des Verbandes der deutschen Automobilindustrie (VDA) sollte auf die Schaffung der Rahmenbedingungen zur Erprobung des Einflusses der genannten Nutzungsvorteile beim Berliner Senat und in der Bundespolitik hingewirkt werden. Die Fragen, die im Raum standen, waren:

- Sind die genannten Nutzungsvorteile in Berlin umsetzbar?
- Sind die genannten nicht-monetären Anreize genug, um die Lücke zu schließen, die nach der Verrechnung der hohen Anschaffungskosten mit den geringen Unterhaltungskosten bleibt (sogenannte Total-Cost-of-Ownership-Lücke bzw. TCO-Lücke)?
- Ist die im zweiten Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität zitierte monetäre Anreizwirkung der Maßnahmen von durchschnittlich 300 Euro pro Jahr und Fahrzeug realistisch?

2. Voraussetzungen

Grundlage für das Projekt E-Berlin ist das Förderprogramm „Schaufenster Elektromobilität“ der Bundesregierung, mit dem eine zentrale Maßnahme des 2011 beschlossenen Regierungsprogramms Elektromobilität umgesetzt wird. Über groß angelegte regionale Demonstrations- und Pilotvorhaben sollen Kompetenzen von Industrie und Wissenschaft in den Bereichen Elektrofahrzeug, Energieversorgung und Verkehrssystematik dargestellt und zur Entwicklung innovativer Lösungen für den flächendeckenden Einsatz von Elektromobilität in Deutschland zusammengeführt werden. Über die Umsetzung der Projekte im öffentlichen Raum sollen neue Impulse für das Thema Elektromobilität gesetzt werden, auch und gerade in der Bevölkerung. Für die bereits dargelegten Aufgaben und Ziele aus Sicht der AUDI AG hat sich eine enge Abstimmung des Projekts E-Berlin mit dem Schaufensterprojekt H1 „Potsdamer Platz: Berlin nachhaltig erleben“ angeboten, da über die Zusammenarbeit die Potsdamer Platz Management Gesellschaft (PPMG) dem Projekt kostenlos Tiefgaragenplätze bereitgestellt hat, auf denen die AUDI AG Ladepunkte installieren konnte. Des Weiteren wurde das Projekt E-Berlin in die Marketingaktivitäten der Potsdamer Platz Arcaden eingebunden und die PPMG konnte aktiv bei der Zusammenstellung des Probandenpools unterstützen.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt kann in zwei Phasen unterteilt werden. In der ersten Phase erfolgte der Start und die Vorbereitung des Gesamtprojektes, sowie die Durchführung des ersten Flottenversuchs mit 25 Audi A1 e-tron (RE-Fahrzeugen). In der zweiten Phase wurde das Projekt erweitert und mit 15 Audi A3 e-tron (PHEV) weitergeführt. Einen Überblick über den Projektverlauf gibt Abbildung 1.

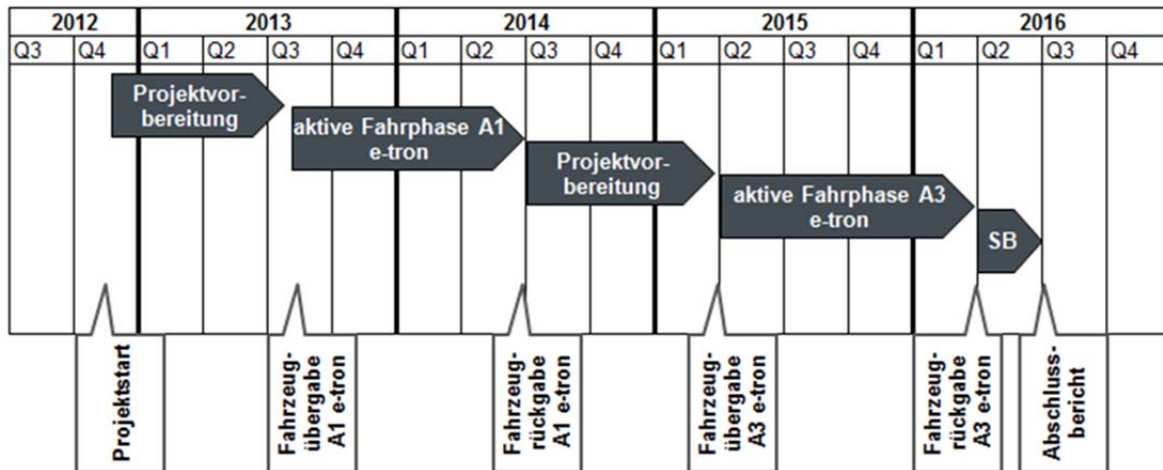


Abbildung 1: Zeitschiene E-Berlin

Hinsichtlich einer detaillierten Beschreibung des Ablaufs der 1. Projektphase mit dem Audi A1 e-tron wird auf die bereits erstellten Zwischenberichte verwiesen. Bereits Ende 2014 wurde mit dem Projektträger eine Erweiterung des Projekts besprochen. Hintergrund waren die Bestrebungen der AUDI AG, die gewonnenen Ergebnisse aus dem Flottenversuch mit den Audi A1 e-tron durch eine zweite Welle mit PHEV-Fahrzeugen zu verifizieren und auszubauen, um darüber vertiefende Erkenntnisse für die weitere Bearbeitung des Themas Elektromobilität zu gewinnen. Mit dem Einsatz von 15 seriennahen Audi A3 e-tron sollte die Fragestellung untersucht werden, inwiefern sich ein Hybrid-Ansatz unter ähnlichen Randbedingungen wie mit dem Audi A1 e-tron für ein Pendlerkonzept eignet. Obwohl beide Fahrzeugkonzepte mit etwa 50 km eine ähnliche rein elektrische Reichweite aufweisen, unterscheiden sie sich doch deutlich in der Gesamtreichweite (A1 e-tron ~250 km, A3 e-tron bis zu 900 km). Zudem bietet der Audi A3 e-tron dem Fahrer bereits definierte Betriebsstrategien (elektrisch und hybridisch fahren, Ladungserhaltung und -erhöhung), wohingegen die generelle Strategie beim Audi A1 e-tron durch den Fahrer bestimmt wurde. Durch den Einsatz des Audi A3 e-tron mit implementierter Datenerfassung für ein Jahr war die Voraussetzung gegeben, Daten hinsichtlich Fahrverhalten, Nutzung, Fahrstreckenlänge und elektrische Fahranteile jahreszeitenunabhängig aufzuzeichnen und den bereits gewonnenen Ergebnissen mit dem Audi A1 e-tron gegenüberzustellen.

Mit Abschluss der jeweiligen Projektvorbereitungen und der Übergabe der Fahrzeuge an die Probanden begann die aktive Phase der Projektdurchführung. Hierbei standen der Fahrbetrieb und die Datenerfassung aus den eingesetzten Fahrzeugen im Mittelpunkt. Die reibungslose Umsetzung des zuvor vereinbarten Service- und Betreuungskonzepts wurde ebenfalls



Audi

in dieser Phase gewährleistet. Das Servicekonzept diente der Sicherstellung der Mobilität der Probanden, wobei für den Flottenversuch des Audi A3 e-tron die Erkenntnisse bezüglich des Audi A1 e-tron übernommen wurden.

Hinsichtlich der Probanden in der Projektweiterung mit dem PHEV-Fahrzeug wurde auf Probanden zurückgegriffen, die bereits in der ersten Phase des Projekts beteiligt waren. Somit konnte die bereits privat zur Verfügung stehende Ladeinfrastruktur genutzt werden. Zur Ab rundung des Gesamtbildes wurde ein Drittel der Probanden in Zusammenarbeit mit einer Agentur neu ausgewählt, unter Berücksichtigung der Anforderungen des Audi A1 e-tron Flottenversuchs.

Mit Abschluss des jeweiligen Fahrbetriebs begann die Phase der Projektauswertung. Hier galt es, die erfassten Daten und Ergebnisse auszuwerten und in eine abschließende Bewertung zu überführen, mit der die zentralen Fragestellungen des Projekts beantwortet werden konnten. Ergebnisse und Bewertung wurden zu einem Gesamtbild zusammengefügt und bilden nunmehr die Grundlage für die Ausrichtung von Folgearbeiten im Bereich Elektromobilität. Im Fahrzeugbereich wurden Schwerpunkte der Auswertung auf die Anteile elektro- und verbrennungsmotorischen Fahrens gelegt, um einen genaueren Einblick darüber zu erhalten, wie künftige RE weiterentwickelt werden müssen. Bei den kundenspezifischen Auswertungen wurden Kundenmeinungen sowie die Analyse des Kundenfahrverhaltens speziell im Pendlerbetrieb in den Mittelpunkt gestellt. Weitere Schwerpunkte der Auswertung waren die Abschätzung von Kosten für die Installation von Ladepunkten in verschiedenen Umgebungen. Hierfür sollten auch Hürden und Lösungsvorschläge für die Installation von Ladeinfrastruktur auf dem privaten Stellplatz und am Arbeitsplatz intensiv betrachtet werden. Wichtig war für Audi dabei, Probleme im Kontext der Elektromobilität im untersuchungsspezifischen Raum aufzudecken und zu analysieren sowie mögliche neue Herausforderungen im Zusammenhang mit der Elektromobilität speziell in Regionen mit hohem Verkehrsaufkommen zu identifizieren.

4. Wissenschaftliche und technische Ausgangsbasis

Auf dem Markt befinden sich aktuell mehrere elektrifizierte Fahrzeuge (z. B. Toyota Prius, Opel Ampera, Nissan Miev), die sich durch unterschiedliche Konzepte auszeichnen. Häufig bauen diese auf Fahrzeugen mit konventionellen Verbrennungsmotoren auf. Im Rahmen der Projekterweiterung kommt solch ein PHEV in Form des Audi A3 e-tron zum Einsatz. Im Gegensatz zu Hybridfahrzeugen wird der in der ersten Projektphase eingesetzte Audi A1 e-tron nur rein elektrisch bewegt, im Fall eines niedrigen Ladezustands der Batterie schaltet sich ein RE in Form eines Verbrennungsmotors zu und lädt die Batterie. Beim A1 e-tron funktioniert der eingesetzte Verbrennungsmotor nach dem Wankelprinzip. Er ist dadurch besonders leicht und benötigt nur wenig Platz. Der Verbrennungsmotor soll dem Kunden die Möglichkeit einer realen Vergrößerung des Fahrradius geben, gleichzeitig trägt er zur Steigerung des subjektiv wahrgenommenen Sicherheitsgefühls bezüglich der (Rest-)Reichweite des Fahrzeugs bei.

Die Nutzbarkeit der Fahrzeuge durch den Kunden in seinem speziellen Umfeld ist dem Eigenengagement des Kunden bzw. dem seines Umfeldes (Staat, Region, Behörden, Betriebe, etc.) überlassen. So ist der Kunde darauf angewiesen, dass eine Infrastruktur mit öffentlich zugänglichen Ladestationen angeboten wird. Wird eine solche Infrastruktur angeboten, ist nicht sichergestellt, dass diese den Bedürfnissen des Kunden entspricht bzw. mit den technischen Randbedingungen des Fahrzeuges korreliert. In der Praxis zeigt sich, dass viele Hürden existieren, die den Kunden eine befriedigende Ladeinfrastruktur erschweren.

In den Projekten „Modellregion Elektromobilität“ wurden im Vorfeld zum Projekt E-Berlin bereits erste Erfahrungen beim Einsatz von Elektro- bzw. Hybridfahrzeugen im Pendlerverkehr gesammelt. In der Modellregion Rhein-Ruhr und in Stuttgart wurden Fahrzeuge in Unternehmensflotten integriert und dann auch zum Pendeln genutzt. Im Anschlussprojekt "Alltagstauglichkeit von Elektromobilität – Langstreckeneignung und -akzeptanz" aus der ehemaligen Modellregion Rhein-Ruhr wird dieses Testumfeld beibehalten und die Reichweitenproblematik thematisiert. In der Modellregion Bremen/Oldenburg wurde der ländliche Pendelverkehr adressiert. In der Modellregion Rhein-Main nutzte man E-Bikes und pedelecs für den Pendelverkehr. Im Allgemeinen wird im Ergebnisbericht der Modellregionen Elektromobilität 2011 festgestellt, dass Elektrofahrzeuge als Fahrzeuge für Berufspendler mit täglichen Fahrtstrecken um die 100 Kilometer und privater Lademöglichkeit geeignet sind.

Beim Projekt E-Berlin ging es im Gegensatz zu den oben beschriebenen Projekten verstärkt um die Frage, welche Hürden für den städtischen Nutzer entstehen, wenn er sich privat für den Kauf eines Elektrofahrzeugs entscheidet. In diesem Fall steht nicht die Initiative eines Arbeitgebers zum Aufbau einer unternehmenseigenen Flotte an Elektrofahrzeugen am Ausgangspunkt der Überlegung, sondern die persönliche Überzeugung des Einzelkäufers, mit der Anschaffung eines Elektrofahrzeugs die richtige Wahl zur Erledigung seiner täglichen Fahrtstrecken zu treffen. Zusätzlich sollte über das Projekt E-Berlin das nahezu emissionsfreie Pendeln im urbanen Raum bei sehr hoher Verkehrsdichte erprobt werden. Hier ergeben sich ganz andere Fahrprofile als beim privaten Pendeln im ländlichen Gebiet.



Audi

Bei der Betrachtung möglicher praktischer, rechtlicher und finanzieller Hürden beim Aufbau der Ladeinfrastruktur konnte das Projekt E-Berlin ebenfalls von den Erfahrungen aus den Projekten „Modellregion Elektromobilität“ profitieren. Bei den Flottenversuchen in München oder der Modellregion Rhein-Ruhr ergaben sich Herausforderungen sowohl im rechtlichen als auch im technischen Bereich: Es kam teilweise zu Verzögerungen beim Aufbau der Ladeinfrastruktur, und zwar aufgrund des Fehlens einheitlicher Genehmigungsverfahren für den Aufbau im öffentlichen Raum, widriger Witterungsbedingungen und verspäteter Bewilligungen von Netzanschlüssen durch die jeweiligen Verteilnetzbetreiber. Auf Nachfrage beim Konsortialführer wurde deutlich, dass noch keine systematische Analyse der vorgefundenen Hindernisse vorliegt. Daher war das in diesem Projekt geplante systematische Vorgehen zur Identifikation von Hindernissen und Darstellung möglicher Lösungswege das erste Vorhaben dieser Art.

Bei der Untersuchung möglicher nicht-monetärer Anreize betrat man mit dem Projekt E-Berlin ebenfalls Neuland, da diese Fragestellung im Vorfeld von keinem der Schaufenster- oder Leuchtturmprojekte thematisiert worden war. In Stuttgart wurde vor kurzem das kostenlose Parken von Elektrofahrzeugen auf städtisch bewirtschaftetem Parkraum durchgesetzt. Im Schaufensterprojekt Bayern/Sachsen ist eine Verkehrssimulation zur Nutzung von Busspuren in verschiedenen Städten in Planung. In den Projekten der Modellregionen waren sie noch nicht aktuell, da die Idee der nicht-monetären Anreize erst 2010 (erstmalig im zweiten Bericht der NPE), also nach der Konzeptionsphase für die Projekte der Modellregionen (2009) aufkam.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Quartier Potsdamer Platz wurde als zentrales Element des generellen Konzepts E-Berlin identifiziert, so dass hier entsprechend mit der Potsdamer Platz Management GmbH (PPMG) kooperiert wurde.

II. Detaillierte Darstellung

1. Erzielte Ergebnisse

AP1 Projektvorbereitung

AP1.1 Erstellung der Rahmenbedingungen

Für die Umsetzung der ersten Projektphase wurden zu Beginn die relevanten Rahmenbedingungen definiert und in Kooperation mit den beteiligten Partnern in die Umsetzung gebracht. Hierbei galt es auch, das generelle Konzept zum Projekt E-Berlin zu berücksichtigen, bei dem das Quartier Potsdamer Platz, wie in Abbildung 2 dargestellt, eine zentrale Bedeutung einnimmt. Dabei stand die Vorbereitung der Ladestationen in den Tiefgaragenplätzen für die eingesetzten Fahrzeuge am Quartier Potsdamer Platz im Mittelpunkt. Mit der PPMG als assoziierter Partner des Projekts wurden die Rahmenbedingungen für die Auswahl, Zuweisung und uneingeschränkte Nutzung der Stellplätze sowie die Installation der notwendigen Ladeinfrastruktur besprochen.

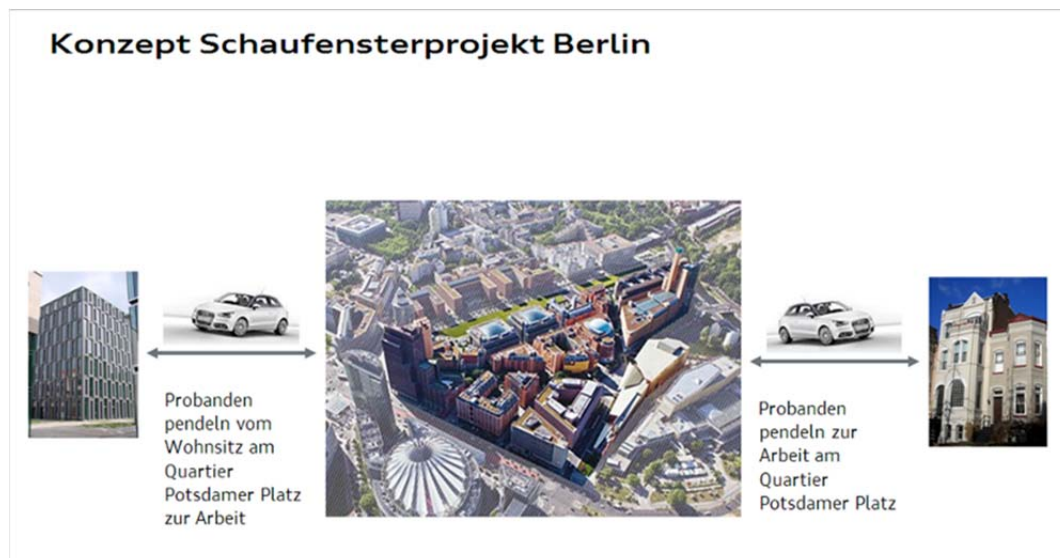


Abbildung 2: Konzeptdarstellung zum Schaufensterprojekt E-Berlin

Ein weiterer zentraler Punkt im Projekt war die Untersuchung der Wirkung nicht-monetärer Anreize auf die Probanden, um darüber Rückschlüsse für zukünftige Vertriebsstrategien im Kontext der Elektromobilität zu gewinnen. Hierfür war ursprünglich vorgesehen, den im Flottenversuch eingesetzten Fahrzeugen z. B. das privilegierte Parken und Halten auf öffentlich bewirtschafteten Parkflächen zu ermöglichen oder die Mitbenutzung separater Busspuren zu erlauben. Beide Ansätze wurden 2013/2014 mit den zuständigen Stellen in der Berliner Senatsverwaltung besprochen, die diese jedoch abschlägig beschied. Hinsichtlich des privilegierten Parkens wurde seitens der Senatsverwaltung auf laufende Gesetzesvorhaben zu den damit einhergehenden notwendigen Änderungen der Straßenverkehrsordnung (StVO) sowie des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) verwiesen. Gleichzeitig möchte die Senatsverwaltung die Schaffung von Präzedenzfällen bei der Vergabe von Ausnahmeregelungen für öffentliches Parken vermeiden, um nicht Begehrlichkeiten bei anderen Verkehrsteilnehmern zu we-

cken. Letztgenanntes Argument wurde auch als Begründung herangezogen, die Mitnutzung separater Busspuren im Flottenversuch abzulehnen.

AP1.2 Aufbau und Bereitstellung der Fahrzeuge mit Messdatenerfassung

Für den ersten Flottenversuch wurden 25 Fahrzeuge vom Typ A1 e-tron aufgebaut. Die Fahrzeuge unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer technischen Spezifikation. 15 Fahrzeuge (interne Modellbezeichnung PU15) sind z. B. mit einem 15 kW RE jedoch ohne ESP ausgestattet. Die übrigen zehn Fahrzeuge (interne Modellbezeichnung PU25) besitzen ein 25 kW RE Generator sowie gegenüber dem PU15 eine unterschiedliche Klimatisierung. Die Fördermittel für den Aufbau der Fahrzeuge betreffen nur die zehn Fahrzeuge mit dem 25 kW RE. Eine Darstellung der e-tron spezifischen Komponenten findet sich in Abbildung 3. Eine Gegenüberstellung der Leistungsmerkmale beider im Flottenversuch eingesetzten RE Generator-Module PU15 und PU25 erfolgt in Abbildung 4, weitere Informationen finden sich in den Zwischenberichten.

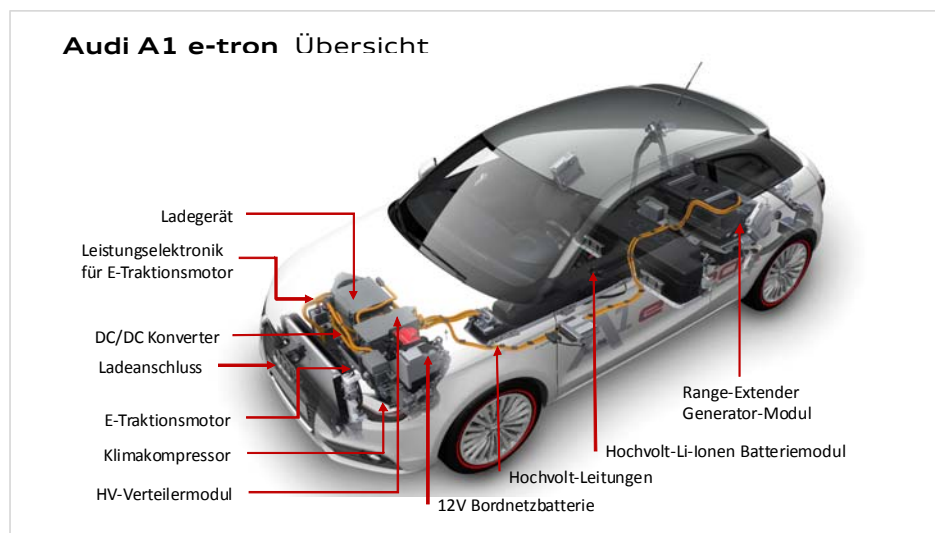


Abbildung 3: Übersicht Audi A1 e-tron

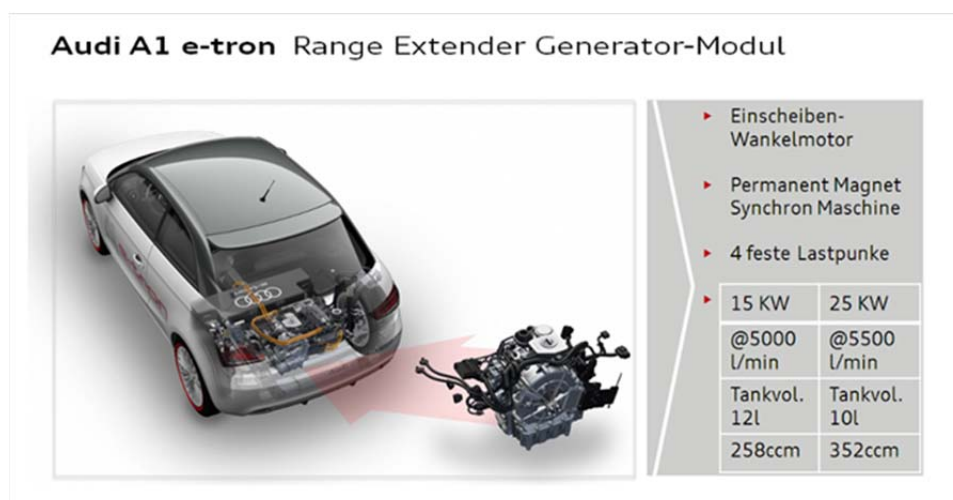


Abbildung 4: Technische Angaben zum RE Generator-Modul



Audi

Um die gewonnenen Ergebnisse des Flottenversuches mit dem Audi A1 e-tron zu verifizieren und vertiefende Erkenntnisse für die weitere Bearbeitung des Themas Elektromobilität zu gewinnen, wurde 2014 mit dem Projektträger eine Projekterweiterung besprochen. In einem zweiten Flottenversuch wurden 15 PHEVs in Form von seriennahen Audi A3 e-tron (vgl. Abbildung 5) eingesetzt. Hierbei wurde untersucht, inwiefern sich ein Hybrid-Ansatz im Vergleich zum BEV unter ähnlichen Randbedingungen für ein Pendlerkonzept eignet. Während beide Fahrzeugkonzepte in etwa 50 km rein elektrische Reichweite aufweisen, zeigen sich in der Gesamtreichweite deutliche Unterschiede (A1 e-tron ~250 km; A3 e-tron bis zu 900 km).

Fahrzeugkonzept:	Plug-In-Hybrid; Frontantrieb
E-Motor:	75 kW (102 PS) / 330 Nm
Verbrennungsmotor:	1.4l TFSI
Systemleistung:	110 kW (150 PS) / 250 Nm 150 kW (204 PS)
Höchstgeschwindigkeit:	222 km/h ; 130 km/h elektrisch
Beschleunigung von 0-100 km/h:	7,6 sec
Reichweite (elektr.):	bis zu 50 km
Gesamtreichweite:	bis zu 940 km




Abbildung 5: Darstellung und Daten Audi A3 e-tron

Der Audi A3 e-tron bietet dem Fahrer bereits definierte Betriebsstrategien (elektrisches und hybridisches Fahren, Ladungserhaltung und -erhöhung), wohingegen die generelle Strategie des Audi A1 e-tron durch den Fahrer bestimmt wird. Durch den Einsatz des Audi A3 e-tron mit implementierter Datenerfassung für ein Jahr war die Voraussetzung gegeben, Daten hinsichtlich Fahrverhalten, Nutzung, Fahrstreckenlänge und elektrische Fahranteile jahreszeitenunabhängig aufzuzeichnen und den bereits gewonnenen Ergebnissen mit dem Audi A1 e-tron gegenüberzustellen.

Die Audi A3 e-tron wurden entsprechend der Rahmenbedingungen des Projekts in Berlin aufbereitet und mit einer Messdatenerfassung ausgestattet. Nach der Aufbereitung wurde ein finaler Sicherheits- und Funktionscheck an allen Fahrzeugen durchgeführt sowie deren Flottentauglichkeit für die Auslieferung an die Probanden geprüft.

AP1.3 Aufbau der Ladeinfrastruktur im Quartier Potsdamer Platz und in Berlin

Beim Aufbau der Ladeinfrastruktur im Quartier Potsdamer Platz und in Berlin waren ursprünglich Stellplätze in allen drei am Quartier Potsdamer Platz vorhandenen Tiefgaragen vorgesehen. Nach Prüfung der Situation vor Ort wurde mit der zuständigen PPMG verein-



Audi

bart, dass die Stellplätze lediglich in einer Tiefgarage (TG) eingerichtet und zur Verfügung gestellt werden sollen. Grund dafür war die vorherrschende Infrastruktur, die eine ausreichende elektrische Versorgung nur in einer TG gewährleisten konnte.



Abbildung 6: Bilder der Stellplätze und der Ladeinfrastruktur in der Tiefgarage am Quartier Potsdamer Platz

Für den Flottenversuch wurden daher 20 Stellplätze mit einem 6,6 kW-Anschluss sowie fünf weitere mit einem 3,3 kW-Anschluss ausgestattet (vgl. Abbildung 6). Über diese Aufteilung sollte eine Überlastung des Stromnetzes in den Tiefgaragen am Quartier Potsdamer Platz vermieden werden (Richtwert 150 kW). Für den eigentlichen Aufbau der Ladeinfrastruktur wurde über eine externe Firma die Installation und die Einspeisung vorbereitet. Dabei galt es auch die Sicherheitsauflagen sowie die geltende Brandschutzverordnung zu beachten. Dies führte in einzelnen Fällen zu, gegenüber der ursprünglichen Planung, geänderten Kabelverlegungen.

Nach Installation und Prüfung der Ladesäulen mussten zudem noch die Ladestecker angepasst werden, da diese in ihrer ursprünglichen Form nicht mit der Einbausituation des fahrzeugseitigen Gegenstücks hinsichtlich Ausmaß und Biegeradius in Einklang zu bringen waren. Nach einer entsprechenden Korrektur durch den Energieversorger konnten die Ladestecker sowie die Ladestellen für den Flottenversuch in Betrieb genommen werden.

Als unerwartetes Problem erwies sich die Belegung der für den Flottenversuch markierten Stellplätze durch andere Fahrzeuge. Um eine weitere Beeinträchtigung des Versuchs und der Ergebnisse zu vermeiden, mussten an den Stellplätzen zusätzliche Hinweis- bzw. Verbotsschilder montiert werden.

Zusätzlich zur Ladeinfrastruktur am Quartier Potsdamer Platz wurden Wallboxen bei ausgewählten Probanden zu Hause montiert. Hierfür wurden vor der Auswahl der finalen Probanden bereits sogenannte „Home-Checks“ durchgeführt, um die Installationskosten abzuschätzen. Die Höhe der Kosten wurde maßgeblich durch die Situation vor Ort bestimmt. Eine detaillierte Aufgliederung hierzu findet sich in Abbildung 7.



Audi



Abbildung 7: Übersicht der Kosten für die Ladeinfrastruktur Berlin

Neben den dort aufgeführten Installationskosten wäre in einigen Fällen zusätzlich die Errichtung einer alternativen Montagemöglichkeit mit entsprechenden Zusatzkosten notwendig gewesen. Die Klärung der Installationskosten im Vorfeld wurde in Kooperation zwischen Audi und RWE vorgenommen. Wichtig für das Projekt war, dass die Probanden auf exklusiv für sie bereitgestellte bzw. ihnen zugewiesene Stellplätze zurückgreifen können.

Zusätzlich musste seitens einiger Probanden sichergestellt werden, dass bei Mietverhältnissen oder in Mehrparteienhäusern eine entsprechende Genehmigung für den Einbau bzw. die Installation vorliegt. Mit Beginn des Flottenversuchs ergaben sich bei der am Wohnort installierten Ladeinfrastruktur teilweise Probleme mit der Kommunikation zwischen Smartphone und Fahrzeug und es stellt sich die Frage, ob der Einsatz einer smarten Ladeinfrastruktur mit einem GSM-Modul möglich gewesen wäre. Hauptursache in diesen Fällen war die Positionierung der Ladeinfrastruktur in Tiefgaragenstellplätzen.

In einem Fall wurden die übrigen Anwohner als Konsequenz aus der Installation einer Wallbox für einen am Flottenversuch beteiligten Probanden gebeten, von der Anschaffung eines weiteren Elektrofahrzeugs abzusehen, da man eine Überlastung des lokalen Stromnetzes befürchtete.



Audi

AP1.4 Erstellung eines Service- und Betreuungskonzepts

Für den Flottenversuch in Berlin wurde, wie in Abbildung 8 für den Audi A1 e-tron dargestellt, analog zu den übrigen Projekten Schaufenster Elektromobilität ein umfassendes Betreuungs- und Servicekonzept entwickelt, das im Wesentlichen zwei Ziele erfüllen sollte. Zum einen wurde dem Kunden eine zentrale Anlaufstelle angeboten, die ihm 24 Stunden am Tag und sieben Tage die Woche bei allen technischen Fragen und möglichen auftretenden Problemen zur Verfügung stand. Vor-Ort-Reparaturen sowie verfügbare Ersatzfahrzeuge ermöglichten neben einer organisierten und strukturierten Fahrzeuglogistik eine umfassende und 100%-ige Sicherstellung der Mobilität für den Kunden. Zum anderen ermöglichte diese Premium Feldebetreuung auch die Zusammenstellung von Voranalysen, Feldbeobachtungen und Erfahrungen für die weitere Optimierung der Feldebetreuung in zukünftigen Projekten sowie die mögliche Anpassung der Schulungsinhalte für das Personal beim Stützpunkthändler vor Ort zum Thema Elektrifizierung und Elektromobilität.



Abbildung 8: Darstellung Betreuungskonzept für den Flottenversuch in Berlin

Für die reibungslose Umsetzung des Betreuungskonzepts wurden die Aufgaben zwischen der technischen Betreuung bei Audi und dem Stützpunkthändler bzw. Servicepartner vor Ort (Audi Zentrum Berlin-Charlottenburg) genau aufgeteilt (vgl. Abbildung 9). Seitens Audi wurden die Ansprechpartner für den Servicepartner und den Kunden bei allen technischen Fragen festgelegt und eine 24-Stunden-Bereitschaft sichergestellt, auch für die Ladeinfrastruktur. Zudem organisiert Audi die Vor-Ort-Einsätze zur Analyse oder Reparaturunterstützung beim Servicepartner. Des Weiteren gehören der Transport der Fahrzeuge sowie die Unterstützung bei der Beschaffung von Ersatzteilen zum Aufgabenspektrum der technischen Betreuung seitens Audi.



Audi

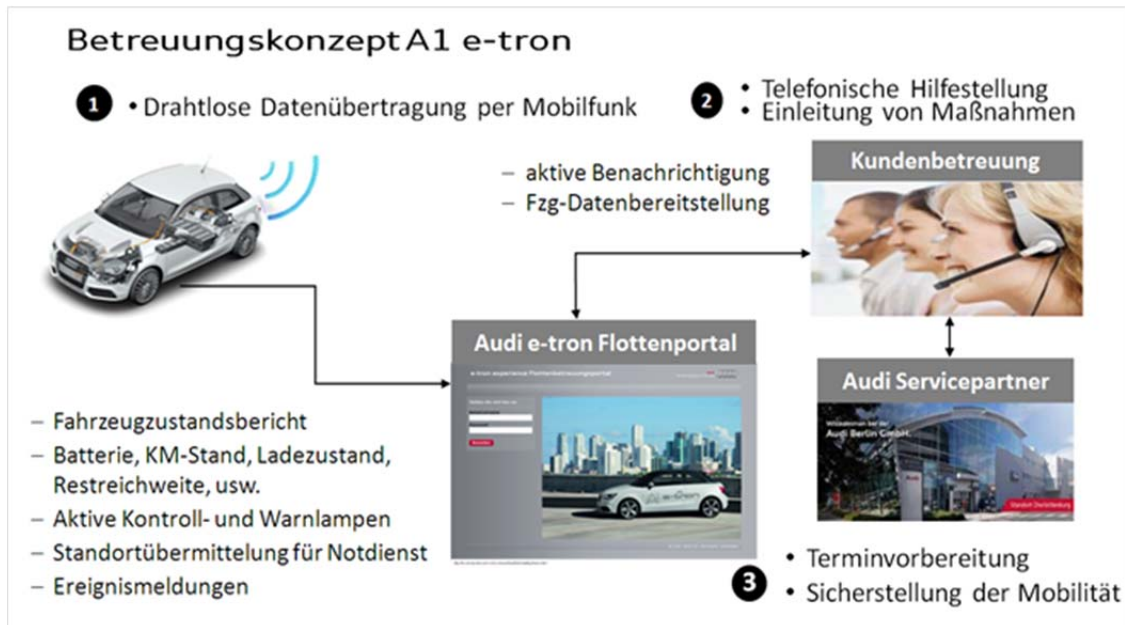


Abbildung 9: Darstellung Betreuungskonzept für den Flottenversuch in Berlin

Der Servicepartner in Berlin definierte einen Ansprechpartner für die technische Betreuung bei Audi sowie für den Kunden während der Geschäftszeiten. Im Fall eines Kundenkontakts bzw. Werkstattaufenthalts wurde Audi zeitnah über Grund und Dauer der Serviceleistung vor Ort informiert. Des Weiteren führte der Servicepartner den kleinen Service mit Unterstützung der technischen Betreuung bei Audi durch. Dieser kleine Service ist alle 1.000 km, resp. alle 42 Tage vorgesehen. Die Arbeiten am Fahrzeug wurden nur in Abstimmung mit der technischen Betreuung bei Audi durchgeführt.

Für den kleinen Service wurde folgender Umfang festgelegt:

- Außerbetriebnahme des Hochvolt-Systems
- Optische Durchsicht aller Leitungen und Bauteile hinsichtlich Beschädigungen, Undichtigkeiten oder Verschleiß
- Kontrolle aller Flüssigkeiten (Kühlwasser, Ölstand RE, Hydrauliköl, Wischwasser usw.)
- Durchführung eines umfassenden Systemchecks (Auslesen des Fehlerspeichers und Übertragung der Daten aus dem Datenlogger auf externen Server für spätere Auswertung)
- Durchsicht des Hochvolt-Systems auf Beschädigungen und Auffälligkeiten an Steckern und Kontakten
- Inbetriebnahme des Hochvolt-Systems mit abschließender Probefahrt einschließlich Überprüfung der e-tron spezifischen Funktionen

Der alle 2.000 km durchzuführende große Service sowie größere Reparaturen wurden beim Audi-Flottencenter in Ingolstadt durchgeführt. Die Fahrzeuge wurden hierfür durch Audi beim Servicepartner in Berlin abgeholt und anschließend wieder dort abgeliefert. Der Servicepartner übernahm den Transport zum Kunden. Zur Gewährleistung der Mobilität über den Zeitraum des Flottenversuchs wurden die fünf Referenzfahrzeuge Audi A1 auch als potentielle Ersatzfahrzeuge herangezogen.

Pendeln und Laden in Berlin
Abschlussbericht



Audi

Basierend auf den vorliegenden Rückmeldungen und Erfahrungen wurden Anfang 2014 die Wartungsintervalle der A1 e-tron Flotte beim kleinen Service von 1.000 km auf 2.000 km erhöht. Die Intervalle des großen Service wurden von 2.000 km auf 4.000 km erhöht.

Für die Projekterweiterung mit dem Audi A3 e-tron wurde in Hinblick auf das Servicekonzept zur Sicherstellung der Mobilität der Probanden die Erkenntnisse des ersten Flottenversuches berücksichtigt und auf den Umgang mit dem Audi A3 e-tron übertragen. Es wurde, wie bei der ersten Welle, ein individuelles sowie umfassendes Betreuungs- und Servicekonzept durch den Bereich „Service Technik Gesamtfahrzeug“ der AUDI AG konzipiert und in der Praxis umgesetzt. Die folgende Abbildung 10 zeigt vereinfacht die Abläufe des Betreuungs- und Servicekonzeptes für den A3 e-tron Flottenversuch und wird im Folgenden detailliert beschrieben.



Abbildung 10: Service- und Betreuungskonzept für den Audi A3 e-tron

Ein wesentlicher Bestandteil war wieder eine zentrale Anlauf- und Kontaktstelle (Hotline), bei der rund um die Uhr an sieben Tagen der Woche sowohl Kunden als auch Audi Servicepartner die Möglichkeit hatten sich zu melden. Bei z. B. technischen Fragen, aufgetretenen Fahrzeugbeanstandungen, etc. wurde somit eine Kundenbetreuung durch Mitarbeiter des Bereichs Service Technik Gesamtfahrzeug sichergestellt.

Die vorgebrachten Anliegen konnten in den meisten Fällen bereits beim ersten Kontakt geklärt und gelöst werden. In anderen Fällen wurde das Anliegen entgegengenommen und die betroffene Fachabteilung kontaktiert. Nach erfolgreicher Klärung des Anliegens innerhalb des Unternehmens wurde dem Kunden über die gewohnten Kontaktpersonen der Kundenbetreuung die Antwort/Lösung übermittelt.

Für eine schnelle Vor-Ort-Hilfe im Beanstandungsfall hatten die Fahrzeugnutzer/-kunden die Möglichkeit sich an einen örtlich verfügbaren und für Elektrofahrzeuge geschulten und zertifizierten Audi Service Partner zu wenden, das Audi Zentrum Charlottenburg. Bekannte Fahrzeugbeanstandungen konnten somit direkt vor Ort bearbeitet werden. Zur Mobilhaltung des



Audi

Kunden wurde ein Ersatzfahrzeug durch die AUDI AG bei dem Audi Service Partner bereitgestellt.

Bei neuen und unbekanntem Beanstandungen wurde eine Vor-Ort-Analyse und -Reparatur durch entsprechende Spezialisten (Technischer Außendienst) durchgeführt. Ein wesentlicher Bestandteil der Analysemöglichkeit war ein fest im Fahrzeug verbauter Datenlogger, mit dessen Hilfe umfangreiche Fahrzeugparameter und -zustände zum Zeitpunkt des Auftretens der Beanstandung nachvollzogen werden konnten. Die Erkenntnisse daraus wurden ins Unternehmen eingesteuert sowie Verbesserungen für zukünftige Projekte abgeleitet. Auf diese Weise konnten wichtige Erkenntnisse und Erfahrungen in Bezug auf Service- und Inspektionsumfänge gewonnen werden.

Für den Audi A3 e-tron wurden folgende Service- und Inspektionsumfänge definiert und im Rahmen des Flottenbetriebs umgesetzt:

- Durchführung von Ölservice alle 15.000 km
- Durchführung von Service/Inspektion alle 30.000 km oder alle zwei Jahre, inklusive Prüfung relevanter HV-Bauteile bzw. HV-Komponenten

Zusätzlich wurde der im Audi A3 e-tron installierte Datenlogger monatlich ausgelesen, um die ermittelten Fahrdaten zur Auswertung des Flottenprojektes zu sichern.

AP1.5 Kundenauswahl und Marktanalyse

Für die Kundenauswahl wurde zu Beginn eine umfassende Marktanalyse durchgeführt, mit deren Hilfe aussagekräftige und belastbare Kriterien für die eigentliche Kundenauswahl definiert werden konnten. Zusätzlich erfolgte die Auswahl anhand einer Milieuverteilung.

Zu den Basisanforderungen zählten u.a.:

- Fahrpraxis
 - Besitz eines gültigen Führerscheins und mindestens drei Jahre Fahrpraxis
- Geographische Anforderungen
 - Wohnort Quartier Potsdamer Platz oder unmittelbare Nachbarschaft mit Arbeitsplatz in Berlin
 - Wohnort Berlin mit Arbeitsplatz Quartier Potsdamer Platz oder unmittelbare Nachbarschaft
 - bei nichtvorhandener Lademöglichkeit am Arbeitsplatz/Wohnort wird ein durchschnittlicher täglicher Fahrweg von 30 bis 40 km empfohlen
 - ca. 80-90 % der Fahrzeit im Stadtgebiet, ca. 10-20 % außerhalb
- Weitere Anforderungen
 - Bereitschaft zur aktiven Teilnahme an der begleitenden Marktforschung während des gesamten Zeitraums des Flottenversuchs. Dazu gehören:
 - Online-Community mit Forum (nur für die erste Projektphase errichtet, Austausch mit Versuchsteilnehmern anderer Städte)
 - Online-Befragungen
 - persönliche Workshops und Einzelinterviews



Audi

- Akzeptanz von Restriktionen während des gesamten Zeitraums (z. B. Wartungsintervalle, Geschwindigkeitslimit, Nichtraucher)
- Interesse an E-Fahrzeugen, Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien
- Teilnahme an der ganztägigen Auftaktveranstaltung inklusive Fahrtraining und Programm

Für den Flottenversuch in Berlin waren zusätzliche Anforderungen hinsichtlich des Wohn- und Arbeitsorts notwendig, da die Probanden entweder vom Wohnort Quartier Potsdamer Platz zur Arbeit pendeln sollten oder aber vom Wohnort zum Arbeitsort am Quartier Potsdamer Platz.

Für den zweiten Flottenversuch mit den Audi A3 e-tron wurde auf erfahrene Probanden zurückgegriffen, welche bereits im Rahmen des ersten Flottenversuchs beteiligt waren. Dies ermöglichte die Nutzung der bereits privat zur Verfügung stehenden Ladeinfrastruktur.

Zur Abrundung des Gesamtbildes wurde ein Drittel der Probanden in Zusammenarbeit mit einer Agentur neu ausgewählt, den Anforderungen aus dem ersten Flottenversuch entsprechend. So sollten auch sie beispielsweise am Potsdamer Platz arbeiten oder wohnen und das Fahrzeug zum Pendeln einsetzen. Die Auswahl erfolgte analog der 1. Projektphase und es wurde dabei berücksichtigt, dass diese keine Erfahrung mit Elektromobilität haben und es sich um sog. Laternenparker handelt, sie also keine privaten, elektrifizierten Stellplatz haben. Für die AUDI AG war hierbei von besonderem Interesse, ob sich die „neuen“ Probanden ähnlich schnell an das elektrifizierte Fahrzeug gewöhnen, wie es im laufenden Projekt bei dem Audi A1 e-tron der Fall war. Dies ist wichtig zur Analyse des Lade- und Nutzungsverhaltens.

AP2 Projektdurchführung

AP2.1 Flottentest

Für die Übergabeveranstaltung der Audi A1 e-tron am 3. August 2013 wurde ein Konzept entworfen, das sich an den Vorgaben weiterer Schaufensterprojekte orientiert. Der Termin der Übergabeveranstaltung musste um einen Monat nach hinten verschoben werden, da zum ursprünglich geplanten Zeitpunkt (6. Juli 2013) die ausreichende Stromversorgung an den Tiefgaragenstellplätzen im Quartier Potsdamer Platz nicht gewährleistet werden konnte.

Neben den Präsentationen über Hintergrund und Zielsetzung des Projekts sowie über das Förderprogramm Schaufenster Elektromobilität erfolgte bei der Übergabeveranstaltung auch die theoretische und praktische Einweisung der Probanden in die A1 e-tron Fahrzeuge. Hierzu zählten u. a. Vorträge und Filme über die Technik und das Leistungsspektrum der Fahrzeuge sowie über die Anwendung der Smartphone-Applikation. Die Probanden wurden über das umfangreiche Betreuungs- und Servicekonzept informiert und erhielten zudem Informationen zu den Regelungen und Vorgaben, die mit den Nutzungsverträgen für die Dauer des Flottenversuchs verbunden waren.



Audi

Bei der praktischen Einweisung mussten sich die Probanden mit der Fahrtechnik der Flottenfahrzeuge vertraut machen. Dies erfolgte über einen Slalomparcours sowie gezielte Bremsmanöver. Abschließend wurden die Probanden an den ihnen zugewiesenen Stellplätzen am Quartier Potsdamer Platz in den Ladevorgang eingewiesen. Eindrücke von den Räumlichkeiten für die theoretische Einweisung sowie von den praktischen Fahrübungen und den Stellplätzen am Quartier am Potsdamer Platz können der nachfolgenden Abbildung 11 entnommen werden.



Abbildung 11: Eindrücke von der Übergabeveranstaltung am 3. August 2013

Eine große Mehrheit der Probanden hatten ihren Arbeitsplatz im Quartier Potsdamer Platz. Während der 1. Projektphase des Flottenversuchs sind zwei Probanden wegen einer Verlagerung des Arbeitsplatzes außerhalb des Quartiers Potsdamer Platz bzw. mit Verweis auf unternehmensregulatorische Vorgaben des Arbeitgebers aus dem Projekt ausgestiegen. Beide Probanden wurden durch Nachfolger ersetzt, die ab Februar 2014 als neue Teilnehmer am Flottenversuch teilgenommen haben.

Ende Juni 2014 wurde der aktive Teil des ersten Flottenprojekts abgeschlossen. Am 28. Juni fand im Audi Zentrum Berlin Charlottenburg eine Rückgabeveranstaltung statt, bei der die Probanden ihre Audi A1 e-tron Fahrzeuge abgeben konnten (vgl. Abbildung 12). Gleichzeitig wurde den Probanden und Gästen über verschiedene Präsentationen ein erster Einblick in die bis dahin bereits vorliegenden Auswertungsergebnisse gegeben. Parallel konnten Eindrücke und Erfahrungen aus der zurückliegenden Erprobungsphase ausgetauscht und diskutiert werden.



Audi



Abbildung 12: Eindrücke von der Rückgabeveranstaltung am 28. Juni 2014

Im Zuge der Projekterweiterung fand am 18. April 2015 im Audi Trainings Center am Flughafen München eine zentrale Übergabeveranstaltung statt, bei der den Probanden der Schaufensterprojekte Berlin (E-Berlin), Stuttgart (NEoS) und München (E-Plan) die Audi A3 e-tron gemeinsam übergeben wurden. Dabei waren der Staatssekretär Bomba sowie der Audi Entwicklungsvorstand anwesend. Die Teilnehmer wurden analog zur Übergabeveranstaltung aus dem Jahr 2013 über die Projektinhalte und Projektziele informiert, wobei der Fokus auf der theoretischen Einweisung in die Fahrzeuge, dem Betreuungs- und Servicekonzept sowie den Vorgaben lag, die mit den Nutzerverträgen für die Zeit des Flottenversuchs verbunden waren. Nach der theoretischen Einweisung folgte eine Einführung in die Nutzung der Smartphone-Applikation. Zusätzlich wurde den Probanden und Gästen bereits vorliegende Auswertungsergebnisse (Audi A1 e-tron) gezeigt. Abbildung 13 zeigt Eindrücke von der Übergabeveranstaltung.

Nach dem Start des Flottenversuchs mit den Audi A3 e-tron nutzten alle eingesetzten Fahrzeuge die gleichen Lademöglichkeiten in der Tiefgarage des Gebäudes A2 des Quartiers Potsdamer Platz in Berlin. Bei einigen Probanden kamen zusätzlich die bereits bei ihnen zuhause installierten Ladepunkte zum Einsatz. Die restlichen Probanden mussten ohne eine zugeordnete zweite Lademöglichkeit (Laternenparker, ggf. fester Stellplatz) die Elektromobilität im Ballungsraum umsetzen.

Aufgrund der Seriennähe der einzusetzenden Audi A3 e-tron war im Vergleich zu den Audi A1 e-tron (Prototypenstatus) ein deutlich geringerer (technischer) Aufwand zur Betreuung während des Flottenversuchs notwendig. Nach etwa 12 Monaten Fahrdauer wurden Mitte April 2016 die Fahrzeuge wieder in Berlin eingesammelt. Bei dieser Gelegenheit wur-



Audi

den die Probanden rückblickend über ihr Fahr- und Ladeverhalten informiert und abschließende Gespräche geführt.



Abbildung 13: Eindrücke von der Übergabeveranstaltung am 18. April 2015

AP2.2 Übertrag der Daten aus den beteiligten Fahrzeugen

Für die Analyse des Fahrverhaltens wurden die Daten aus den Datenloggern der Fahrzeuge ermittelt. Dies erfolgte im Rahmen der Serviceintervalle über das Auslesen aller im Fahrzeug-CAN vorhandenen Größen. Die Daten wurden anschließend an einen Server weitergeleitet und auf fahrzeugsystemische und inhaltliche Fehler kontrolliert. In Perioden von ein bis zwei Monaten erfolgte eine Auswerteroutine über die vorhandenen Daten. Auf Basis gezielter Fragestellungen wie z. B. Laufleistung, Bewegungsraum, Ladeverhalten, Verbrauchsdaten und Belastung von Komponenten (HV-Batterie, E-Motor) wurden die vorhandenen Daten klassifiziert und statistisch ausgewertet. Für jedes Fahrzeug wurde ein einzelnes Bewegungs- und Nutzungsprofil erstellt. Gleichzeitig erfolgte für die Projektleitung eine Flottenauswertung mit Analysen, die im folgenden Arbeitspaket detailliert dargestellt werden.

AP3 Projektauswertung

Projektphase Audi A1 e-tron { TC "Projektphase Audi A1 e-tron" \ 5 }

Auswertung der Fahrzeugdaten

Nachfolgend erfolgt die Auswertung der Fahrzeugdaten der einzelnen Audi A1 e-tron sowie über die eingesetzte Gesamtflotte (PU15 und PU25). Einen Überblick zu den fahrzeugbezogenen Auswertungen und Erfassungsphasen bietet die nachfolgende Abbildung 14. Eine zusätzliche Auswertung bezieht sich auf das Ladeverhalten der Probanden. Dieses wird am Ende des Kapitels ebenfalls beschrieben.

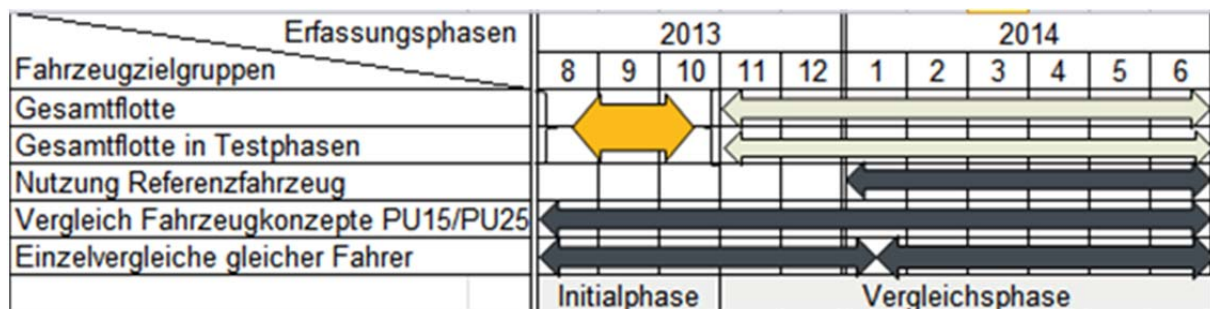


Abbildung 14: Fahrzeugzielgruppen und Erfassungsphasen Audi A1 e-tron

Gesamtflotte

Die Auswertung und Analyse der Fahrzeuge beginnt mit der Gesamtbetrachtung der Audi A1 e-tron Flottenfahrzeuge über den gesamten Projektzeitraum. Dabei kam es zu folgenden Fahrleistungen:

- Durchschnittliche Nutzung: 1,5 mal/Tag
- Gesamtleistung: ca. 146.000 km
- Laufleistung pro Fahrzeug: ca. 5.840 km
- Durchschnittsleistung: 17,7 km/Tag/Auto
- Durchschnittsgeschwindigkeit: 26,6 km/h
- Durchschnittsfahrdauer: 0,68 h/Tag/Auto

Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Probandenauswahl den Personenverkehr auch hinsichtlich der Nutzungshäufigkeit individueller Kraftfahrzeuge in Deutschland treffend widerspiegelt. Die durchschnittliche tägliche Pendelstrecke in Deutschland beträgt etwa 16 km und weicht nur 10 % von der mittleren täglichen Fahrleistung der Flotte ab. Der Fahrstreckenkalender in Abbildung 15 zeigt die Übersicht der täglich zurückgelegten Flottenlaufleistung und der Gesamtleistung, Abbildung 16 die Streckenanteile der Einzelfahrten.

Etwa 5 % der zurückgelegten Strecken wiesen eine Länge von 20-50 km auf, nur 0,2 % der Streckenanteile waren länger als 50 km. Das lässt den Schluss zu, dass in Großstädten eine elektrische Reichweite von 50 km meistens ausreichend ist.

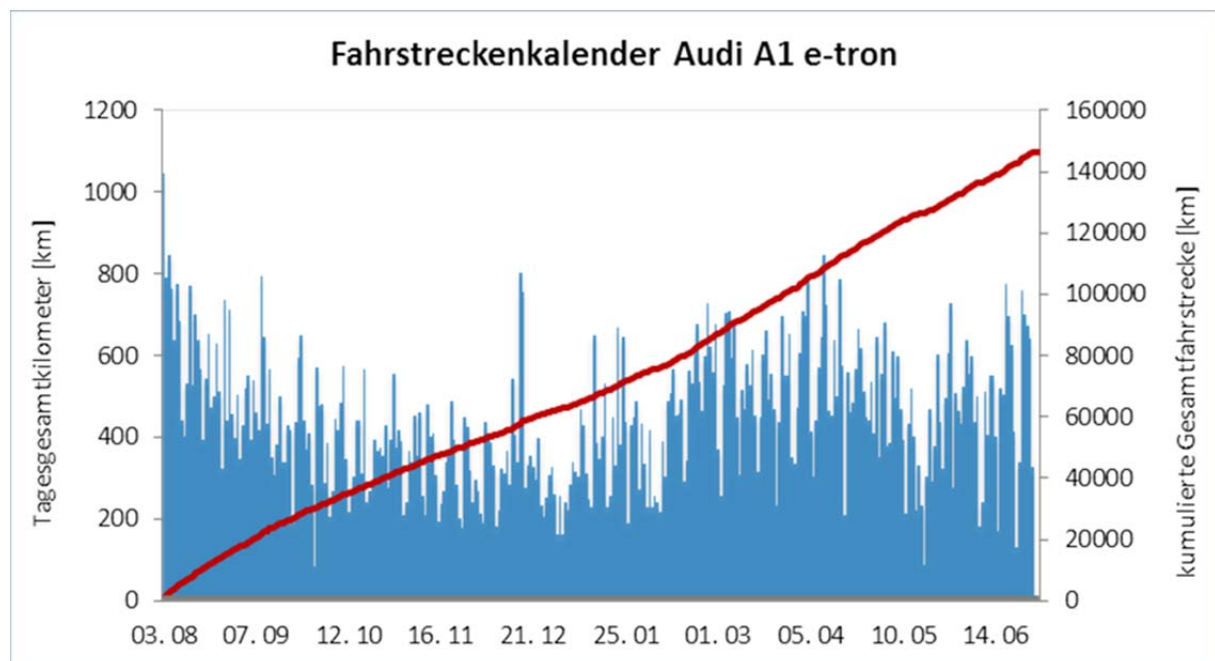


Abbildung 15: Laufleistung der Testflotte in Berlin nach Tages- und Gesamtstrecken

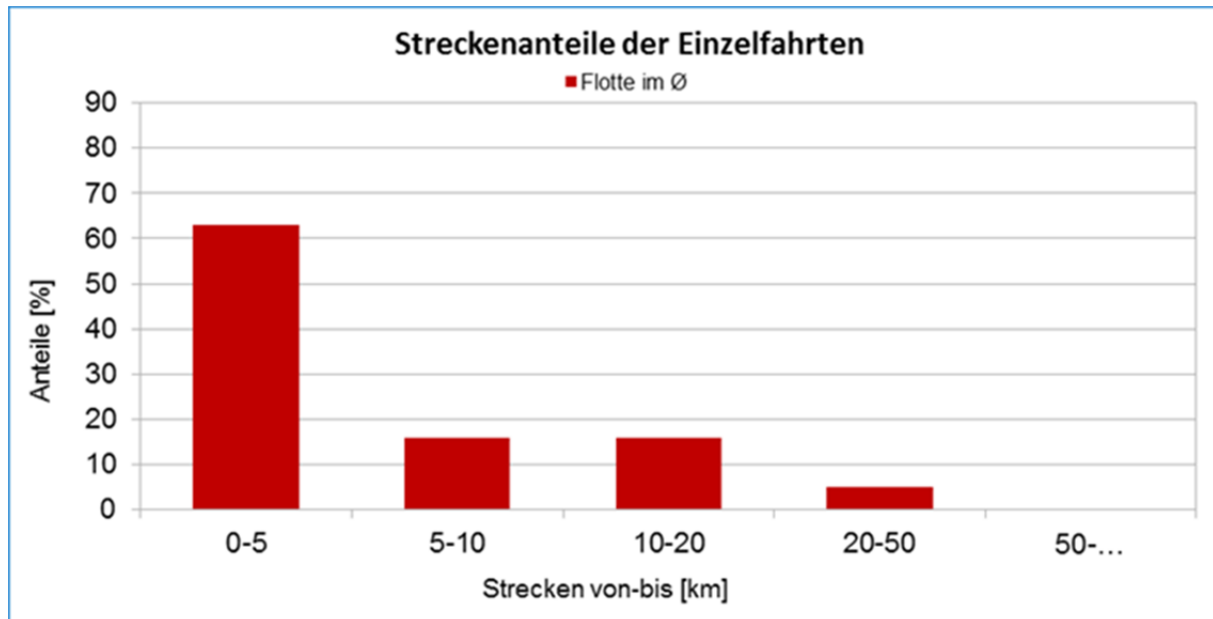


Abbildung 16: Streckenanteile der Einzelfahrten

Die Geschwindigkeiten, mit denen die Probanden die Fahrzeuge auf den Strecken gefahren sind, zeigt Abbildung 17. Der Großteil der Fahrten wurde dabei mit Geschwindigkeiten unter 50 km/h zurückgelegt. Ein geringerer Anteil weist auf Nutzungen außerhalb mit Geschwindigkeiten über 60 km/h hin. Dabei war der RE knapp 8 % der Fahrzeuglaufzeit in Betrieb (vgl. Abbildung 18).

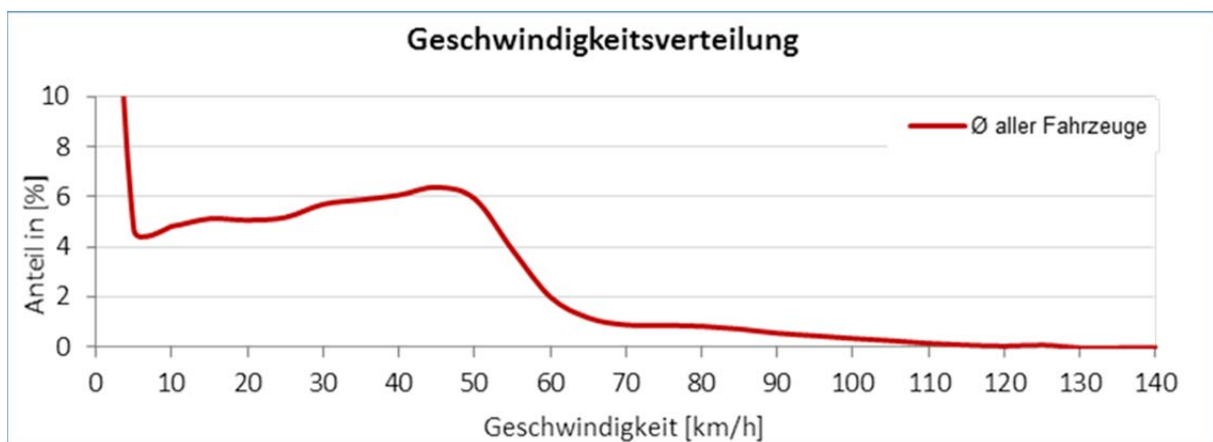


Abbildung 17: Geschwindigkeiten der Flotte

Durch die Rekuperation konnten im Schnitt 1,6 kWh/100 km an Energie zurückgewonnen werden.

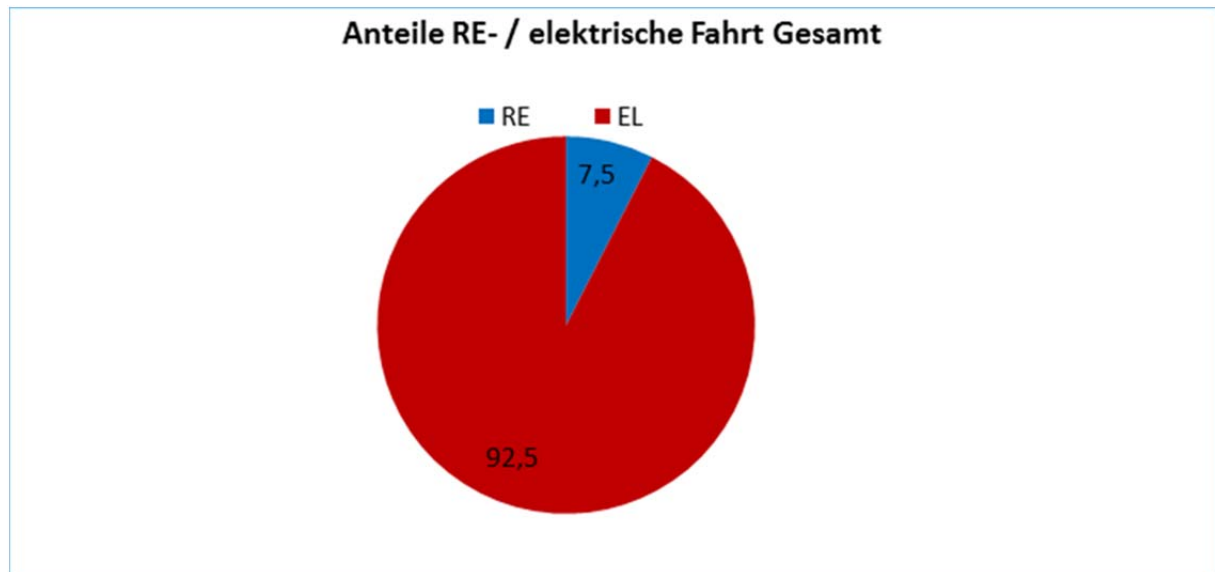


Abbildung 18: Anteile an der Gesamtfahrzeit Audi A1 e-tron

Gesamtflotte in Testphasen

Eine weitere Auswertung der Gesamtflotte bezieht sich auf einzelne Testphasen. Hierbei wurde analysiert, ob sich das Fahrverhalten der Probanden durch das Fahren von E-Fahrzeugen im Laufe der Zeit verändert hat, und welche Rolle Außeneinwirkungen hierbei einnehmen. Dazu wurde die erste Projektphase im Testzeitraum von August 2013 bis Juni 2014 in zwei Testphasen eingeteilt:

- Initialphase: August bis Oktober 2013 (Gewöhnung der Probanden an die Fahrzeuge)
- Vergleichsphase: November 2013 bis Juni 2014 (Testende)

Die Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte, d. h. klassische Pendlerfahrten, sind Ausgangspunkt der Untersuchung. Den Probanden war der Nutzungsumfang der Fahrzeuge freigestellt. Sie waren nicht verpflichtet, bestimmte Strecken mit dem Fahrzeug zurückzulegen.

Es ergaben sich während der Testphase ausgedehntere Streckenumfänge, als bei der Probandenauswahl erwartet wurde. Abbildung 19 zeigt die lila eingezeichneten Pendlerstrecken, rosa die übrigen Fahrten.

Die durchschnittliche Fahrstrecke pro Monat während der Vergleichsphase war im Vergleich zur Initialphase um 7 % geringer. Dieser Rückgang fand während der Wintermonate statt, in denen offenbar einige der Probanden auch andere Verkehrsmittel genutzt haben.

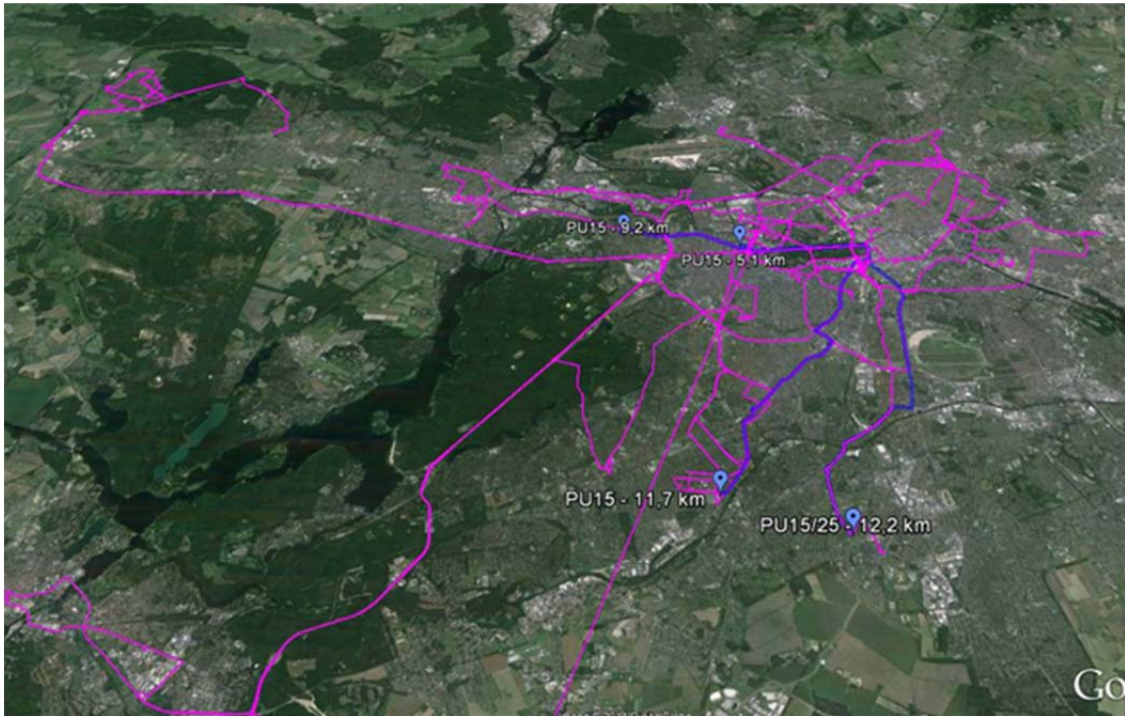


Abbildung 19: Beispiel für den Aktionsradius ausgewählter Probandenfahrten

Die Fahrstreckenverteilung stellt ein deutliches Kurzstreckenprofil dar. Wie sich der nachfolgenden Abbildung 20 entnehmen lässt, liegt der größte Teil der zurückgelegten Strecken mit dem Audi A1 e-tron sowohl in der Initialphase als auch in der Vergleichsphase im Bereich von Streckenlängen unter 5 km.

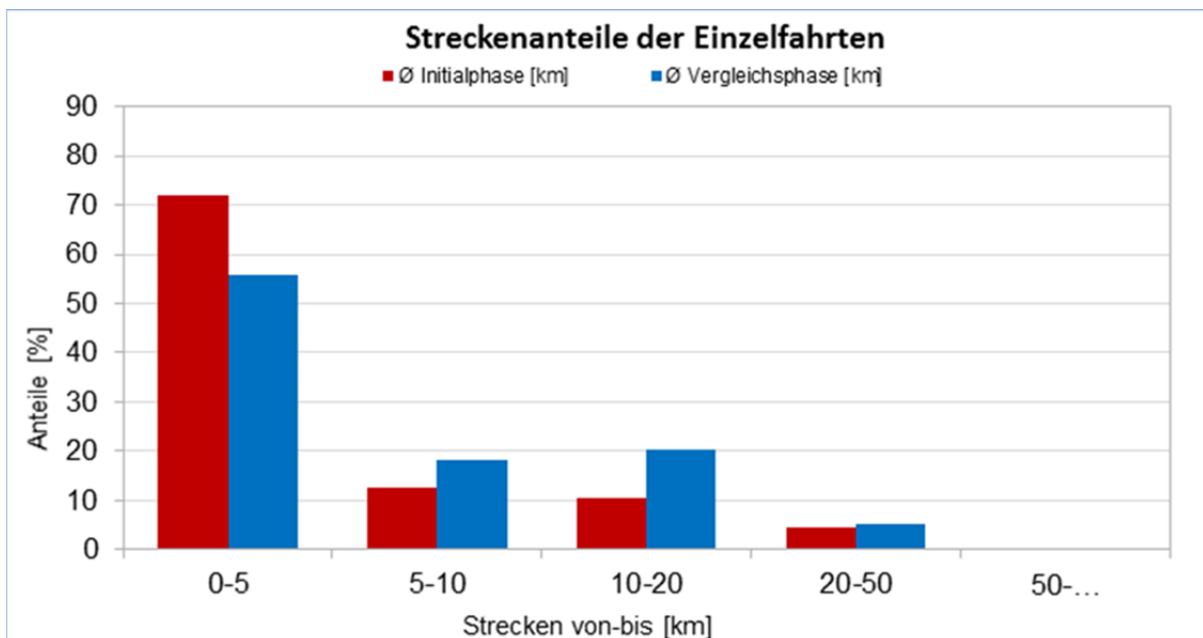


Abbildung 20: Anteile der Streckenlänge im Gesamtbetrieb



Audi

Abbildung 20 zeigt eine Verlagerung der Strecken von der Initialphase der ersten Monate von den Kurzstrecken < 5 km hin zu längeren Strecken während der Vergleichsphase. Etwa 2 % der Einzelfahrten waren länger als 50 km und somit konnten theoretisch rein elektrisch der Großteil aller Fahrten lokal emissionsfrei zurückgelegt werden. In der Betrachtung der Streckenanteile rein elektrischer Einzelfahrten (ca. 92 %) wird die Bedeutung der Kurzstrecke im Projekt in Abbildung 20 auch für diesen Einsatzfall deutlich.

Hinsichtlich des Energiebedarfs aus dem Stromnetz von der Initial- zur Vergleichsphase zeigt sich eine Zunahme, obwohl eine Verringerung des Energieverbrauchs durch einen Gewöhnungseffekt der Probanden an die Fahrzeuge erwartet wurde. Demnach ist auch der Energiebeitrag aus dem RE um 26 % gesunken und spricht für eine eher vorausschauende Fahrweise der Probanden und damit größere Fahranteile mit Energie aus dem Stromnetz. Wenige manuelle Zuschaltungen mit den entsprechenden Folgen hinsichtlich der Laufzeiten in den unterschiedlichen Lastpunkten sind ein weiterer Grund für den Rückgang der bezogenen Energie.

Der insgesamt gestiegene Energiebedarf während der Vergleichsphase kann der Veränderung der Umweltbedingungen mit dem Verlauf der Jahreszeiten zugeschrieben werden. So ist die Umgebungstemperatur in dieser Phase von durchschnittlich 18,8° C auf etwa 9,6° C und die durchschnittliche Geschwindigkeit von 28 km/h auf 25 km/h gesunken. Das lässt im Winter auf längere Fahrzeiten und einen vermehrten Einsatz von Nebenverbrauchern wie Heizung und Beleuchtung durch die niedrigeren Temperaturen und die früher eintretende Dunkelheit schließen. In der Online-Community wurde dieser Punkt von den Probanden ebenfalls thematisiert.

Das fahrdynamische Verhalten kann durch die Messung der Längsbeschleunigung beurteilt werden. Die Längsbeschleunigung beinhaltet dabei die Beschleunigung und jene Verzögerung, die durch eine Rekuperation mit unterschiedlicher Intensität, Segeln oder über die herkömmliche Betriebsbremse Zustände kommt.

Die Fahrdynamik der Flottenfahrer ist im Testverlauf nahezu identisch geblieben. Im positiven Beschleunigungsbereich zeigt sich mit über 60 % der größte Anteil an der Verweilzeit bei einer Längsbeschleunigung von etwa 0,5 m/s², der dann jedoch steil abnimmt, um bei ca. 1,5 m/s² stark abzufachen. Aus der Perspektive des Fahrstils lässt das auf meist moderate und eher fließende Fahrweise schließen. Die Beschleunigungen unterscheiden sich zwischen Initial- und Vergleichsphase kaum. Es wäre zumindest in der Initialphase während des Kennenlernens des Fahrzeugs und der Einstellmöglichkeiten der Rekuperation mit größeren Anteilen stärkerer Verzögerung zu rechnen gewesen, zusätzlich zur, in dieser Phase gegebenenfalls noch stärkeren, Nutzung der Betriebsbremse über das Fuß-Pedal. Entgegen der Erwartungen wurde offenbar von den Probanden von Beginn an eine ausgeglichene Fahrweise bevorzugt, bei der Bremsmanöver vermieden werden und der Einsatz der Rekuperationsstufen sehr gleichmäßig erfolgt bzw. gesegelt wird. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die rasche Adaption der Probanden an das neue Fahrzeug.

Die Fahrzeuge im Test sind mit REs in zwei Leistungsklassen ausgestattet. Die Auswertung des RE-Einsatzes erfolgt über die Laufzeiten in den verschiedenen Lastpunkten und über



Audi

deren Anteile an der Gesamtlaufzeit des Fahrzeugs. Der Betrieb in den jeweiligen Lastpunkten ist wesentlich für den Benzinverbrauch des RE. Weiterhin gibt es in der Betriebsstrategie des Fahrzeugs auch die Möglichkeit der manuellen Zuschaltung des RE über den Getriebewählhebel (Stellung „S“). Inwieweit die Testflottenfahrer davon während der Initial- und Vergleichsphase Gebrauch gemacht haben und bei welchen Ladezuständen der Batterie dies erfolgte, zeigt Abbildung 21 mit den RE-Starts eines durchschnittlichen Fahrers pro Monat.

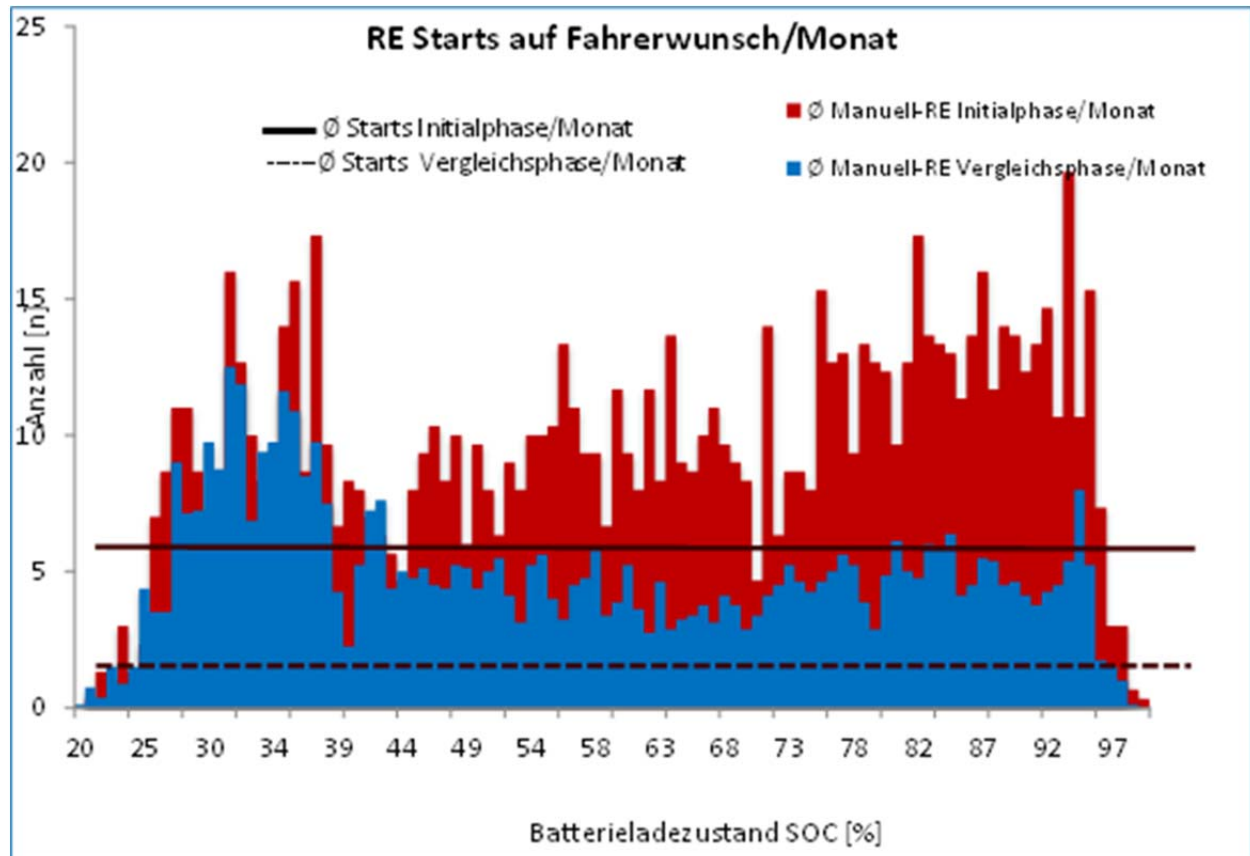


Abbildung 21: Entwicklung RE-Starts nach Fahrerwunsch pro Monat über SOC

Während der Initialphase gab es selbst bei einem hohen Batterieladezustand (SOC) von über 95 % tendenziell mehr manuelle Zuschaltungen des RE als bei niedrigem Batterieladezustand mit einem Wert unter 40 %. Im weiteren Testverlauf sind die aktiven Zuschaltungen bei einem SOC über 40 % stark zurückgegangen, wie anhand der Vergleichsphase zu sehen ist. Auch ist in dieser Phase die Häufigkeit der Zuschaltungen anders verteilt und entspricht der Erwartung, dass im Bereich unter 40 % SOC aus Reichweitenangst häufiger manuell zugeschaltet wird als bei einem höheren Batterieladezustand. Insgesamt hat sich demnach die Reichweitenangst der Probanden im Testverlauf reduziert.

Beim Audi A1 e-tron kann der Fahrer manuell mehrere Stufen der Intensität der Rekuperation auswählen. Über die jeweiligen Verweilzeiten im Rekuperationsmodus wurde die jeweils rekuperierte Leistung aus der E-Maschine gemessen und die erzeugte Energie erfasst. Abbildung 22 zeigt die Verweilzeiten aller Flottenfahrzeuge in den Rekuperationsstufen während der Testphasen.

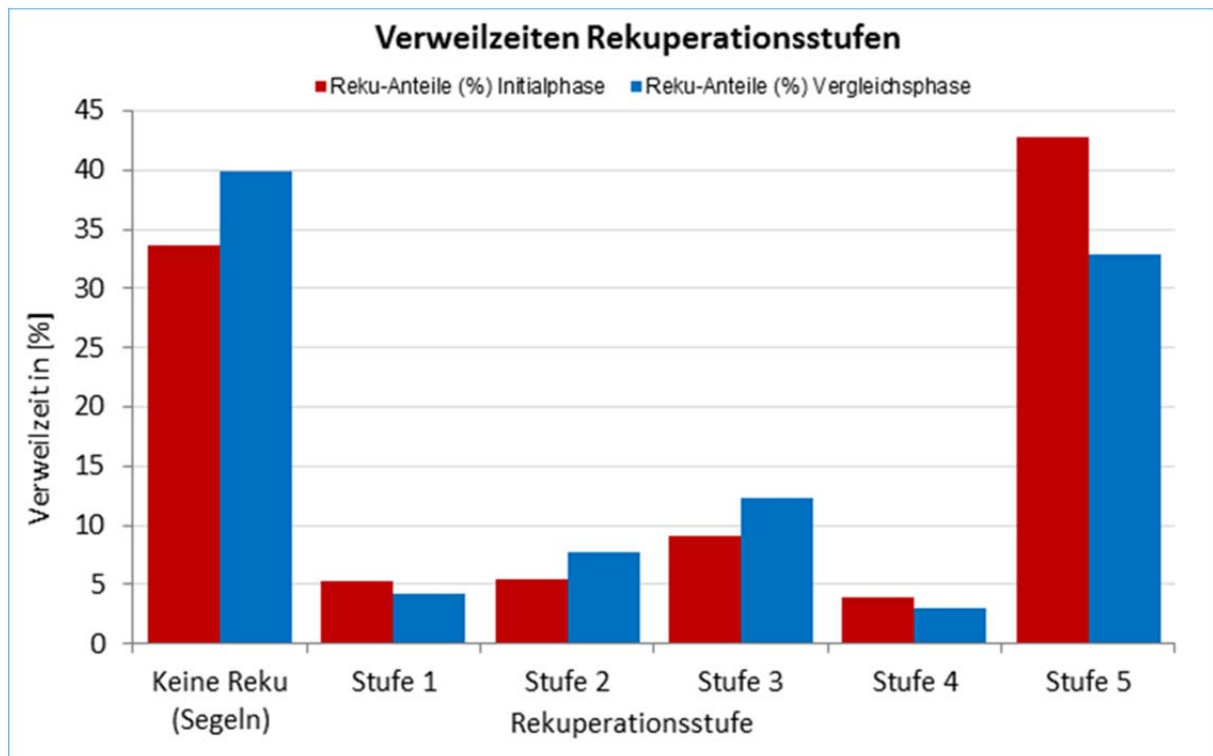


Abbildung 22: Verweilzeiten in den Rekuperationsstufen

Aus der Verteilung der Verweilzeit in den jeweiligen Rekuperationsstufen einschließlich des Status „Segeln“ wird ersichtlich, dass die Probanden meistens entweder keine oder die maximale Rekuperationsstufen wählen. Das wurde bereits in den Technikgesprächen von den Probanden bestätigt. Die durchschnittlich rekuperierte Energie ist während des Testzeitraums um etwa 30 % gesunken. Generell geht die Rekuperation zugunsten einer vorausschauenderen Fahrweise zurück.

Insgesamt wurden im Vorfeld größere Unterschiede zwischen den beiden Fahrphasen erwartet. Die Ergebnisse lassen den Rückschluss zu, dass die Adaption an das E-Fahrzeug schneller als erwartet stattgefunden hat.

Nutzungsunterschied Referenzfahrzeug

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Unterschiede im Fahrverhalten einiger Probanden beim Wechsel von einem Audi A1 e-tron auf ein Referenzfahrzeug mit konventionellem Benzinantrieb untersucht. Es wurde mit dem gleichen Datenlogger ausgestattet, den auch die Audi A1 e-tron-Versuchsfahrzeuge verbaut hatten. Dabei wurden u. a. Fahrstrecken, Fahrdynamik und Fahrgeschwindigkeit in den Zeiträumen der Ersatzfahrzeugnutzung betrachtet und den Werten der Audi A1 e-tron gegenübergestellt. Tabelle 1 zeigt die Laufleistungen des Referenzfahrzeugs.

Nutzungstabelle des Referenzfahrzeugs als Ersatzfahrzeug (Audi A1 1,4TFSI)		
Ersetztes Fahrzeug	Laufleistung [km]	Laufleistung/Tag [km]
PU15-1	21	5,3
PU15-2	348	49,7
PU25-1	553	69,1
PU25-2	782	86,9
PU25-3	120	17,1
PU25-4	118	7,4
SUMME	1942	38,1

Tabelle 1: Nutzungsübersicht des Referenzfahrzeugs als Ersatzfahrzeug

Das Referenzfahrzeug wurde als Ersatzfahrzeug von sechs verschiedenen Probanden durchschnittlich 38,1 km/Tag und insgesamt 1.942 km genutzt. Die Unterschiede in der Verteilung der Streckenbereiche gegenüber den ersetzten Audi A1 e-tron zeigt Abbildung 23.

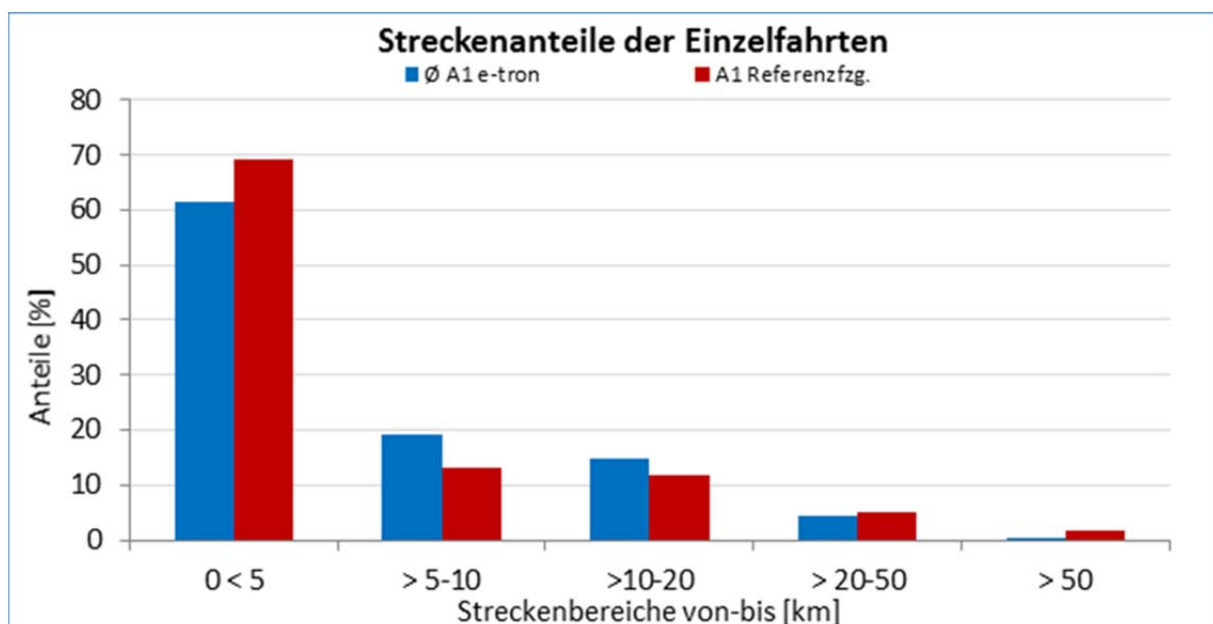


Abbildung 23: Streckenanteile Referenzfahrzeug und ersetzte A1 e-tron

Im Vergleich der Nutzung von elektrifizierten und konventionellen Fahrzeugen zeigen sich hinsichtlich der Streckenanteile der Einzelfahrten kaum Unterschiede. Allerdings wurden offensichtlich Strecken über 50 km gezielt mit dem Referenzauto zurückgelegt. Bei der Betrachtung der täglichen Fahrstrecken stehen einige Tagesfahrleistungen hervor. So wurden an insgesamt sieben Tagen von drei verschiedenen Nutzern der Referenzfahrzeuge Laufleistungen von 78 km bis zu 317 km absolviert. Abbildung 24 zeigt die Dauer der Referenzfahrzeugnutzung zuzüglich einer Woche Vor- und Nachlauf. Die Nutzungszeiten des Referenzfahrzeugs waren aufgrund der Vergleichbarkeit immer gleich lang.



Audi

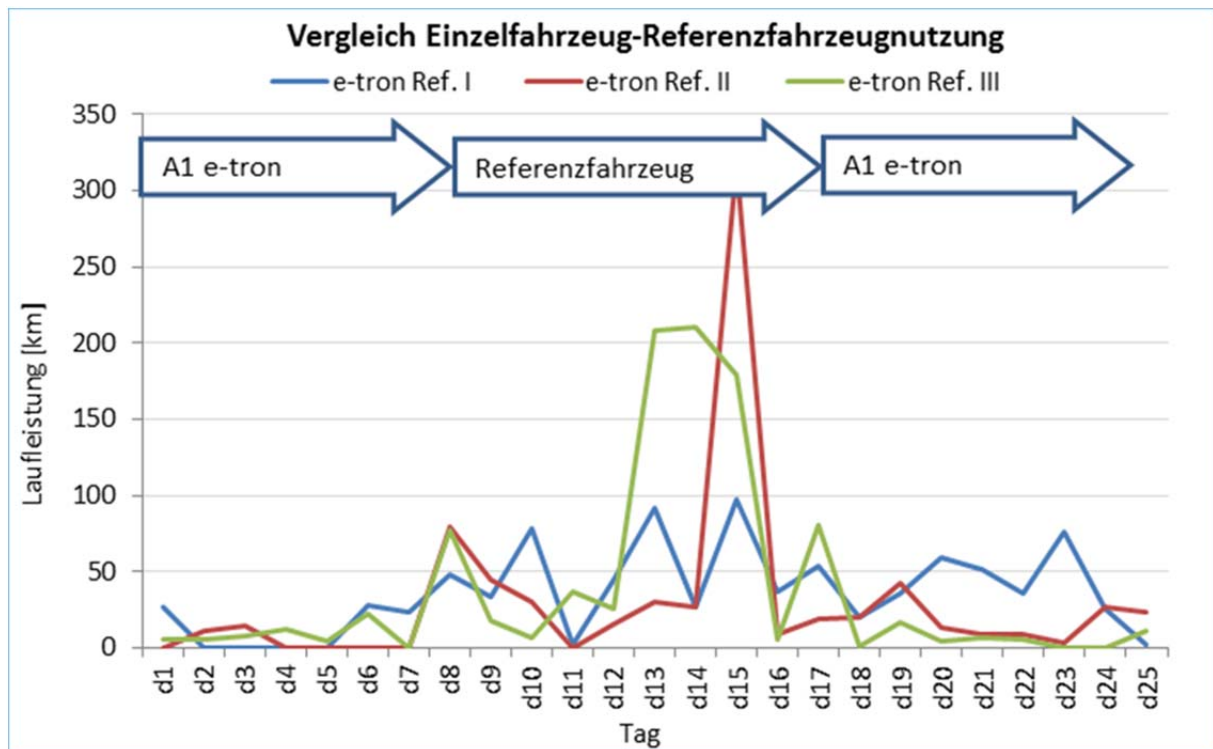


Abbildung 24: Vergleich Strecken Einzelfahrzeuge und Referenzfahrzeug

An den Tagen des Fahrzeugaustauschs (d8 und d17) sind bereits einige Laufleistungsspitzen zu erkennen. Diese zeigen die Anfahrt zum Tauschort mit dem Audi A1 e-tron und die Rückfahrt mit dem Referenzfahrzeug. Besonders deutlich sind die Spitzen dagegen bei e-tron Ref. III zu sehen. Die Fahrdynamik kann durch die Längsbeschleunigung in Abbildung 25 bewertet werden.

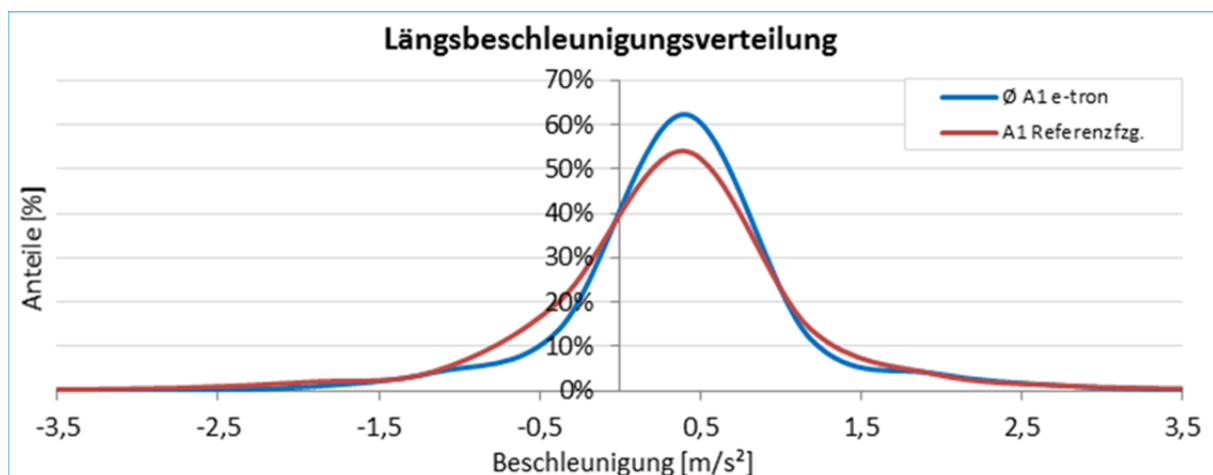


Abbildung 25: Längsbeschleunigung Referenzfahrzeug/E-Fahrzeuge

Hier ist zu erkennen, dass die E-Fahrzeuge häufiger im Bereich von 0,5 m/s² beschleunigen als das Referenzfahrzeug, welches häufiger stärkere Verzögerungen von 0-1 m/s² erfährt. Hier kommt der Unterschied des E-Fahrzeugs mit der Funktion der Abschaltung der Rekuperation (Segeln) zum Tragen. Wie bereits beschrieben, nutzen die Probanden hauptsächlich die höchste Rekuperationsstufe oder „Segeln“, was hier im Vergleich zum Referenzfahrzeug zu sehen ist. Offensichtlich sind die Probanden mit den E-Fahrzeugen vorausschauender unterwegs.



Audi

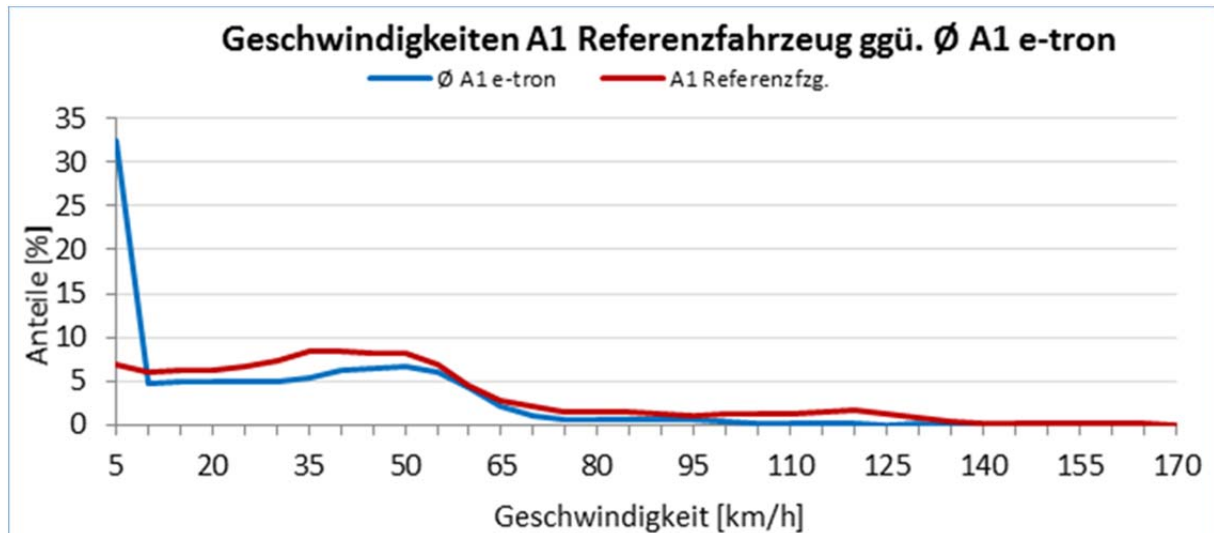


Abbildung 26: Geschwindigkeiten A1 Referenzfahrzeug gegenüber temporär ersetzten A1 e-tron

Die Gegenüberstellung der Geschwindigkeitsverläufe kann Abbildung 26 entnommen werden. Das Referenzfahrzeug wurde durchwegs schneller bewegt als die Elektrofahrzeuge, die allerdings bei 130 km/h abgeriegelt sind. Mit dem Referenzfahrzeug wurden Geschwindigkeiten von bis zu 170 km/h gefahren. Dabei handelt es sich zwar um Ausnahmen, doch man kann sehen, dass sich beim Umstieg zurück auf die gewohnte Antriebsart auch das Fahrverhalten, zumindest hinsichtlich der Geschwindigkeiten, wieder ändern kann.

Gegenüberstellung der Fahrzeugkonzepte (PU15/PU25)

Nachdem die Testflotte bisher insgesamt betrachtet wurde, soll nun eine Detailuntersuchung zu den unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten folgen. Die Fahrzeuge haben einen unterschiedlichen Konzeptstand (PU15 und PU25), der besonders die Leistung des RE Generator-Moduls betrifft. Weiterhin ergeben sich im Detail Unterschiede durch die Länge der Pendelstrecken. Die PU25 Fahrzeuge waren zufällig vermehrt bei Probanden mit durchschnittlich längeren Strecken im Einsatz.

Im Durchschnitt legten die PU25-Probanden am Tag 23,5 km pro Fahrzeug zurück, die PU15-Probanden dagegen 13,8 km je Fahrzeug. Damit sind die PU25 auf einer 70 % längeren Strecke unterwegs als die PU15. Das Verhältnis der Anteile an Streckenlängen ist ähnlich. Die PU25 tendieren zu längeren Streckenanteilen im Bereich über 10 km (vgl. Abbildung 27).

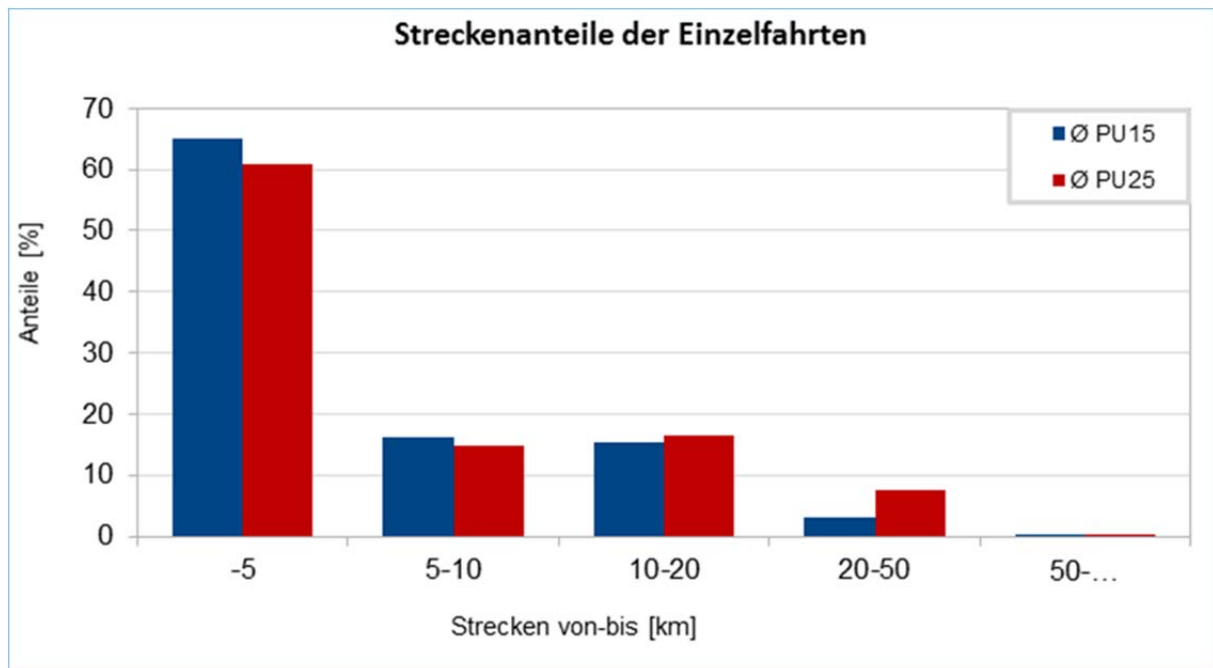


Abbildung 27: Streckenanteile der Einzelfahrten nach Fahrzeugkonzept

Insgesamt überwiegen bei beiden Fahrzeugvarianten die Kurzstreckenanteile von < 5 km. Weitere detaillierte Unterschiede zeigt Tabelle 2. Diese stellt zudem Initial- und Vergleichsphase gegenüber.

Gegenüberstellung Nutzungsdaten PU15/PU25

	PU15 (15 Fzge.)		PU25 (10 Fzge.)	
	Initialph.	Vergl.-ph.	Initialph.	Vergl.-ph.
Laufleistung Flotte Gesamt [km]	20937	47682	21323	56345
Anzahl Einzelfahrten [n]	2894	3229	2558	4255
Max. Strecke Einzelfahrt [km]	110	68	108	110
Max. el. gefahrene Strecke [km]	32	50	42	50
Ø Fahrdauer/Fahrzeug [h]	799,4	2020,5	689,3	2127,2
Ø Laufleistung/Fzg. [km]	1396	3179	2132	5635
Ø Geschwindigkeit/Fzg [km/h]	26,2	23,6	30,9	26,5
Ø gefahrene Strecke/Tag [km]	15,5	13,2	23,7	23,4

Tabelle 2: Nutzungsdaten PU15/PU25

Von besonderem Interesse ist bei Elektrofahrzeugen die elektrische Reichweite. Hier konnten die Probanden mit den PU15 einen Zuwachs von 56 % von der Initial- zur Vergleichsphase erreichen, bei den PU25 waren es 19 %. Nachdem die PU25-Fahrer längere Pendlerstrecken hatten (über 23 km/Tag), fuhren sie auch längere Strecken elektrisch (vgl. Abbildung 27). Die Reichweitenangabe von 50 km wurde in beiden Fällen in der Vergleichsphase erreicht.



Für die Fahrzeugmodelle sind in der nachfolgenden Tabelle 3 die wesentlichen Daten gegenübergestellt.

Auswertungen Energieverbrauch/Fahrzeug zu Versuchsbeginn/-ende					
		PU15		PU25	
		Initialph.	Vergl.-ph.	Initialph..	Vergl.-ph.
1	Ø Anzahl Starts RE [n/100km]	26,8	24,6	15,7	9,9
2	Ø Anteil RE/Gesamtnutzungszeit [%]	13,5	9,5	6,2	3,8

Tabelle 3: Auswertungen Energieverbrauch und RE im Vergleich

Wie bereits festgestellt sind der Anteil des RE und die Anzahl der Starts von der Initial- zur Vergleichsphase bei beiden Fahrzeugkonzepten zurückgegangen. Da der Energiegewinn ebenfalls zurückgegangen ist, kann der Unterschied bei der Anzahl der Starts und bei den Anteilen der Nutzungszeit nur von einer Verlagerung der Laufzeiten in den verschiedenen RE-Lastpunkten stammen, wie sie aus Abbildung 28 hervorgeht.

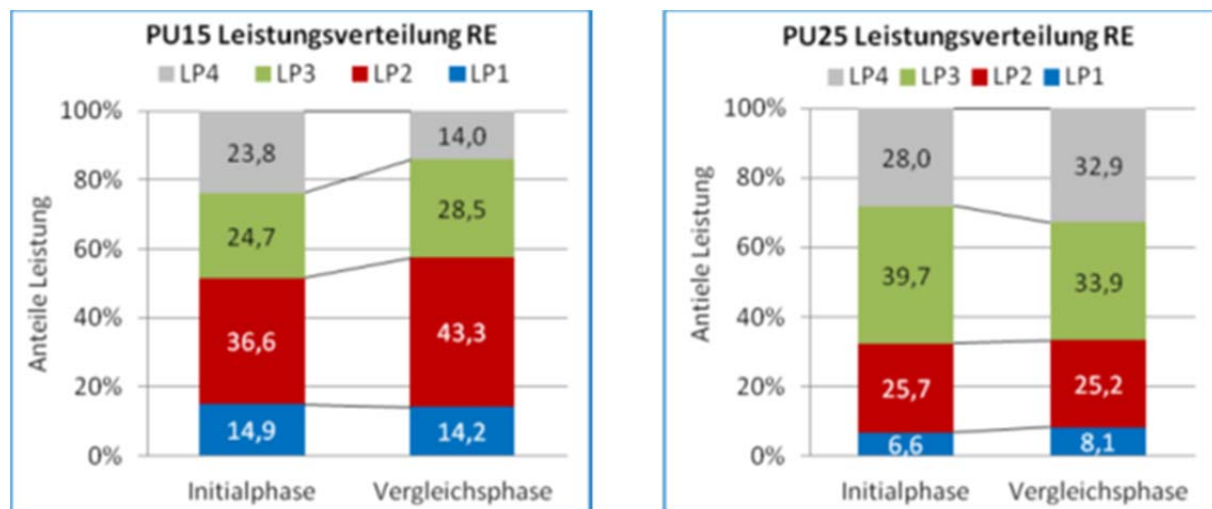


Abbildung 28: Lastpunktverschiebungen PU15/PU25

Man erkennt in Abbildung 28 die Verschiebungen beim PU15 von LP4 nach LP2 und LP3, wodurch sich bei ähnlicher Anzahl an Starts während der Phasen ein geringerer Verbrauch erklären lässt. Anders verhält es sich beim PU25, der eine andere Betriebsstrategie aufweist. Hier verlagern sich die Anteile des RE auf den LP1 und auf den LP4, wobei der LP4 mit dem 4-fachen Anteilswert des LP1 dominiert. So lässt sich die überproportional zurückgehende Anzahl an Starts ins Verhältnis zum Energierückgang bringen. Bei beiden Fahrzeugkonzepten sind die manuellen RE-Zuschaltungen zurückgegangen, die durchschnittlichen Geschwindigkeiten haben sich verringert. Wesentlich ist, dass die Reichweitenangst der Probanden abgenommen hat. Die Fahrzeuge sind für die Probanden berechenbarer geworden. Beim Vergleich der RE-Fahrzeugausführungen (PU15 bzw. PU25) ist auch von Interesse, ob die Probanden variantenabhängig öfter manuell zuschalten (vgl. Abbildung 29).



Audi

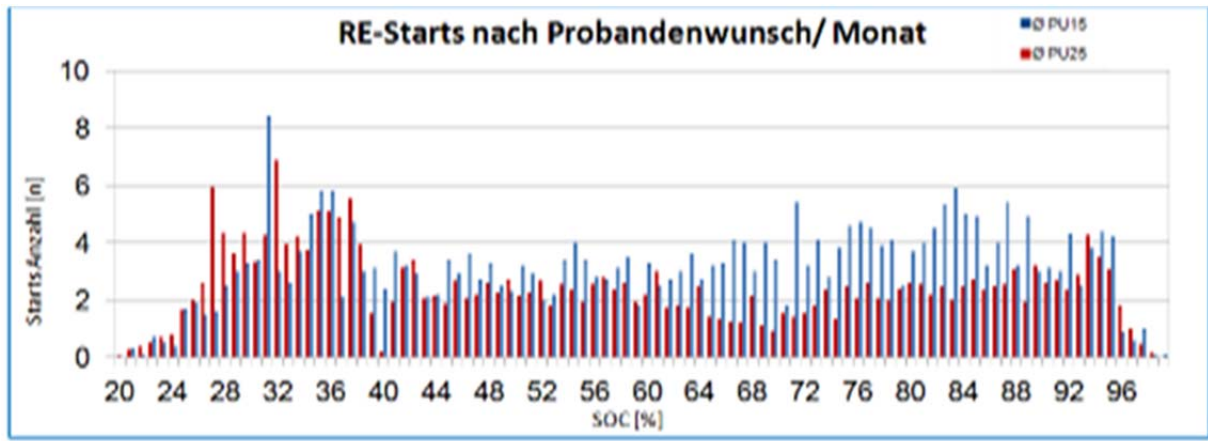


Abbildung 29: RE-Starts nach Probandenwunsch

Insgesamt wurde im Durchschnitt der RE öfter bei PU15 Fahrzeugen von Hand zugeschaltet als bei PU25 Fahrzeugen. In Abbildung 29 sind die häufigeren Zuschaltungen beim PU15 im Bereich über 40 % SOC zu sehen. Hintergrund für die manuellen Zuschaltungen bei höheren SOC ist das Aufsparen von Batterieladung für eine spätere Verfügbarkeit. So wird z. B. bei der Anfahrt zur Innenstadt der RE genutzt, um dann in der Innenstadt emissionsfrei zu fahren. Speziell die PU25 mit den längeren Pendlerstrecken zeigen den höheren Landstraßen- und BAB-Anteil, wo so eine Strategie aufgrund der Nutzung höherer Lastpunkte sinnvoll sein kann. Im Bereich eines SOC von unter 40 % ist der Verlauf bei beiden Konzepten ähnlich, hier spielt die Reichweitenangst der Probanden wieder eine Rolle.

Vergleich beider Fahrzeugkonzepte mit einem Fahrer

Bei einem Probanden wurde nach ungefähr der halben Testzeit das Fahrzeug von PU15 auf PU25 getauscht, um auftretende Unterschiede bei der Nutzung der Fahrzeugkonzepte in der Praxis auf gleichen Strecken und vom gleichen Fahrer herauszufinden.

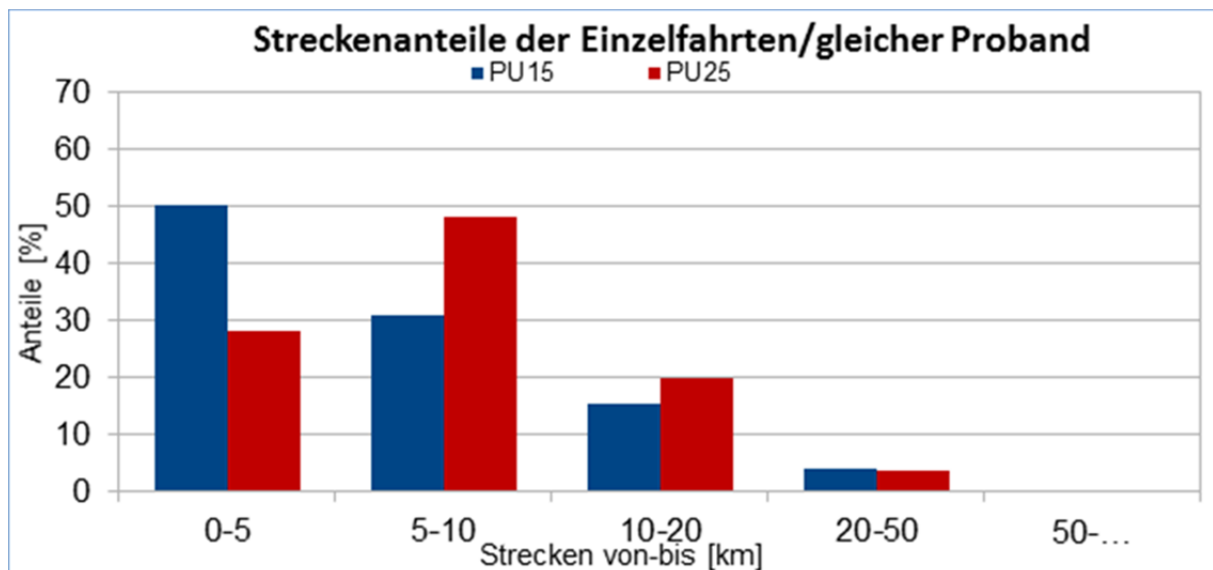


Abbildung 30: Streckenanteile der Einzelfahrten PU15 und PU25 bei gleichem Probanden

Abbildung 30 zeigt die Verteilung der Streckenanteile. Beim PU15 überwiegen die Kurzstrecken < 5 km, beim PU25 dagegen die Strecken 5-10 km sowie 10-20 km. Offensichtlich hat der Proband seine Fahrgewohnheiten geändert. Es ist zu erkennen, dass der Proband be-



Audi

reits seine Reichweitenangst abgebaut hat, da die manuellen RE-Zuschaltungen zurückgegangen sind.

Ladeverhalten

Jeder Proband hat einen Stellplatz mit Ladepunkt in der Tiefgarage am Quartier Potsdamer Platz und soweit möglich einen Ladepunkt an seinem privaten Stellplatz. Nachdem die durchschnittliche Fahrstrecke der Audi A1 e-tron 17,7 km/Tag betragen hat und dies nur etwas weniger als ein Drittel der elektrischen Reichweite der Fahrzeuge beträgt, kann davon ausgegangen werden, dass die Ladevorgänge nicht immer im niedrigsten Batterieladezustand (SOC) gestartet wurden.

	Initialphase	Vergleichsphase
Ø Ladestart bei SOC [%]	50,9	53,7

Tabelle 4: Ø SOC bei Ladestart

Der Rest-Ladezustand der Batterie beim Ladestart war in der Vergleichsphase um nur ca. drei Prozent höher als in der Initialphase (vgl. Tabelle 4). Dies war aufgrund des gestiegenen Verbrauchs nicht zu erwarten. Demnach haben die Probanden die Fahrzeuge konsequenter an die Ladepunkte angeschlossen, um gerade im Winter auf unvorhergesehene Umstände vorbereitet zu sein. Dies hat sich schon bei den Diskussionen im Online-Forum abgezeichnet.

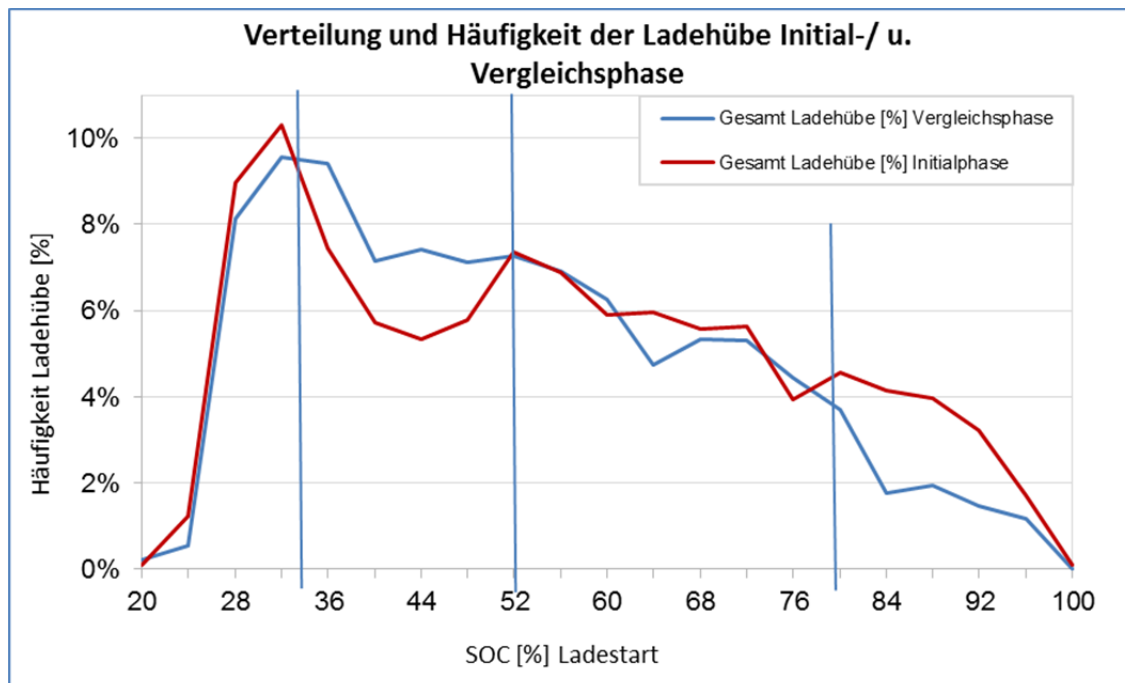


Abbildung 31: Häufigkeit der Ladehöhe in den Projektphasen

Nachdem die Batteriekapazität zum Start der Ladevorgänge durchschnittlich noch über 50 % lag, wäre ein Ladevorgang in den meisten Fällen noch nicht erforderlich gewesen. Theoretisch wären die Rückfahrten von einem Fahrtziel zu 84 % auch ohne Zwischenladung zu bewältigen gewesen. Das Verhältnis des Batterieladezustands bei Ladestart zur Häufigkeitsver-



Audi

teilung der Ladehöhe wird noch einmal detaillierter in der nachfolgenden Abbildung 31 dargestellt.

Die Abbildung zeigt, dass die Batterie nahezu nie bei ihrem Minimum von 20 % SOC angekommen ist, da sich beim Erreichen des Batterieminimums während der Fahrt der RE zuschaltet. Auffallend ist auch eine geringere Häufigkeit der Ladungen während der Initialphase im Bereich zwischen etwa 33 % und ungefähr 52 % SOC. Hier ist eine Ähnlichkeit zur betriebsbezogenen Zuschaltung des RE zu erkennen, die etwas höher lag als in der Vergleichsphase und damit für einen geringeren Bedarf des Ladens gesorgt hat.

Auch im Bereich über 80 % SOC ist ein Unterschied auszumachen. Hier wurden die Fahrzeuge häufiger während der Initialphase angesteckt. Dies ist der Fall, wenn nach einer Vollladung z. B. über Nacht nur kurz gefahren und dann gleich wieder geladen wird, wie das auch der Anwendungsfall Pendeln und Laden vermuten lässt. Wenn die Fahrtstrecke zum Arbeitsplatz kurz ist und das Fahrzeug dort wieder angesteckt wird, spricht das für eine hohe Ladedisziplin durch Nutzung jeder sich bietenden Möglichkeit der Nachladung. Während der Vergleichsphase war anscheinend das Vertrauen der Probanden in das Fahrzeug und dessen Reichweite gestiegen und das Erfordernis des Ladens konnte besser beurteilt werden. Daher steigt der Anteil der Ladehöhe bei niedrigen SOC an, wogegen er bei hohen SOC sinkt. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Probanden an die Fahrzeuge gewöhnt haben und „mutiger“ hinsichtlich der Ladehäufigkeit geworden sind.

Zur Erfassung der Ladezeiten wurde per Datenlogger ein Ladekalender mitgeschrieben. Dieser zeigt, zu welcher Uhrzeit die Probanden die Fahrzeuge am häufigsten an einen Ladepunkt angesteckt hatte. Abbildung 32 zeigt die Uhrzeiten der Ladestarts.

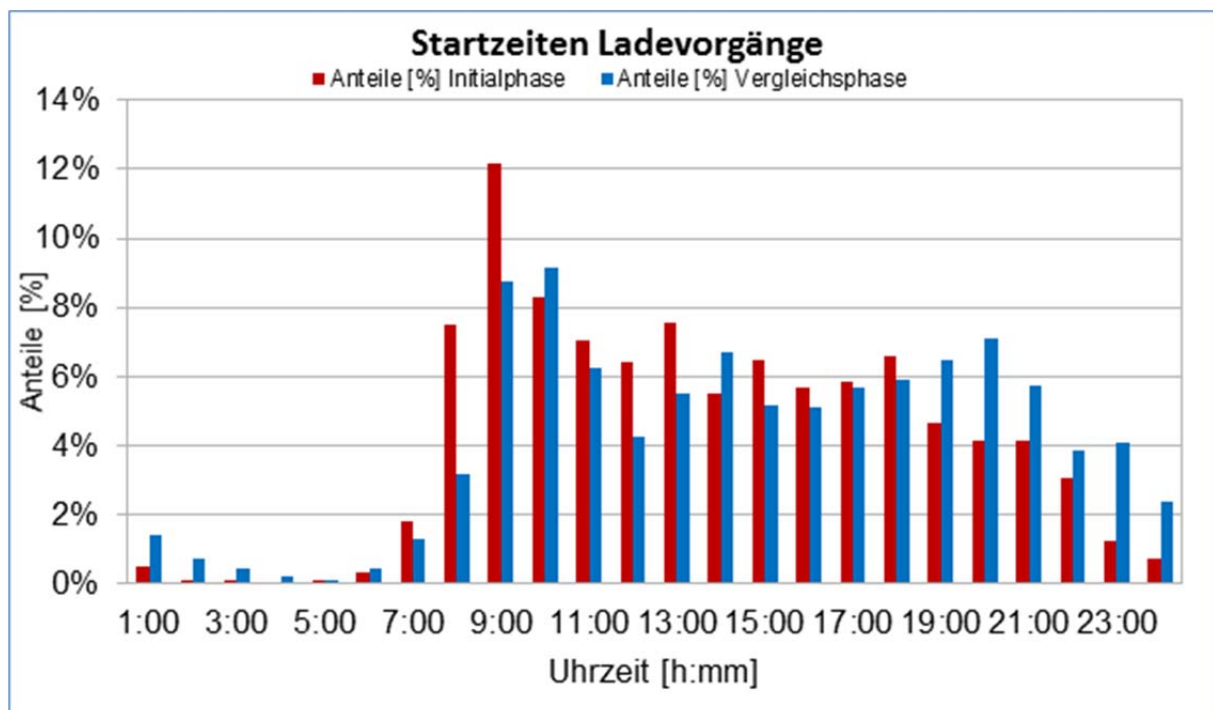


Abbildung 32: Startzeiten der Ladevorgänge

Vor allem in der Initialphase lassen die Häufungen bei 8:00 und 9:00 Uhr darauf schließen, dass die Probanden nach der Fahrt zur Arbeit (im Quartier Potsdamer Platz) die Lademöglichkeiten und Laden in Berlin

Abschlussbericht



Audi

lichkeit genutzt haben. Nach der Gewöhnung, die in der Vergleichsphase betrachtet wurde, haben die Häufigkeiten der Ladungen zu diesen typischen Bürozeiten nachgelassen. Dies deckt sich mit der Theorie, dass bei den vorhandenen Rest-Ladeständen von durchschnittlich über 50 % die Probanden mit zunehmender Erfahrung zu der Erkenntnis gelangt sind, dass die Ladung am Abend für die Rückfahrt nach Hause noch ausreichend sein wird, und sie damit auch nicht an Parkmöglichkeiten mit Ladesäulen gebunden sind. Ab 19:00 Uhr steigen die Ladeverbindungen im Vergleich zur Initialphase stark an.

Seitens des Projektpartners RWE konnte das Ladeverhalten an RWE-eigenen Ladepunkten (ohne Ladevorgänge auf den privaten Stellplätzen) analysiert werden.

Tabelle 5 zeigt das Ladeverhalten und die Ladegrößen. In der Tabelle ist zu sehen, dass die Probanden nicht nur an der bereitgestellten Ladeinfrastruktur im Quartier Potsdamer Platz geladen haben, sondern bei mehr als 20 % der Ladevorgänge auch öffentliche Lademöglichkeiten genutzt haben. Die durchschnittlich dabei geladene Energiemenge entspricht etwa 50 % der Batteriekapazität. Die Fahrzeuge waren allerdings länger als benötigt zum Laden angesteckt. Bei 3,3 kW Ladeleistung sind dies 1,7 Stunden, bei 7,2 kW Ladeleistung weniger als eine Stunde. Es wird also nur maximal ein Sechstel der angesteckten Zeit tatsächlich für den Ladevorgang benötigt.

Übersicht Ladevorgänge bei RWE semiöffentlich und öffentlich	
Gesamtanzahl Ladevorgänge [n]	2156
Anzahl Ladevorgänge im Quartier Potsdamer Platz [n]	1687
Ladevorgänge an anderen öffentlichen Ladepunkten von RWE [n]	469
Gesamtmenge geladene Energie [kWh]	12325
Gesamte Verbindungsdauer Fzg.-Ladepunkt [h]	22906
Ø Verbindungsdauer Fzg.-Ladesäule [h]	10:37
Ø Lademenge [kWh]	5,7

Tabelle 5: Übersicht Ladevorgänge bei RWE-Ladepunkten

Kundenmeinung und Analyse des Kundenverhaltens

Zur Erfassung der Kundenmeinung fanden im Rahmen des Projekts zwei Technikgespräche mit den Probanden statt, sowie sieben Workshops. Zudem wurden ethnographische Interviews und fünf Befragungswellen (B1 Projektstart bis B5 Projektende) mit den Probanden durchgeführt. Erste Erkenntnisse aus diesen Befragungen und Gesprächen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Generell lässt sich eine große Akzeptanz des Audi A1 e-tron bei den Probanden feststellen.
- Die Probanden sind zudem positiv überrascht von der hohen Resonanz der Umgebung auf die Fahrzeuge und den Flottenversuch.
- Der RE bietet aus Sicht der Probanden Sicherheit, jedoch wird die akustische Beeinträchtigung kritisiert.
- Stellenweise äußerten die Probanden Bedenken bezüglich der Reichweite sowie bezüglich der Funktionalität der Ladeinfrastruktur im Winter.



Audi

Nachfolgend sind aus verschiedenen Sparten die Ergebnisse der Befragungswellen B dargestellt. Dabei kann man gut die Entwicklung der Kundenmeinungen erkennen, da die meisten Fragen am Anfang (durchgezogene Linie) und am Ende des Projektes (gestrichelte Linie) gestellt wurden. Aufgrund der großen Datenmenge wurden aussagekräftige Punkte ausgewählt und zur besseren Einschätzung den Ergebnissen anderer Schaufenster-Projekte mit Einsatz des Audi A1 e-tron gegenübergestellt.

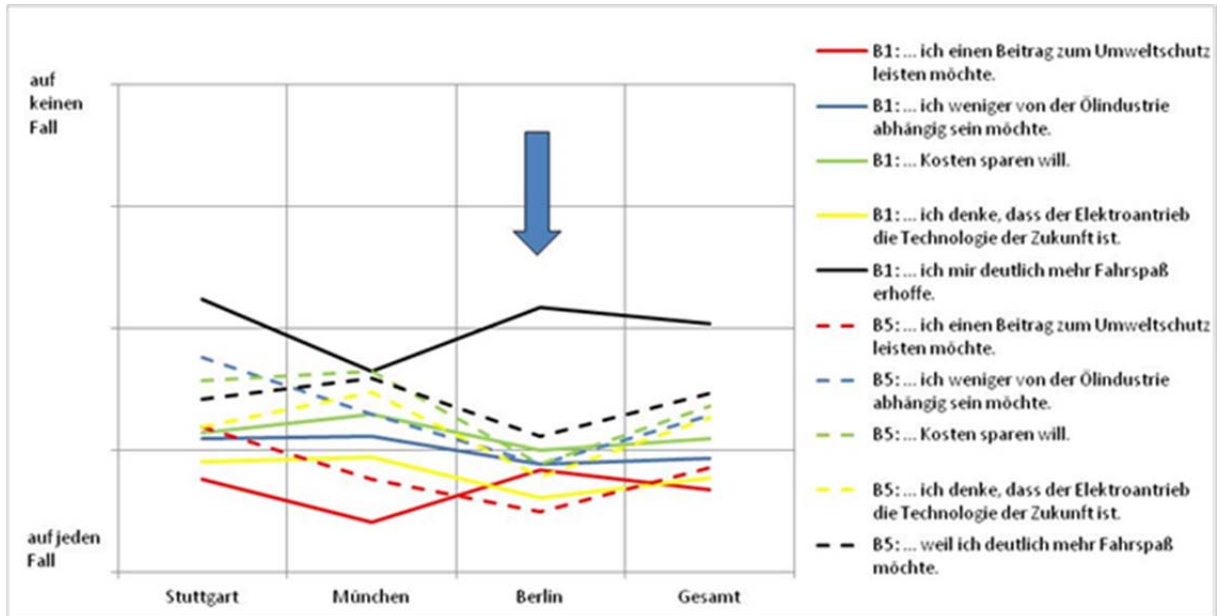


Abbildung 33: Probandenaussagen zur Motivation (E-Mobilität)

In Abbildung 33 lassen sich die Probandenaussagen zur Motivation bzw. das Interesse am Thema Elektromobilität über den Erprobungszeitraum hinweg ablesen. Speziell im Schaufenster Berlin zeigt sich eine Veränderung bei den Punkten Fahrspaß und Umweltschutz. Besonders erstgenannter Punkt wurde von den Berlinern vor dem Projektbeginn deutlich geringer eingeschätzt. Generell waren die Probanden am Projektende sehr an der Elektromobilität interessiert.

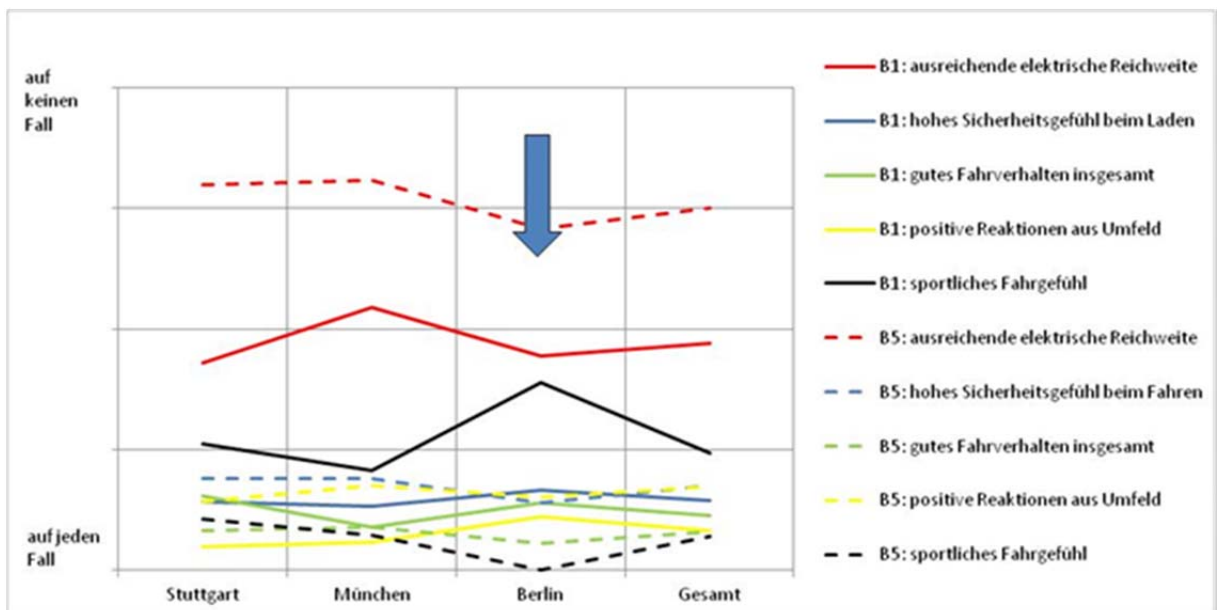


Abbildung 34: Probandenaussagen zur Erwartungshaltung



Audi

Ein großes Thema während der gesamten Projektlaufzeit war die elektrische Reichweite der Fahrzeuge. Die anfängliche Skepsis wurde bei der finalen Befragung sogar noch übertroffen (vgl. Abbildung 34). 50 km Reichweite wurden allgemein als zu wenig angesehen, obwohl die Auswertung der technischen Daten zeigt, dass die Reichweite in den meisten Fällen mehr als ausreichend gewesen wäre. Von den Berlinern wurde auch die Sportlichkeit der Fahrzeuge anfangs eher neutral eingeschätzt, am Projektende allerdings äußerst optimistisch. Die Erwartungen wurden in diesem Fall absolut erfüllt oder sogar übertroffen.

Wie man in Abbildung 35 erkennen kann, ist der Fahrstil aber generell mit dem Audi A1 e-tron über den gesamten Projektverlauf hinweg tendenziell etwas ruhiger geworden als mit dem eigenen Fahrzeug. Der Fokus der Fahrer hat sich in Richtung Energieverbrauch verschoben.

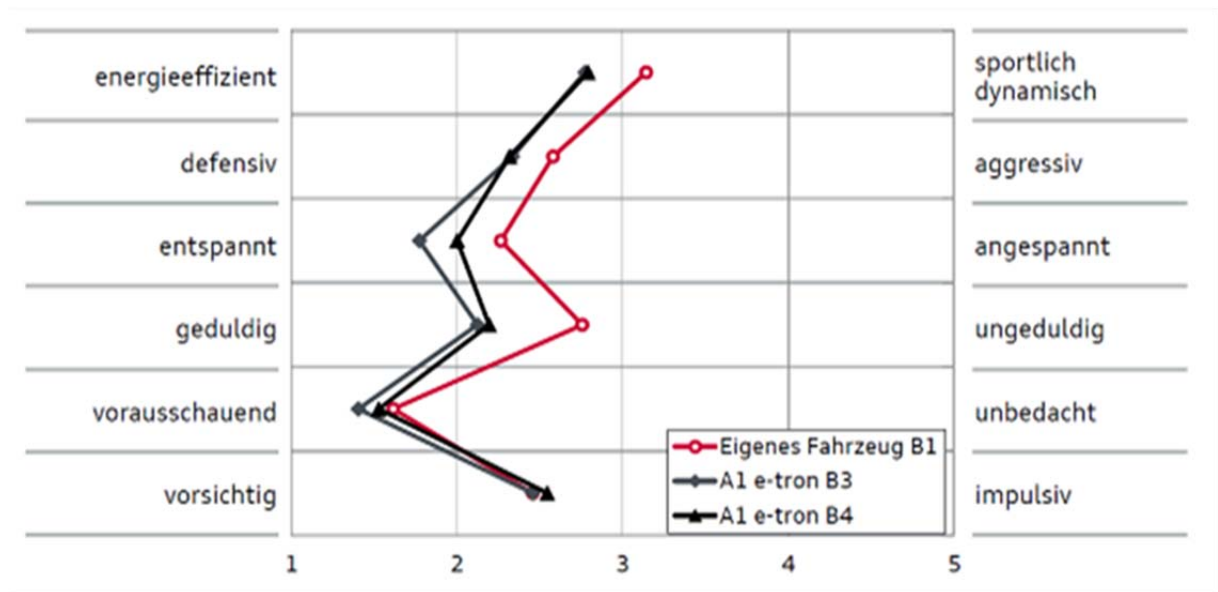


Abbildung 35: Fahrstil der Probanden

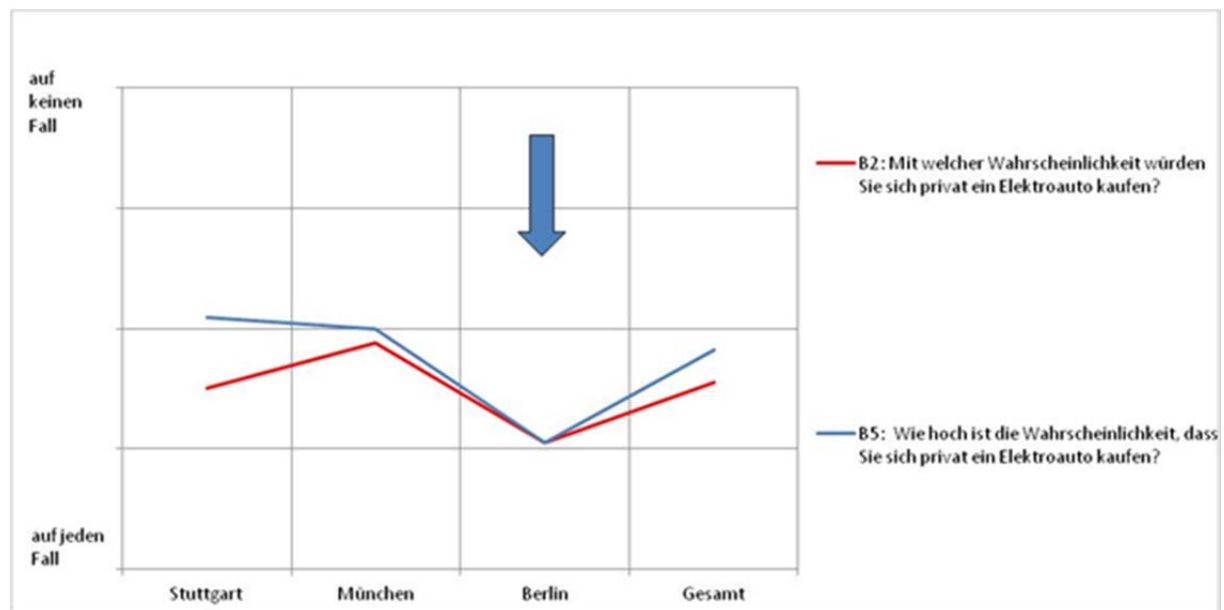


Abbildung 36: Probandenaussagen zur Kaufwahrscheinlichkeit eines Elektrofahrzeugs



Audi

In Abbildung 36 spiegelt sich das Bild zur Kaufbereitschaft eines Elektrofahrzeugs wider. Die größte Bereitschaft am Anfang und auch am Ende des Schaufensterprojekts findet sich in Berlin, der Wunsch nach dem Besitz eines Elektrofahrzeugs bleibt gleich hoch.

Allgemein ist die Aufpreisbereitschaft für ein Elektrofahrzeug von etwa 12 % auf ca. 9,5 % während der Projektdauer gesunken (vgl. Abbildung 37). Speziell in Berlin liegt die Bereitschaft über der der anderen Projekte, die Probanden sind Elektrofahrzeugen deutlich zugeeignet und würden daher mehr dafür zahlen.

Eine Umfrage unter den Probanden hat gezeigt, dass sich 70 % der Berliner Probanden ein BEV als Erstfahrzeug vorstellen können. Bei allen anderen betrachteten Schaufenstern waren das weniger als 50 %. Ein BEV als Zweitfahrzeug könnten sich projektunabhängig über 90 % aller Probanden vorstellen.

Der Ladevorgang wurde übereinstimmend als einfach und komfortabel bewertet, 17 % der Befragten sind der Meinung, dass es lästig ist bzw. zu lange dauert. Ebenfalls etwa 17 % war die öffentliche Ladeinfrastruktur zu schlecht ausgebaut. Auf einer Notenskala von 1-5 wurde von den Berlinern die öffentliche Infrastruktur mit der Note 3,4 bewertet.

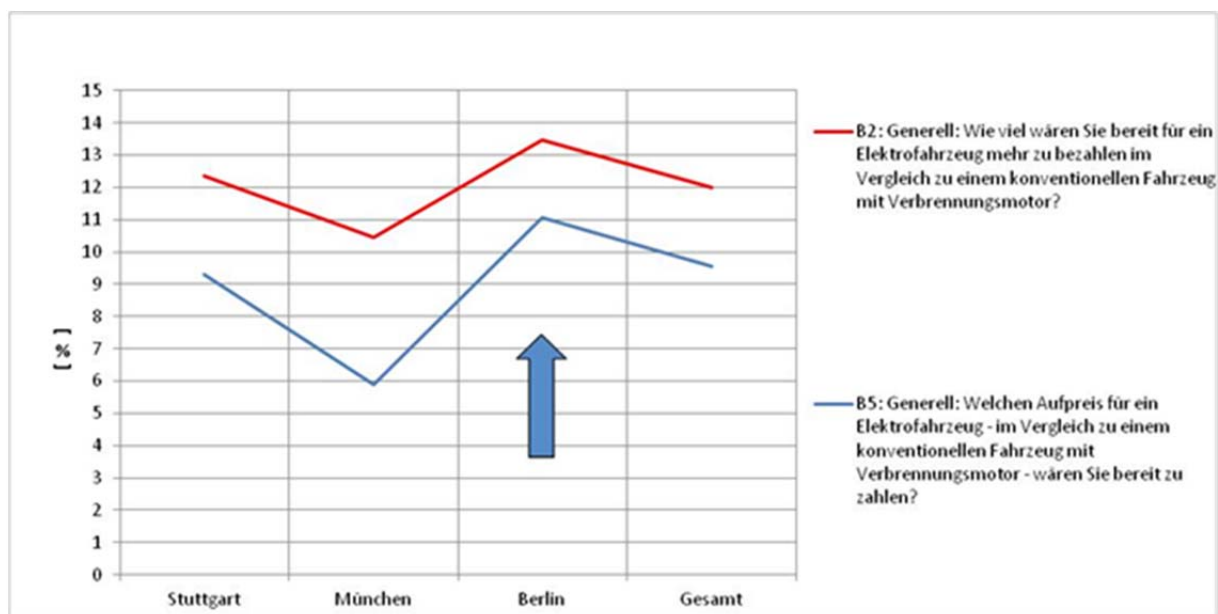


Abbildung 37: Probandenaussagen zur Aufpreisbereitschaft

Installation von Ladepunkten

Bezüglich der Errichtung der Ladeinfrastruktur lässt sich feststellen, dass eine Elektrifizierung der Stellplätze in den meisten Fällen umsetzbar ist. Für das Projekt wurden insgesamt 36 Homechecks durchgeführt und 19 Installationen im Rahmen des Schaufensterprojekts tatsächlich realisiert. Die in den Homechecks geschätzten reinen Installationskosten betragen für diese 19 Fälle durchschnittlich 1.026,27 €. Diese setzen sich aus den Kosten für den Homecheck für pauschal 150,- €, den Arbeitskosten und Kosten für Elektroinstallationsmaterial zum Anschluss der Wallbox sowie für die eigentliche Montage der Wallbox zusammen. Die tatsächlichen Realisierungskosten wichen von den geschätzten Kosten mit 1.036,80 € nur geringfügig ab. Der Unterschied liegt darin begründet, dass ein Vermieter nachträglich auf eine Kabelverlegung unter Putz bestand, was den Installationspreis um 200,- € für diesen



Audi

Fall erhöhte. Betrachtet man neben den reinen Installationskosten noch die Erstellung alternativer Montagemöglichkeiten für die sogenannte Wallbox, so wurden in sieben Fällen jeweils weitere 900,- € (pauschal für Edelstahl-Stele inkl. Erstellung Fundament, Erdarbeiten etc.) fällig. Bezieht man diese Kosten mit ein, so lag der Durchschnittspreis aller realisierten Fälle inklusive Homecheck bei 1.368,38 €. Anzumerken ist, dass die Installationskosten bei einigen Probanden nur einen Bruchteil betragen. Dies war beispielsweise dann der Fall, wenn eine entsprechende Infrastruktur (z. B. Unterverteilung und/oder 400-Volt-Industriesteckdosen) sowie eine geeignete Montagemöglichkeit für die Wallbox bereits in Stellplatznähe vorhanden waren.

Die Homechecks ermöglichen eine gute und verlässliche Kostentransparenz für potentielle Elektrofahrzeugkäufer. Sie sind insbesondere vor Fahrzeugkauf ratsam, wenn die Interessenten auf einen verlässlichen Ladepunkt zuhause angewiesen sind und man die Installationskosten nicht selbst einschätzen kann. Neben den kostenseitigen Risiken, besteht auch das Risiko, dass die Erlaubnis für eine Installation durch Vermieter bzw. Hauseigentümer nicht gewährt wird. Solange es hier keine einheitliche Regelung gibt, sollten Interessenten daher frühzeitig klären, ob sie überhaupt eine Installation durchführen lassen können und ob bestimmte Vorgaben (Unterputz-Verlegung, vorgeschriebene Installationsfirma etc.) einzuhalten sind. Zusätzlich ist anzumerken, dass die Kosten für eine nachträgliche Installation von Lademöglichkeiten an einem Stellplatz drastisch reduziert werden können, wenn bereits bei der Planung und Erstellung von Parkplätzen entsprechende Vorbereitungen (z. B. Verlegung von Leerrohren, ggf. Berücksichtigung von Montagemöglichkeiten etc.) getroffen werden.

Nicht-monetäre Anreize

Ein weiterer zentraler Punkt im Projekt war die Untersuchung der Wirkung nicht-monetärer Anreize auf die Probanden. Hierfür war ursprünglich vorgesehen, den im Flottenversuch eingesetzten Fahrzeugen z. B. das privilegierte Parken und Halten auf öffentlich bewirtschafteten Parkflächen zu ermöglichen oder die Mitbenutzung separater Busspuren zu erlauben. Beide Ansätze wurden mit den zuständigen Stellen in der Berliner Senatsverwaltung besprochen, die diese jedoch abschlägig beschied (Stand Anfang 2014). Hinsichtlich des privilegierten Parkens wurde seitens der Senatsverwaltung auf laufende Gesetzesvorhaben zu den damit einhergehenden notwendigen Änderungen der Straßenverkehrsordnung (StVO) sowie des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) verwiesen. Gleichzeitig möchte die Senatsverwaltung die Schaffung von Präzedenzfällen bei der Vergabe von Ausnahmeregelungen für öffentliches Parken vermeiden, um nicht Begehrlichkeiten bei anderen Verkehrsteilnehmern zu wecken. Letztgenanntes Argument wurde auch als Begründung herangezogen, die Mitnutzung separater Busspuren im Flottenversuch abzulehnen. Als Alternative wurde über eine zusätzliche Befragung nachgedacht, über die seitens der Probanden eigene Vorschläge für mögliche nicht-monetäre Anreizmodelle entworfen und für zukünftige Projekte vorgeschlagen werden können. Daher wurden, wie mit der Berliner Senatsverwaltung besprochen, in der letzten Fokusgruppe die Probanden des Schaufensters E-Berlin nochmals aufgefordert, ihre Vorschläge für nicht-monetäre Anreize zu nennen. Leider wurden außer den bereits bekannten Punkten keine neuen Ideen genannt.



Audi

Um Erkenntnisse genereller Art zu erhalten, wurde durch die Marktforschung der AUDI AG eine Umfrage durchgeführt. Im Ergebnis kommt es beim Vergleich mit anderen Schaufenster-Elektromobilität-Projekten zu vielen Übereinstimmungen, speziell bei den monetären Anreizen. Der nicht-monetäre Anreiz „Nutzung separater Busspuren“ mit dem Elektrofahrzeug stieß in Berlin im Vergleich zu den anderen Schaufenster-Projekten auf deutlich stärkere Zustimmung. Insgesamt zeigt sich ein Bild, in dem den Probanden etwa zur Projektmitte (Stand nach der 2. Befragungswelle) monetäre Anreize wichtiger als nicht-monetäre Anreize sind. Am Ende des A1 e-tron Projektes wurden in der 5. Befragungswelle abschließend noch einmal die Probanden nach ihrer individuellen Einschätzung der nichtmonetären Anreize befragt (vgl. Abbildung 38). In dem Projekt Berlin zeigt sich unabhängig vom Befragungszeitpunkt eine ähnlich hohe Einschätzung des Punktes „Nutzung separater Busspuren“. Der Punkt „für Elektrofahrzeuge zur Verfügung gestellte Parkplätze“ konnte sich hingegen über die Projektdauer und projektübergreifend deutlich steigern. Eine Einfahrerlaubnis z. B. in gesperrte innerstädtische Zonen mit einem Elektroauto wurde von den Probanden ebenfalls sehr hoch eingestuft. Generell wurde jedoch die bereits getroffene Aussage bestätigt, dass monetäre Anreize deutlich höher als die nicht-monetären Anreize eingestuft werden.

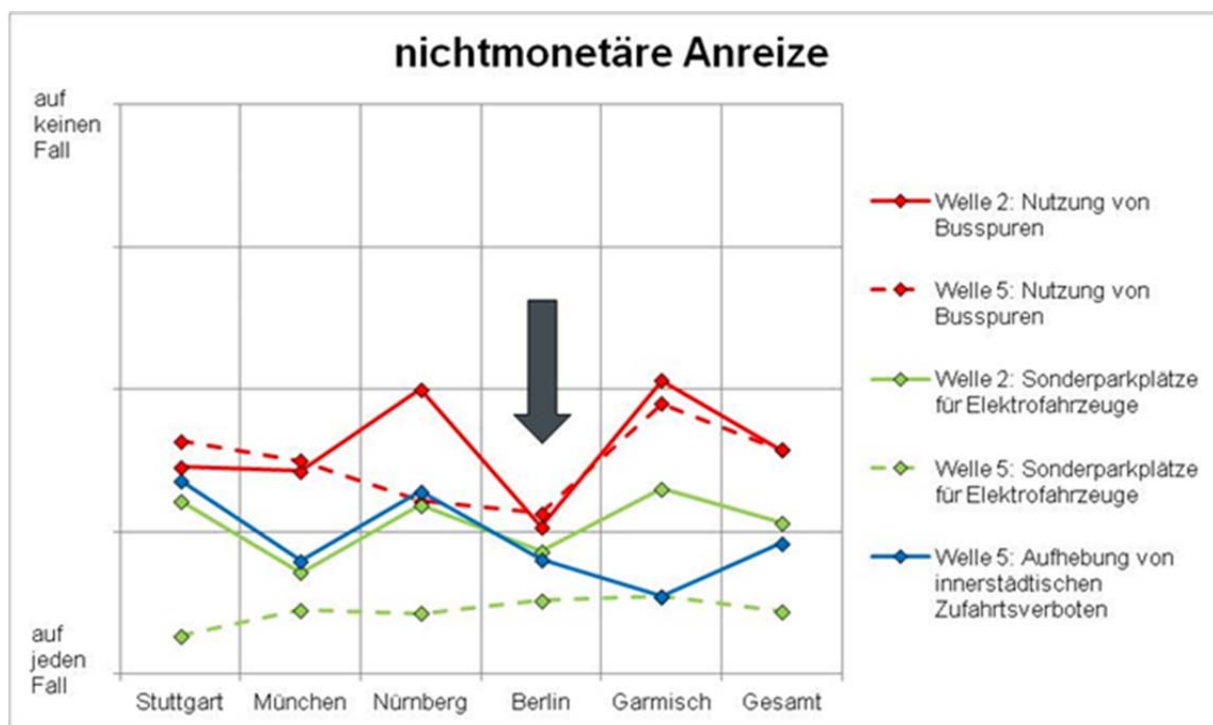


Abbildung 38: Nicht-monetäre Anreize



Audi

Projektphase Audi A3 e-tron { TC "Projektphase Audi A3 e-tron" \l 5 }

Die Auswertung der Projekterweiterung orientiert sich in der Reihenfolge an der ersten Projektphase, um eine Möglichkeit der Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Betrachtet wird der Zeitraum von Mitte April 2015 bis Mitte April 2016, in dem den Probanden ein Audi A3 e-tron zur Verfügung stand. Einen Überblick zu den fahrzeugbezogenen Auswertungen und Erfassungsphasen bietet die nachfolgende Abbildung 39. Zusätzlich wurden das Ladeverhalten sowie die Meinungen und Kommentare der Probanden berücksichtigt.

Erfassungsphase\Monat	2015												2016					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4					
Initialphase	←→		→															
Eingewöhnungsphase	↔																	
Restlaufzeit Initialphase		←→																
Vergleichsphase			←→															
Betrachtungszeitraum	←→												←→					

Abbildung 39: Erfassungsphasen für Auswertung

Auswertung der Fahrzeugdaten

Gesamtflotte A3 e-tron

Da sich bereits in der ersten Phase des Projekts zeigte, dass der gewählte Zeitraum zur Betrachtung der Adaption der Probanden an ein elektrifiziertes Fahrzeug zu lange gewählt war und die Gewöhnung deutlich schneller als erwartet verlief, wurde die Initialphase nochmals unterteilt. Diese Unterteilung sieht eine zweiwöchige „Eingewöhnungsphase“ und eine „Restlaufzeit Initialphase“ vor.

Während des Gesamtprojektes wurden insgesamt über 380.000 km zurückgelegt, davon etwa 240.000 km mit dem Audi A3 e-tron. Um die Messwerte nicht zu verfälschen, wurde das Wochenende der Fahrzeugübergabe und die daraus resultierende Fahrt von München in den Großraum Berlin in der Auswertung nicht berücksichtigt, sowie die vorhandenen Daten hinsichtlich Plausibilität überprüft und ggf. nicht berücksichtigt. In dieser Auswertung gehen daher nur belastbare Daten und etwa 234.000 km Laufleistung ein.

Die Auswertung und Analyse der Fahrzeuge beginnt mit der Betrachtung der Audi A3 e-tron Flottenfahrzeuge über den beschriebenen Projektzeitraum. Insgesamt kam es zu folgenden Fahrleistungen:

- Gesamtlaufleistung: ca. 234.000 km
- Laufleistung pro Fahrzeug: ca. 15.600 km
- Durchschnittslaufleistung: 43 km/Tag/Auto
- Durchschnittsgeschwindigkeit: 37 km/h
- Durchschnittsfahrdauer: 1,2 h/Tag/Auto



Audi

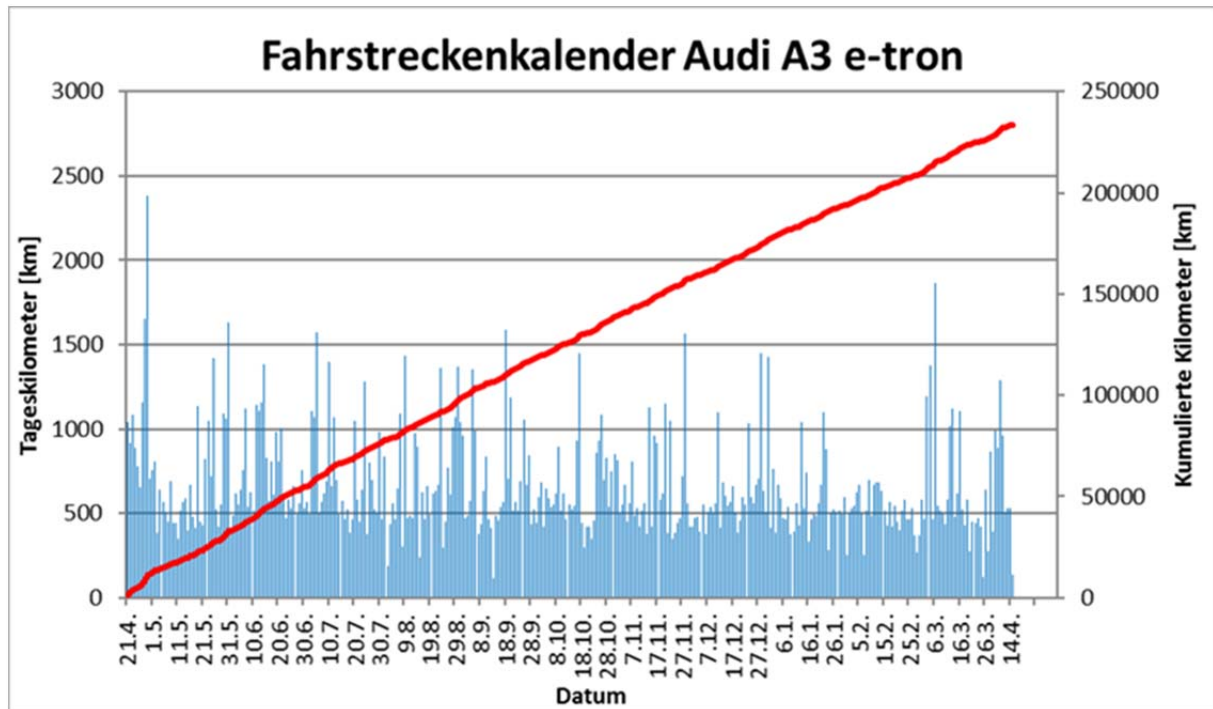


Abbildung 40: Fahrstreckenkalender Audi A3 e-tron

Bereits früh in der Fortführung des Projektes zeigte sich, dass die Probanden die im Vergleich zum rein elektrischen Audi A1 e-tron deutlich größere Reichweite des PHEV ausnutzten und folglich ihre durchschnittliche Laufleistung mehr als verdoppelten (von ca. 18 auf 43 km/Tag/Auto). Die Fahrdauer erhöhte sich auch, aber nicht in Relation zur Laufleistung – die Probanden sind in der Projekterweiterung somit schneller gefahren. Abbildung 40 zeigt der Fahrstreckenkalender mit den täglichen Laufleistungen der Flotte.

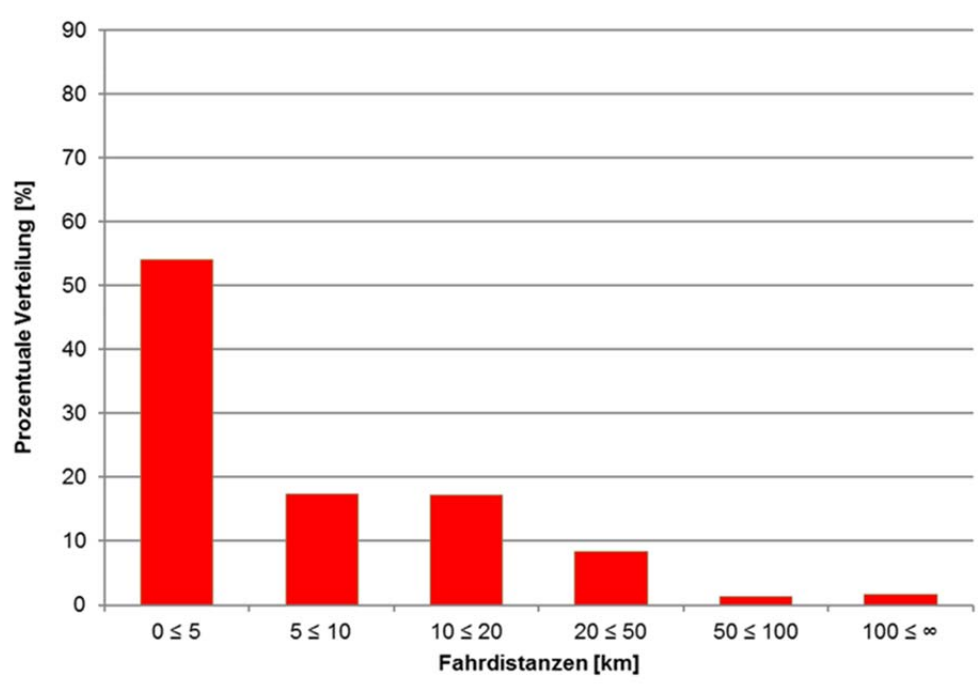


Abbildung 41: Aufteilung der Einzelfahrstrecken auf die jeweiligen Fahrdistanzen

Etwa 8-9 % der zurückgelegten Strecken weisen eine Länge von 20-50 km auf, ca. 3 % der zurückgelegten Streckenanteile waren länger als 50 km Kilometer (vgl. Abbildung 41). Auch Pendeln und Laden in Berlin
Abschlussbericht



Audi

wenn im Vergleich zum Audi A1 e-tron der Streckenanteil über 50 km angewachsen ist (von ~2 % auf ~3 %), ist in Großstädten eine elektrische Reichweite von 50 km meistens ausreichend. Ein sehr hoher Anteil der Fahrten könnte somit theoretisch lokal rein emissionsfrei zurückgelegt werden.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der die Probanden gefahren sind, zeigt Abbildung 42. Der Großteil der Fahrten wurde dabei wieder mit Geschwindigkeiten unter 50 km/h zurückgelegt. Ein geringerer Anteil weist auf Nutzungen außerorts mit Geschwindigkeiten über 60 km/h hin. Anders als im ersten Abschnitt des Projektes, werden nun auch die technisch möglichen höheren Geschwindigkeitsbereiche genutzt (>120 km/h), v_{\max} wurde von den meisten Fahrzeugen erreicht.

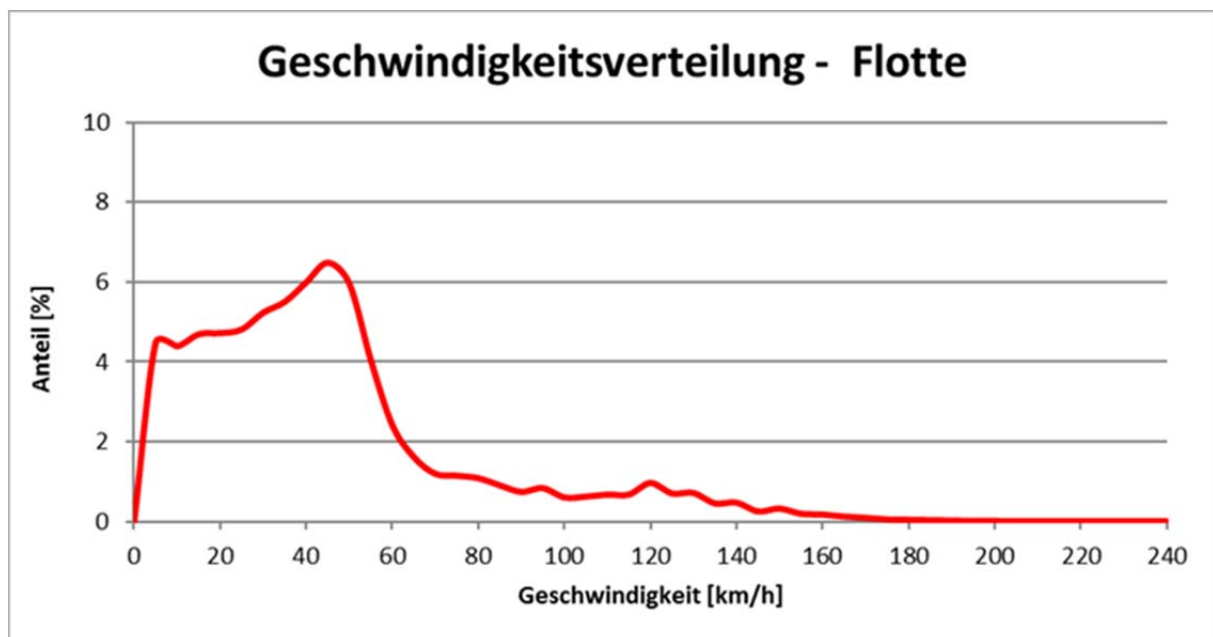


Abbildung 42: Geschwindigkeiten der Flotte

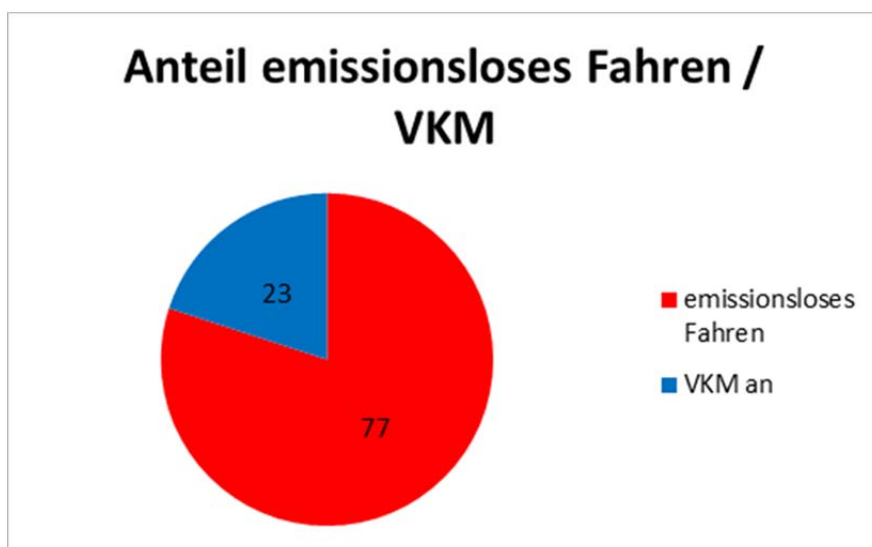


Abbildung 43: Anteile an der Gesamtfahrzeit

Ein deutliches Indiz für die ausgiebigere Nutzung des Hybriden zeigt bei ähnlicher elektrischer Reichweite die Nutzung der Verbrennungskraftmaschine (VKM) von etwa 23 % (vgl. Abbildung 43) im Gegensatz zu einer RE-Nutzung von knapp 8 % beim Audi A1 e-tron.



Audi

Durch Rekuperation und Laden mit dem Verbrennungsmotor wurden im Schnitt ca. 6 kWh/100 km an Energie zurückgewonnen.

Betrachtung der Gesamtflotte in Testphasen

Der betrachtete Zeitraum wurde in mehrere Testphasen eingeteilt, um das Fahrverhalten der Probanden durch das Fahren von E-Fahrzeugen im Zeitverlauf auf Veränderungen hin zu analysieren:

- Eingewöhnungsphase: Mitte bis Ende April 2015
- Restlaufzeit Initialphase: Ende April bis Mitte Juni 2015
- Initialphase: Mitte April bis Mitte Juni 2015 (Gewöhnung der Probanden an die Fahrzeuge)
- Vergleichsphase: Mitte Juni 2015 bis Mitte April 2016

Wie schon im ersten Teil des Schaufensterprojekts sind die Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte, d. h. klassische Pendlerfahrten, Ausgangspunkt der Untersuchung. Der Nutzungsumfang der Fahrzeuge war den Probanden erneut freigestellt. Sie waren nicht verpflichtet, bestimmte Strecken mit dem Fahrzeug zurückzulegen.

Die Fahrstreckenverteilung stellt ein deutliches Kurzstreckenprofil dar. Wie der nachfolgenden Abbildung 44 zu entnehmen ist, liegt der größte Teil (>50 %) der zurückgelegten Strecken sowohl in der Initialphase als auch in der Vergleichsphase im Bereich von < 5 km.

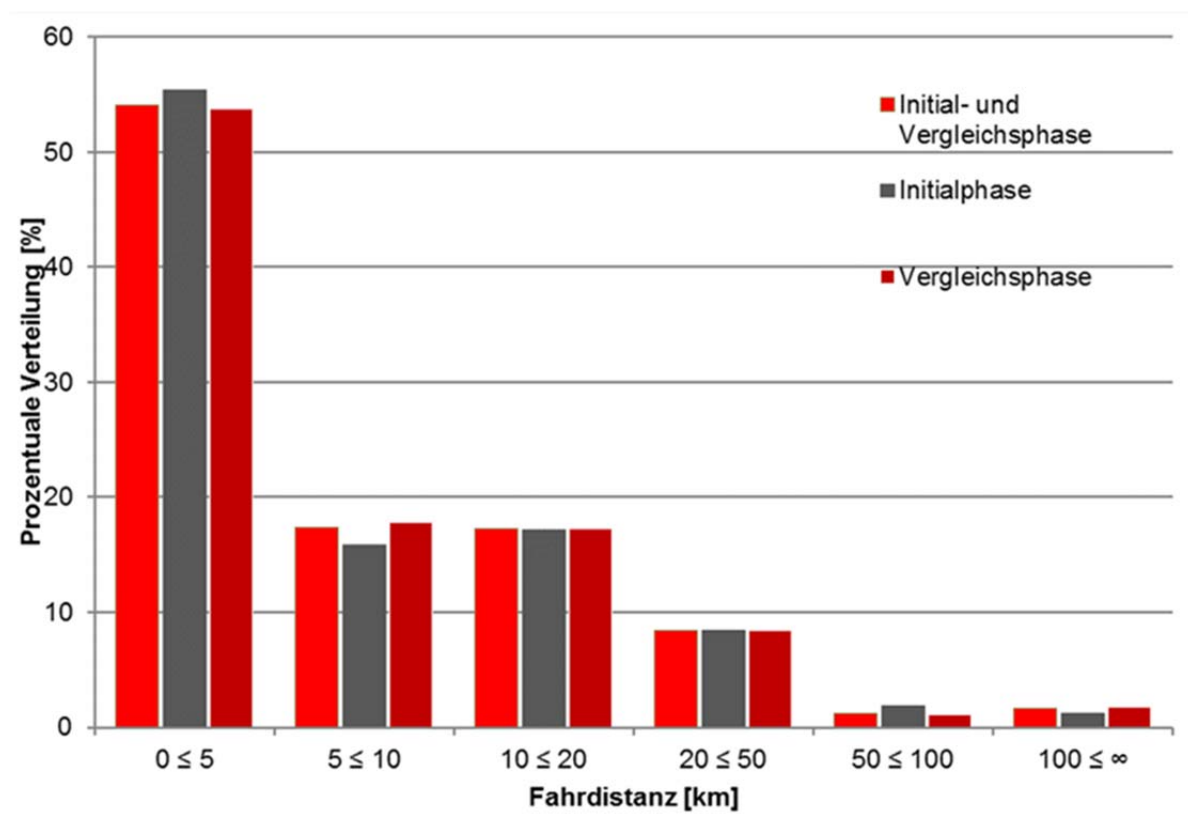


Abbildung 44: Anteile der Streckenlänge im Gesamtbetrieb

Der Anteil der Strecken > 100 km hat nach der Eingewöhnungsphase zugenommen und zeigt, dass die Probanden ein stärkeres Vertrauen in das Fahrzeug gefasst haben. Dies zeigt



Audi

sich auch in der durchschnittlichen Tageslaufleistung der Autos. Trotz einer längeren Anreise von München nach Berlin (diese Fahrt wurde in der Auswertung nicht berücksichtigt) waren die zurückgelegten Strecken in der Eingewöhnungsphase kürzer (vgl. Abbildung 45). Damit liegt die Gesamtlaufleistung in Berlin etwa auf dem Niveau des Gesamtdurchschnitts über alle Schaufensterprojekte mit Audi-Beteiligung in Berlin, Stuttgart und München (~44km).

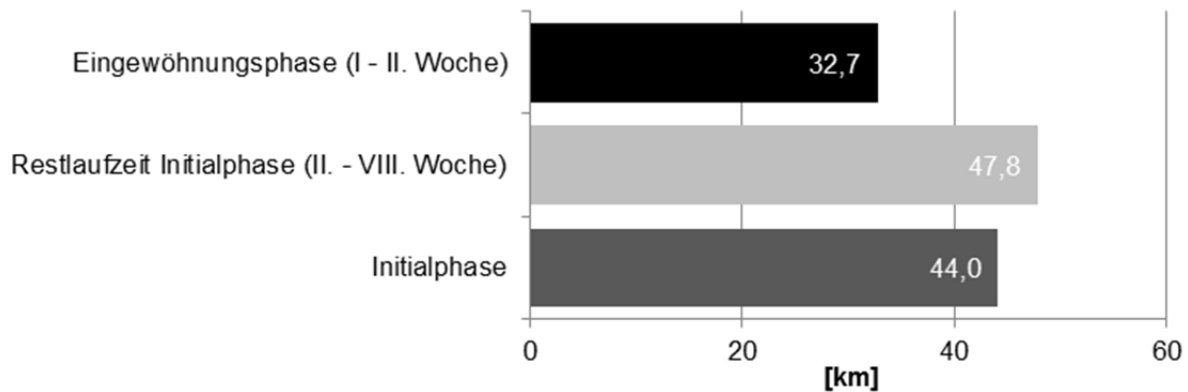


Abbildung 45: Durchschnittliche Tageslaufleistung pro Fahrzeug

Auch die von den Probanden gewählten Geschwindigkeitsbereiche haben sich geändert, wie Abbildung 46 erkennen lässt.

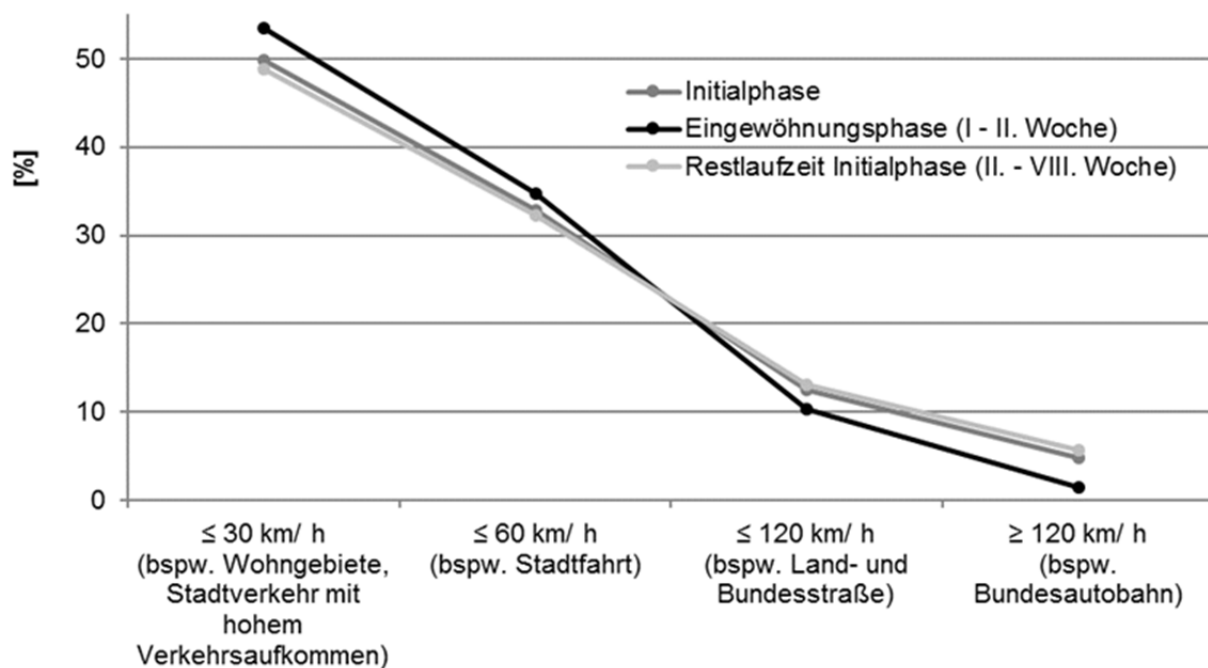


Abbildung 46: Veränderung der Geschwindigkeitsbereiche

Bereits nach zwei Wochen hat sich der Autobahnanteil der Einzelfahrten deutlich erhöht und im Gegenzug der Anteil der Fahrten in Geschwindigkeitsbereichen größer 60 km/h reduziert. In der Vergleichsphase sind keine signifikanten Unterschiede zur Eingewöhnungsphase erkennbar. Die Durchschnittsgeschwindigkeit lag in der Eingewöhnungsphase bei etwa 30 km/h, in der Initialphase bei 35 km/h und über die Dauer der Projekterweiterung bei



Audi

37 km/h. Nachfolgende Abbildung 47 zeigt die Entwicklung des Anteils der Verbrennungskraftmaschine. Dieser sinkt zwischen Eingewöhnungs- und Initialphase leicht ab, steigt aber dann wieder leicht an. Es wird somit deutlich, dass in der Initialphase der Anteil des emissionsfreien Betriebes zwischenzeitlich leicht ansteigt.

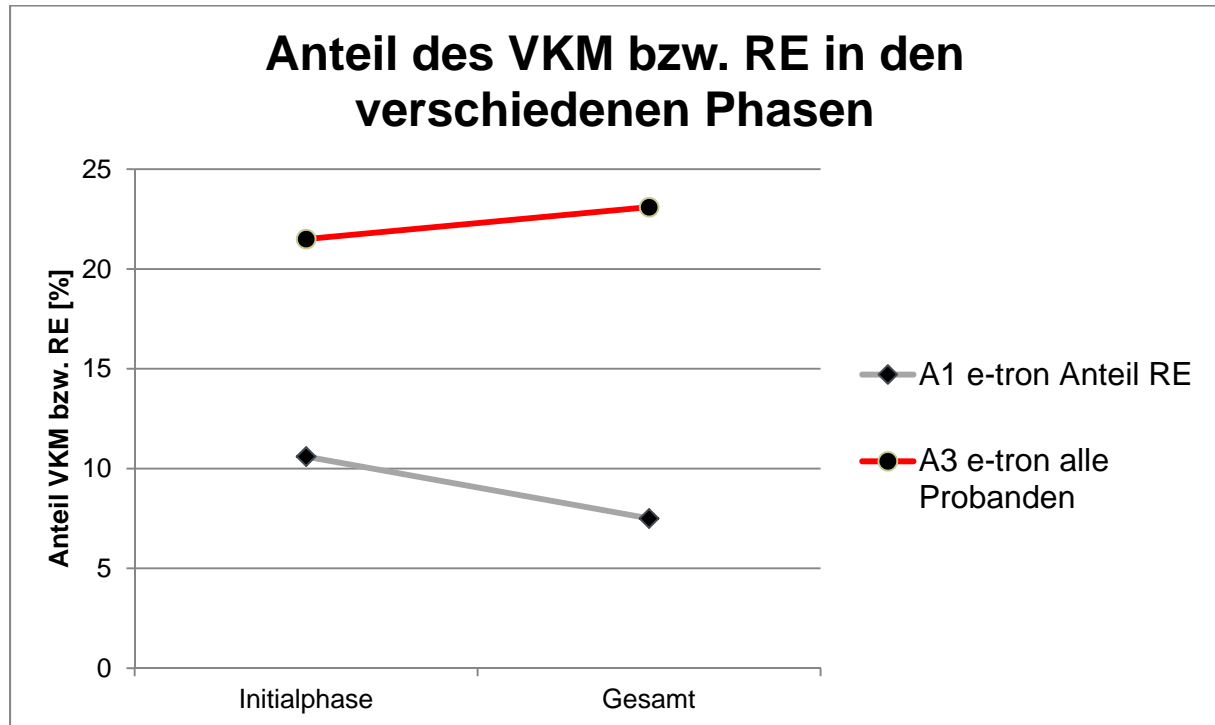


Abbildung 47: Anteil des emissionslosen Fahrens

Vergleicht man in der ersten Projektphase mit dem Audi A1 e-tron die Entwicklung des Anteils der VKM, so zeigt sich hinsichtlich des RE-Anteils eine Reduktion um ca. ¼. Nachfolgende Tabelle 6 stellt die Daten der Eingewöhnungsphase und des Gesamtzeitraums der Projekterweiterung nochmals gegenüber:

	Eingewöhnungsphase	Initial-+Vergleichsphase	prozentuale Änderung
Anteil emissionsfreies Fahren [%]	78	77	-1,2
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	35	37	5,7

Tabelle 6: Vergleich der einzelnen Testphasen

Man kann davon ausgehen, dass die Fahrweise sowohl effizienter als auch sportlicher wurde. Zusätzlich lässt die Abnahme der, während des Fahrbetriebs, in die Batterie zurückgeführten Energie den möglichen Rückschluss zu, dass das Laden der Batterie während der Fahrt mit dem VKM aus energetischen Gründen seltener eingesetzt wurde, z. B. durch eine geringere Nutzung des Betriebsmodus „Charge“. Nachfolgende Tabelle 7 zeigt die Entwicklung der Nutzung der verschiedenen Betriebsmodi durch den Fahrer in den verschiedenen Testabschnitten.



Audi

	Initialphase	Gesamtprojektdauer
EV-Modus [%]	56	54
Charge-Modus [%]	2	1

Tabelle 7: Betriebsmodi in den verschiedenen Testphasen

Ladeverhalten

Wie bereits im ersten Abschnitt des Projektes hat jeder Proband einen Stellplatz mit Ladepunkt in der Tiefgarage am Quartier Potsdamer Platz – etwa 2/3 der Probanden haben zusätzlich einen Ladepunkt am privaten Stellplatz, etwa 1/3 sind Laternenparker. Anders als bei der Nutzung des Audi A1 e-tron hat sich das Ladeverhalten in den verschiedenen Betrachtungszeiträumen kaum verändert (vgl. Abbildung 48).

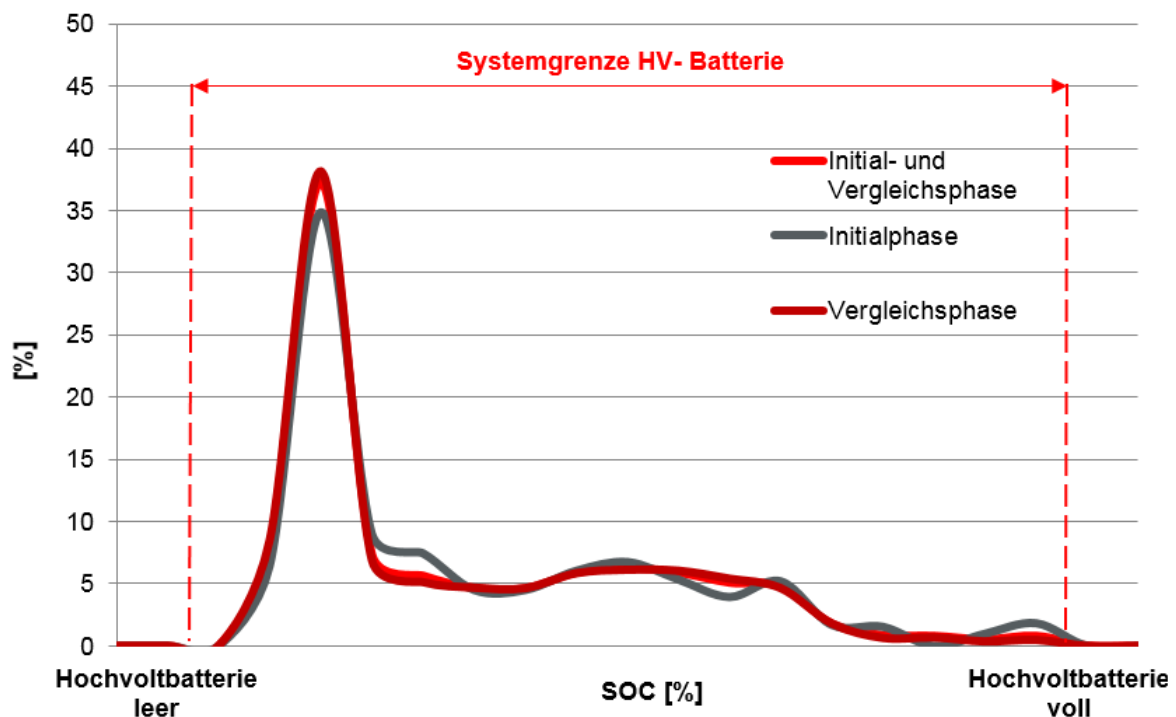


Abbildung 48: SOC-Werte bei Ladebeginn

Der Verlauf ändert sich dabei in Abhängigkeit von den verschiedenen betrachteten Phasen nur wenig, lediglich in der Initialphase wurde noch geringfügig öfter bei einem höheren SOC als später geladen. Der generelle Verlauf unterscheidet sich allerdings signifikant von dem Ladeverhalten mit einem Audi A1 e-tron. Dessen bauchiger Verlauf zeigt, dass deutlich öfter auch bei höheren SOC-Werten geladen wurde. Beim Audi A3 e-tron haben mehr als ein 1/3 aller Ladevorgänge mit einem SOC um die 20 % begonnen, also mit einer für den Fahrer leeren Batterie. Beim Audi A1 e-tron (PU15 und PU25) starteten vergleichsweise nur etwa 10 % der Ladevorgänge mit einer leeren Batterie (durchschnittlicher Start-SOC > 50 %). Die Ladedisziplin hat somit deutlich nachgelassen (vgl. Abbildung 49).



Audi

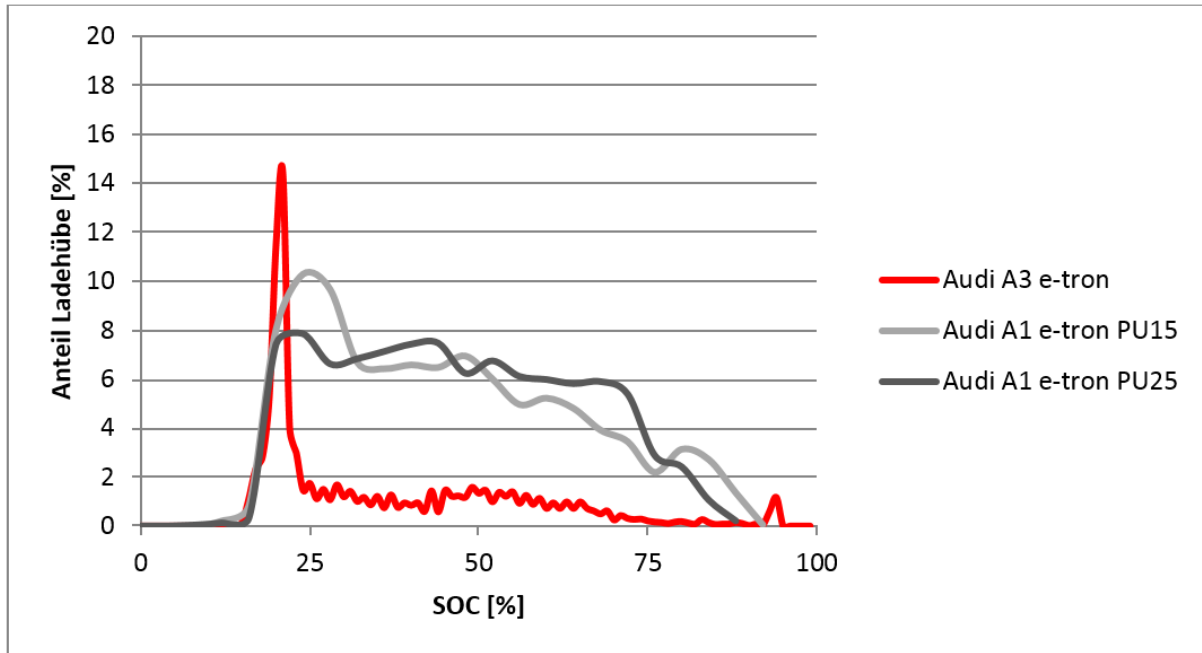


Abbildung 49: Verteilung der Ladehöhe

Die Betrachtung der Ladezeiten weist auf ein größtenteils klassisches Pendlerverhalten hin (Spitzen durch Ladevorgänge zu klassischen Bürozeiten vor Arbeitsbeginn und zu Hause nach Arbeitsende). Einen Überblick über die Verteilung der Ladezeitpunkte bietet folgende Abbildung 50.

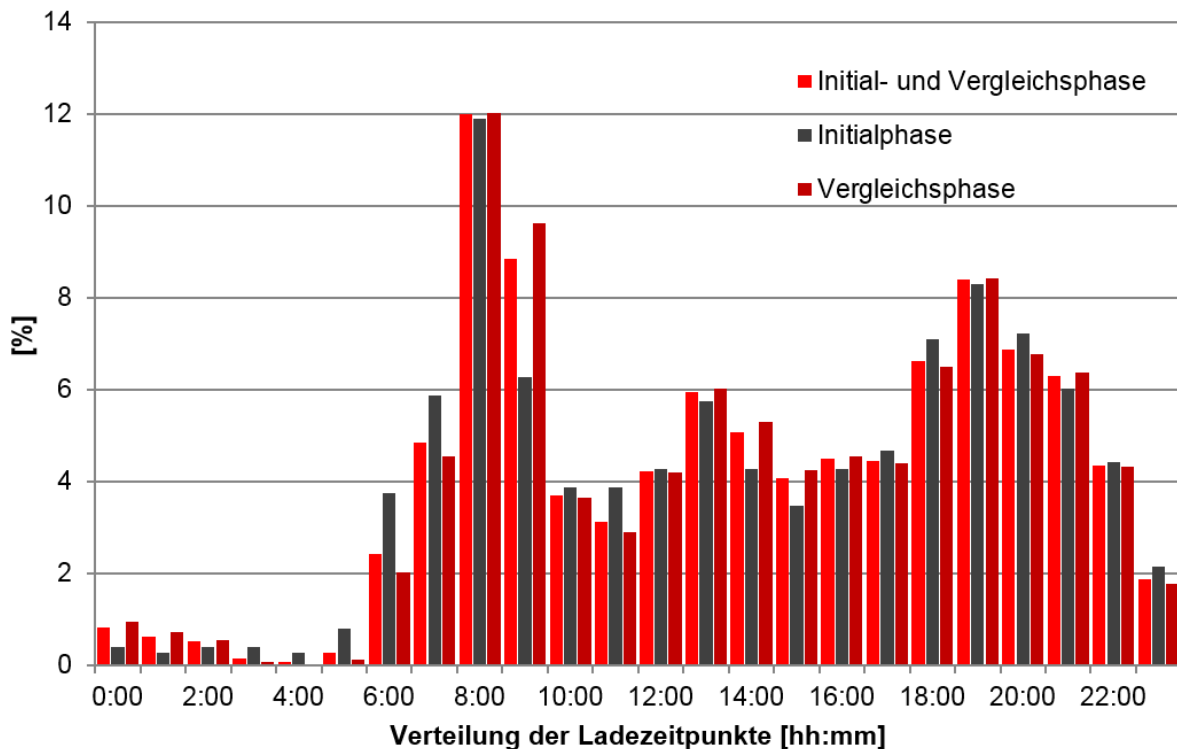


Abbildung 50: Startzeiten der Ladevorgänge

Abschließend soll betrachtet werden, welchen Anteil die Dauer des Ladevorgangs in dem Zeitraum einnimmt, in dem Stecker mit der Ladestation verbunden sind. So stehen durchschnittlich mehr als 10 Stunden einer reinen Ladedauer von 1 Stunde und 39 Minuten ge-



Audi

genüber. Der Anteil des Ladevorgangs ging über die Laufzeit auf ca. 18 % zurück und liegt damit etwa auf dem Niveau des Mittelwertes der drei Schaufenster Berlin, München und Stuttgart. Generell hat sich die Anzahl der Ladevorgänge pro Tag in Berlin von 0,8 auf 0,9 erhöht und liegt somit deutlich über den täglichen 0,6 Ladevorgängen, die über die drei Schaufensterprojekte hinweg durchschnittlich aufgetreten sind. Hierbei muss die Anzahl der, den Probanden persönlich zur Verfügung stehenden, Lademöglichkeiten berücksichtigt werden.

Nutzungsunterschied alte/neue Fahrer

Für die Projekterweiterung wurden gezielt Probanden ausgewählt, die bereits Erfahrungen mit dem Audi A1 e-tron sammeln konnten, sog. „alte Fahrer“. Zusätzlich wurden Probanden (etwa 1/3) ausgewählt, die noch keine Erfahrung mit elektrifizierten Fahrzeugen haben (sog. „neue Fahrer“) und nicht über eine private Lademöglichkeit verfügen, die nur ihnen zugewiesen ist.

Bei Betrachtung der verschiedenen Geschwindigkeitsbereiche ist die Entwicklung der alten und neuen Fahrer ähnlich, die alten Fahrer haben allerdings über die verschiedenen Phasen hinweg deutlich ihren Anteil im hohen Geschwindigkeitsbereich gesteigert. Die neuen Probanden scheinen ihren Anteil am Geschwindigkeitsbereich 60-120 km/h zugunsten von Geschwindigkeiten über 120 km/h verschoben zu haben (vgl. Abbildung 51).

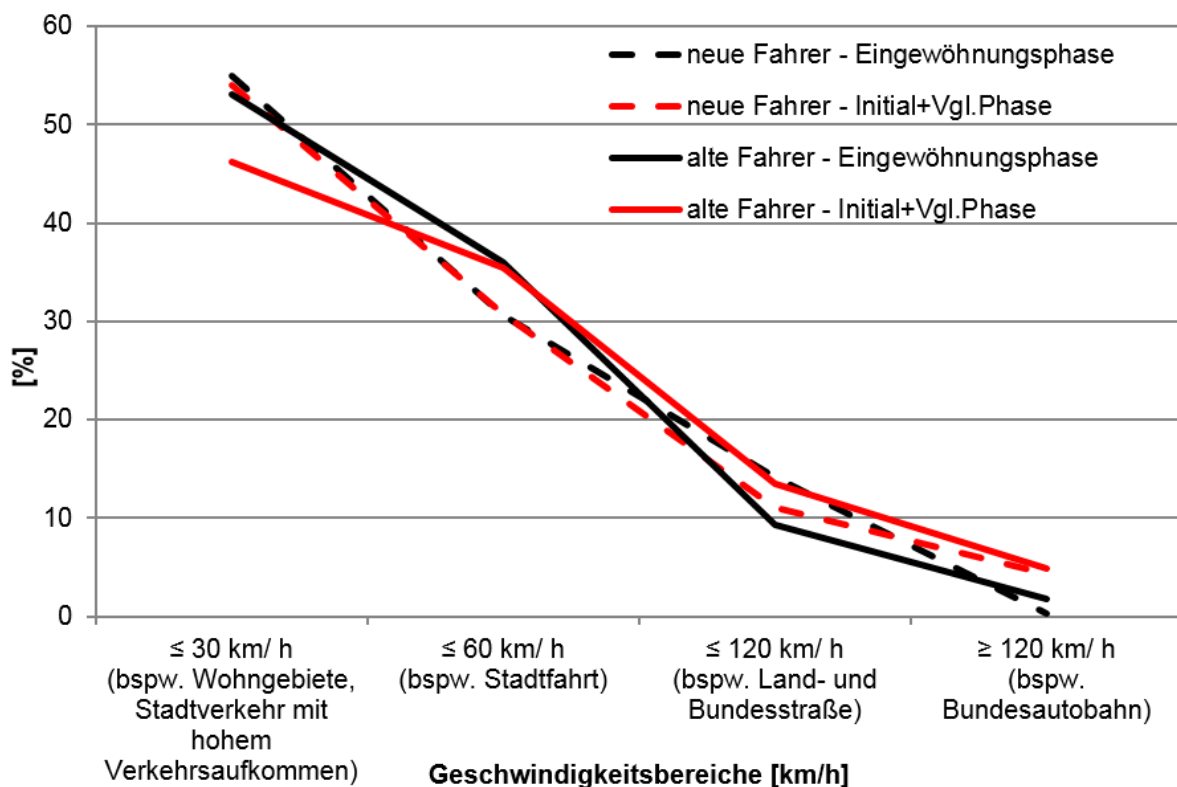


Abbildung 51: Vergleich der Geschwindigkeitsbereiche alte/neue Fahrer

Zwischen den neuen und den alten Fahrern ist ein deutlicher Unterschied bei der Nutzung der Verbrennungskraftmaschine VKM zu erkennen. Während die neuen und unerfahrenen Fahrer zu Beginn eine VKM-Nutzung von > 30 % haben, welche bis zum Jahresende 2015 auf etwa 24 % sinkt, wurde zum Projektende hin der Verbrennungsmotor wieder vermehrt



benutzt. An dieser Stelle sei auch nochmal erwähnt, dass die neuen Probanden über keine persönliche Lademöglichkeit außerhalb des Quartiers Potsdamer Platz verfügten. Die in der Elektromobilität erfahrenen Fahrer fuhren von Anfang an auf einem sehr niedrigen Niveau, aber auch dieses stieg zum Jahreswechsels wieder an. Ein möglicher Grund hierfür können probandenübergreifend die Umgebungsbedingungen sein. Der VKM-Anteil bei den „alten“ Probanden blieb nahezu konstant. Die „neuen“ Probanden konnten, vermutlich aufgrund der fehlenden „privaten“ Ladeinfrastruktur, ihr Fahrverhalten deutlich verbessern und nutzten die VKM seltener. Letztendlich lagen sie über den betrachteten Zeitraum auf dem durchschnittlichen Niveau der drei Schaufensterprojekte mit Audi-Beteiligung. Tabelle 8 stellt die Werte nochmals gegenüber.

	Eingewöhnungsphase	Initial- + Vergleichsphase
Prozentualer Zeitanteil VKM „neue Fahrer“ [%]	32,3	29,1
Prozentualer Zeitanteil VKM „alte Fahrer“ [%]	19,9	19,9

Tabelle 8: Vergleich Zeitanteil VKM alte/neue Fahrer

Der EV Modus wurde von den „alten“ Probanden zu 60 % nahezu konstant genutzt. Die „neuen“ Probanden haben über die Projektdauer ihren Anteil im rein elektrischen Betriebsmodus EV von anfänglich 20 % fast verdoppeln können (39 %). Gleichzeitig wurde das Laden der Batterie während der Fahrt mit der VKM im Charge-Modus von den „neuen“ Probanden von anfänglich 9 % auf < 1 % reduziert („alte“ Probanden von 2 % auf 1 %). Die Strecke zwischen den Ladevorgängen lag bei den „neuen“ Probanden bei 71 km, bei den „alten“ bei 43 km.

Abbildung 52 und Abbildung 53 zeigen die Ladezeitpunkte der „alten“ und der „neuen“ Probanden. So laden letztgenannte hauptsächlich vormittags und am frühen Nachmittag. Auffällig ist hierbei, dass nach dem Aufkommen einer gewissen Routine nach der Initialphase kaum noch nach 18:00 Uhr geladen wurde. Es entsteht der Eindruck, dass viele „neue“ Probanden versuchen am frühen Nachmittag zu laden. Ein anderes Verhalten zeigen die „alten“ Fahrer. Auch sie laden zu den klassischen Bürozeiten, aber auch im Zeitraum 18:00-22:00 Uhr, wahrscheinlich an ihren personalisierten Lademöglichkeiten. Für die Laternenparker scheint mit der hohen Reichweite der Plugin-Hybriden und einer Lademöglichkeit in der Arbeit kein Bedarf an öffentlichen Lademöglichkeiten zu bestehen. Dieses Verhalten wurde auch in den Technikgesprächen bestätigt, denn laut Probanden gibt es zu wenig öffentliche Lademöglichkeiten und der Aufwand ist generell zu groß. Den Laternenparkern wurde zudem vor Projektbeginn zusätzlich angeboten, sie bei Interesse bei der Realisierung einer zusätzlichen Lademöglichkeit (z. B. Laterne) zu unterstützen, aber es kamen keine Anfragen an die Projektleitung.



Audi

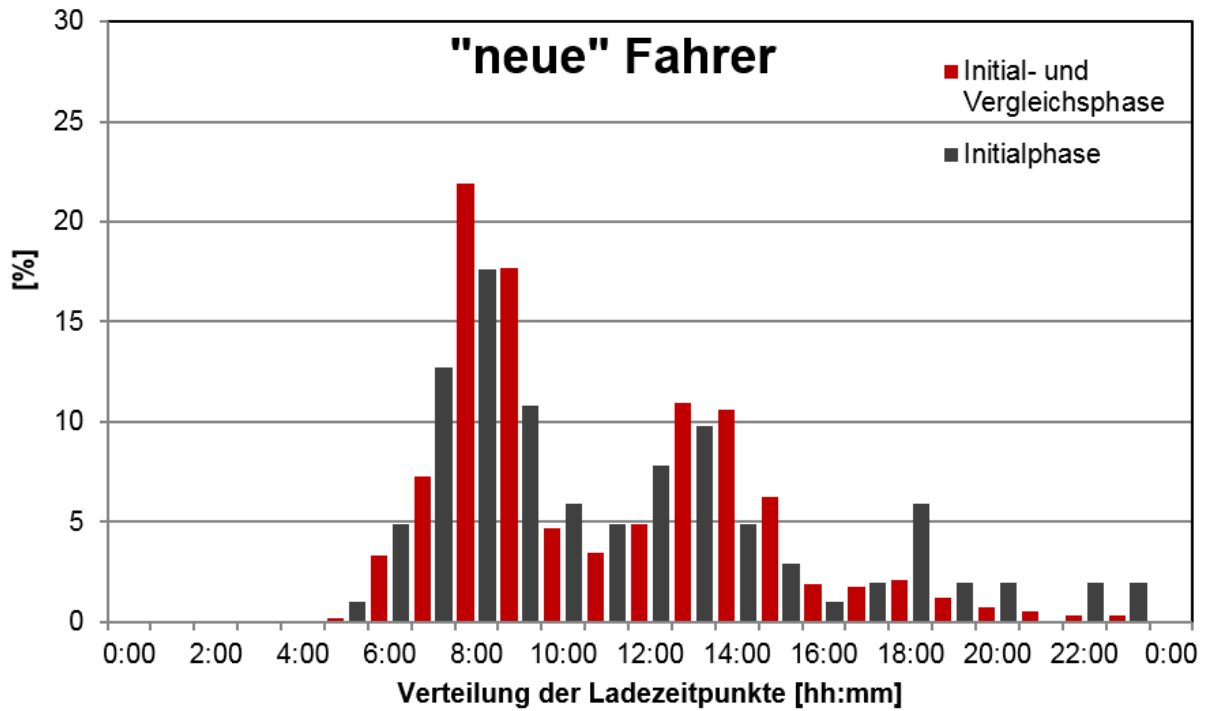


Abbildung 52: Startzeiten der Ladevorgänge „neue“ Fahrer

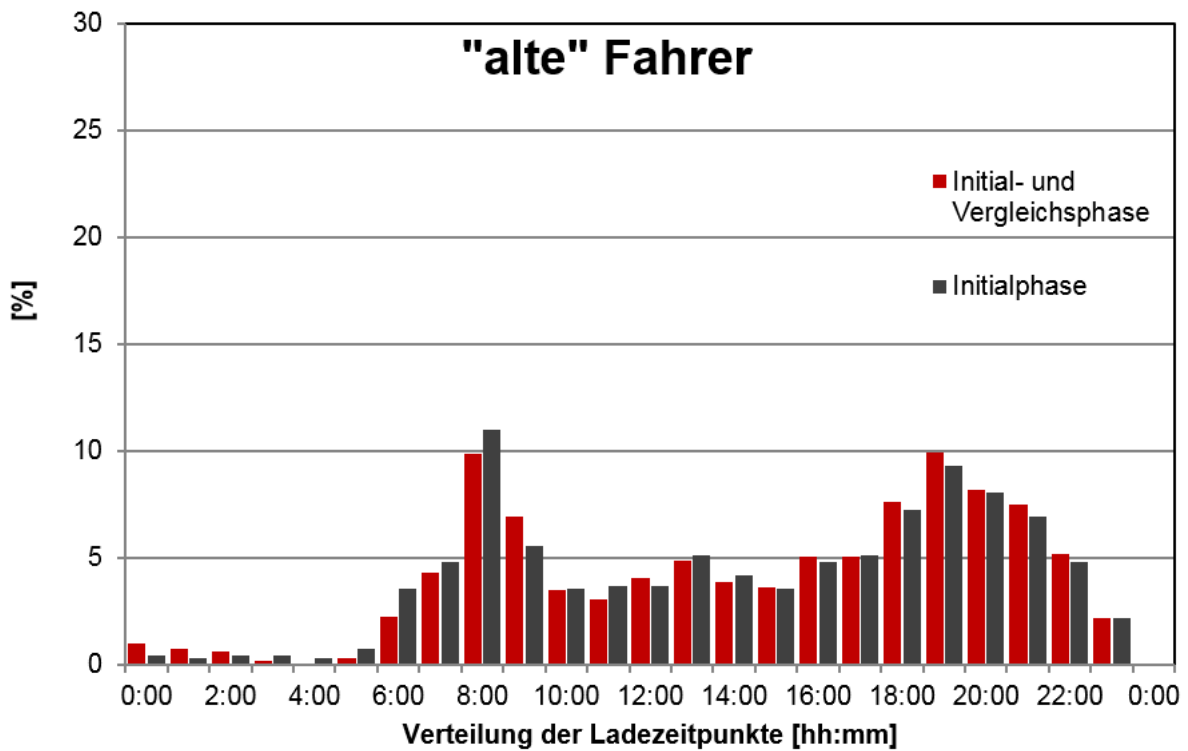


Abbildung 53: Startzeiten der Ladevorgänge „alte“ Fahrer

Kundenmeinung und Analyse des Kundenverhaltens

Auch bei der Projekterweiterung wurden die Probanden wieder parallel zur Datenerfassung durch ein Meinungsforschungsinstitut befragt. Die Schwerpunkte der Auswertung erfolgten analog zur Untersuchung der Audi A1 e-tron, um eine Gegenüberstellung bzw. eine Trenderkennung zu ermöglichen.

Gefragt wurde nach Möglichkeiten zur Einsparung des Fahrzeugverbrauchs bzw. der für die Probanden wichtigen Zunahme der Reichweite bei rein elektrischem Betrieb und welche Maßnahmen davon oft eingesetzt werden. Abbildung 54 zeigt die Bewertung verschiedener Möglichkeiten, auf die die Probanden selber Einfluss haben. Es fällt auf, dass vor allem eine weniger dynamische Fahrweise oft als sehr sinnvoll erachtet wird. Einsparungen durch Komfortverzicht oder erhöhten Zeitaufwand wurden weniger akzeptiert. Es ist offensichtlich, dass speziell die Probanden des Schaufenster München, die keine zugeordnete Lademöglichkeit besaßen, am meisten die Möglichkeiten zur Verbrauchsreduzierung nutzten. Die anderen Schaufensterprojekte liegen deutlich darüber und es hat den Anschein, dass die Probanden des Schaufenster Berlin den geringsten Anreiz zur Verbrauchseinsparung hatten.

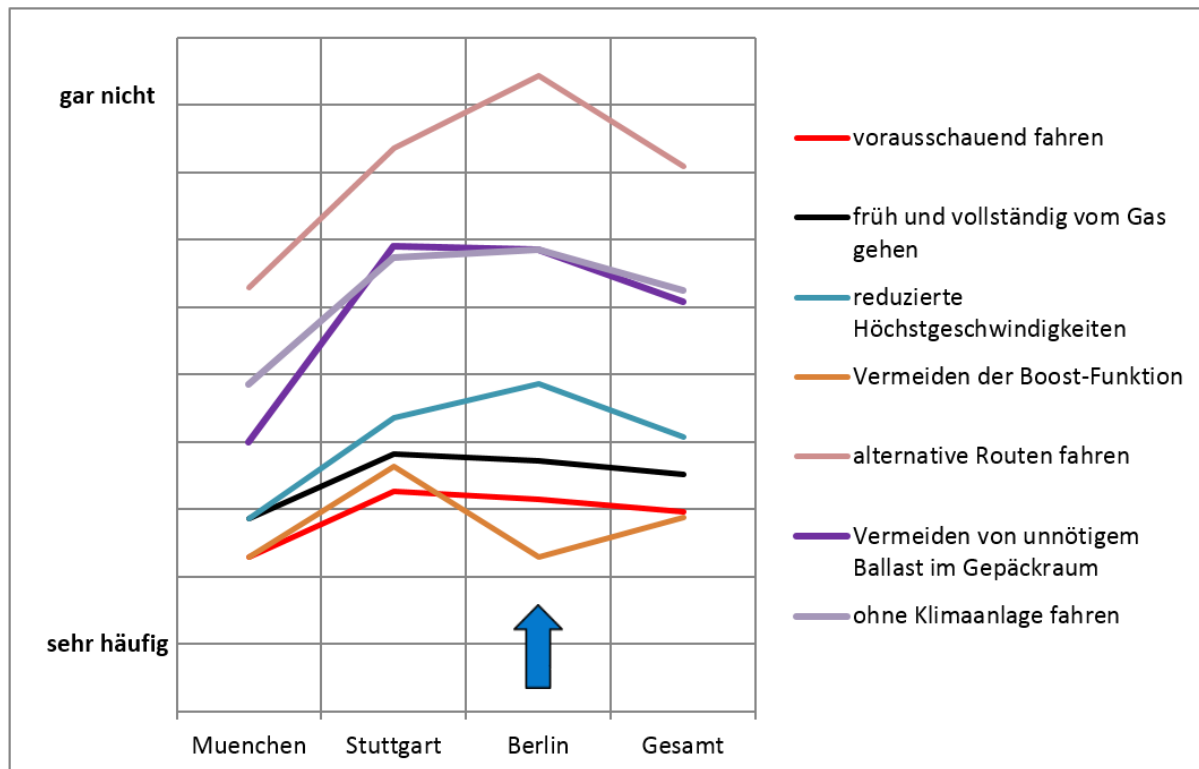


Abbildung 54: Möglichkeiten zur Einsparung des Fahrzeugverbrauchs

Zusätzlich wurde gefragt, inwiefern durch die Ladeinfrastruktur aus Sicht der Probanden Einfluss auf die rein elektrische Reichweite genommen werden kann. Dem vorangestellt zeigt Abbildung 55 die Ladehäufigkeiten an verschiedenen Lademöglichkeiten, aufgeteilt auf die verschiedenen Schaufensterprojekte. Man erkennt deutlich, dass speziell im Schaufenster Berlin alle Probanden eine Lademöglichkeit am Arbeitsplatz und etwa 2/3 zusätzlich noch über eine private Lademöglichkeit verfügten. Die Nutzung öffentlicher Lademöglichkeit liegt somit deutlich unter der des Schaufenster München (keine speziellen Lademöglichkeiten für die Probanden) und deckt sich mit den ausgewerteten Fahrzeugdaten.



Audi

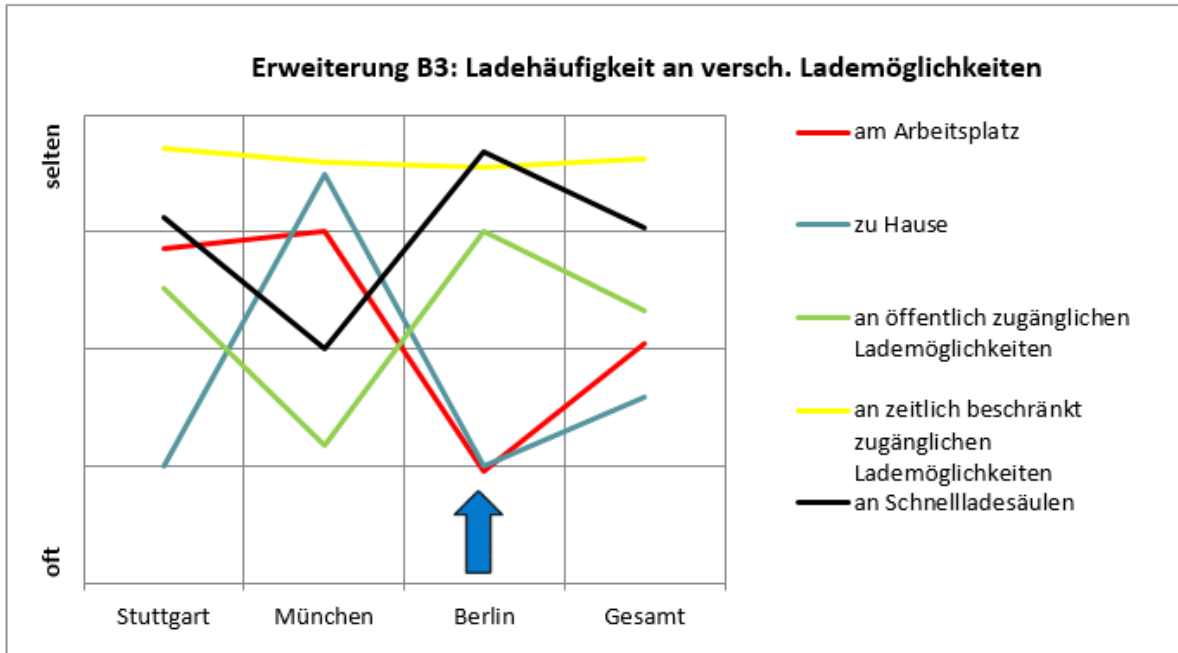


Abbildung 55: Verhältnis Ladehäufigkeit zu Lademöglichkeiten

Abbildung 56 zeigt, dass dabei unabhängig vom Schaufensterprojekt eine intensive Verbesserung der Ladeinfrastruktur notwendig wäre. Aspekte wie kürzere Ladedauer, Transparenz der Stromkosten an öffentlichen Ladesäulen, Reservierungsmöglichkeiten, sowie ein einheitliches Bezahlssystem wurden dabei öfters in den Gesprächen genannt. Besonders ein gut ausgebautes öffentliches Ladepunktnetz wurde als hilfreich angesehen (Schaufenster Berlin: Note 1,4). Privates Laden bzw. Laden am Arbeitsplatz wurde bevorzugt und durch den PHEV war die nötige Flexibilität vorhanden.

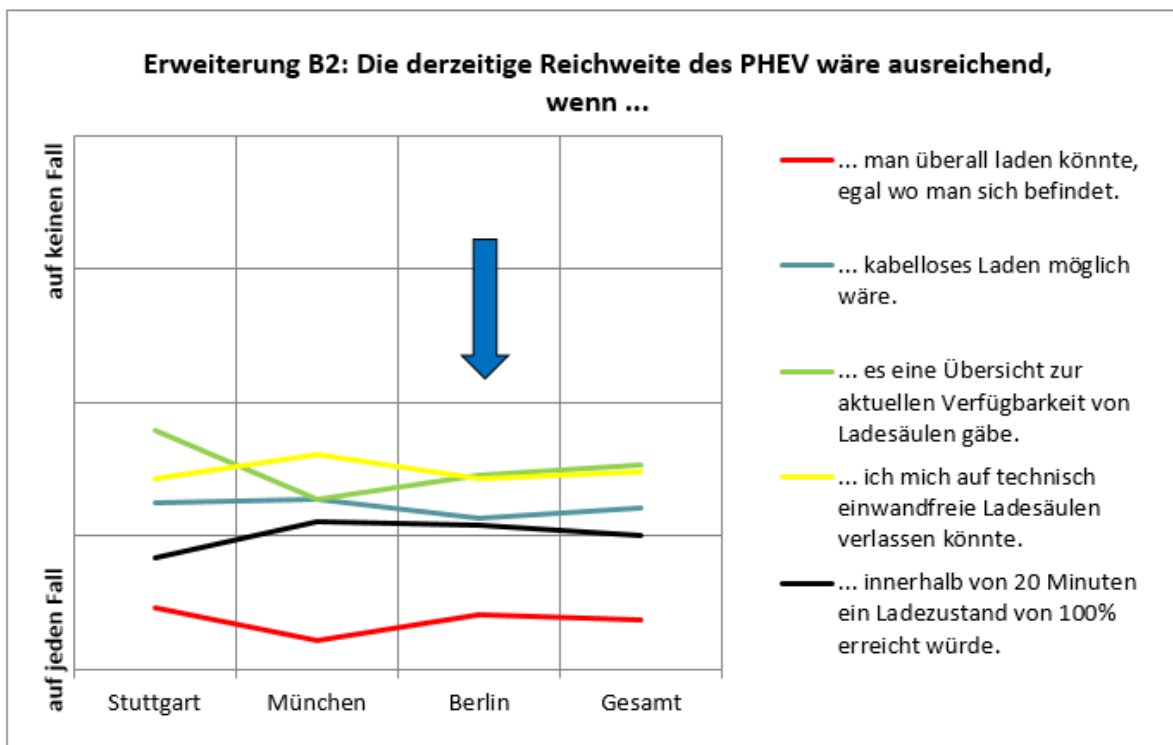


Abbildung 56: Abfrage Ladeinfrastruktur



Audi

In nachfolgender Abbildung 57 wird die Erwartungshaltung der Probanden über alle Schaufensterprojekte zu Beginn der Wellen mit dem Audi A1 e-tron (B1) und der Projekterweiterung (Erweiterung B1) gegenübergestellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei der Erweiterung bereits etwa 2/3 der Probanden Erfahrungen mit einem elektrifizierten Fahrzeug hatten. Es fällt auf, dass projektübergreifend der Fahrspaß elektrifizierter Fahrzeuge nach anfänglicher Skepsis sehr hoch eingestuft wurde. In den Technikgesprächen wurde von den Probanden auch immer der Boostmodus positiv erwähnt, den man jedoch aus energetischer Sicht nur selten nutzte. Zudem wird der speziell im Schaufenster Berlin ohnehin als kostengünstig eingestuften Elektromobilität in der Projekterweiterung noch mehr Sparpotential zugehört.

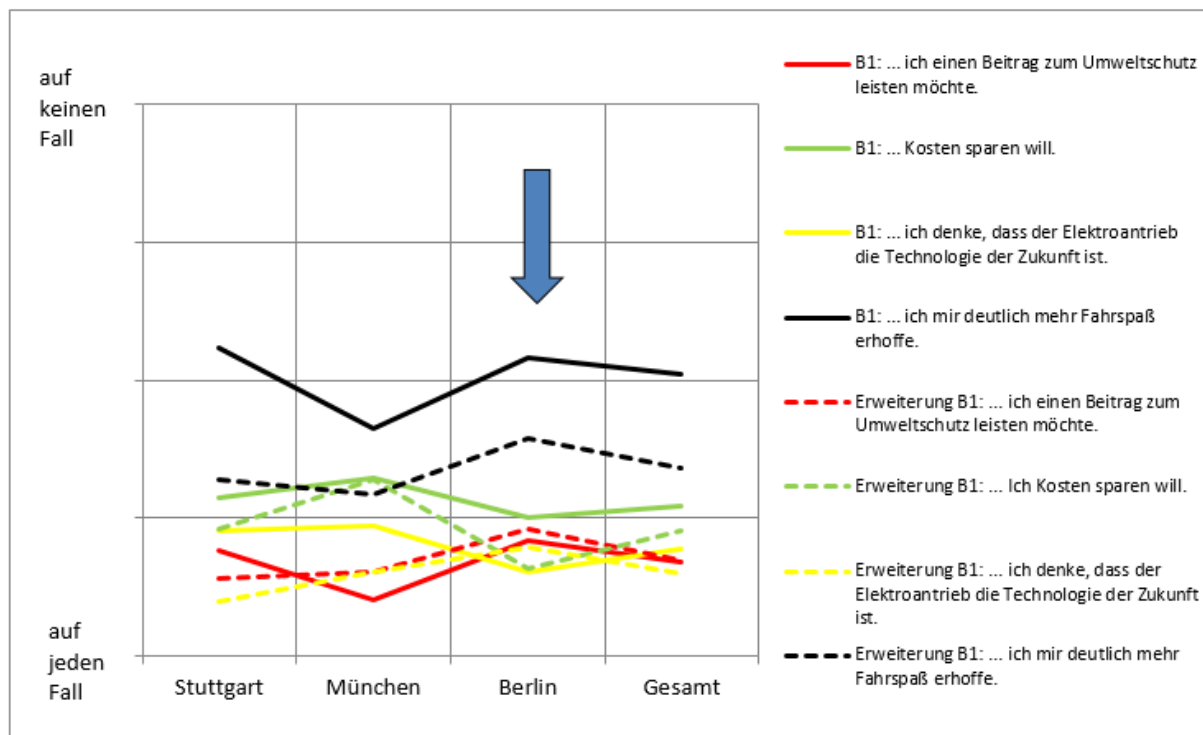


Abbildung 57: Einschätzung der Elektromobilität zu Projektstart und Projekterweiterungsbeginn

Auch Abbildung 58 stellt die Meinung der Probanden über den gesamten Projektverlauf dar: die unerfahrenen Probanden am Gesamtprojektstart (B1), die Einschätzung am Ende der Audi A1 e-tron-Phase (B5), sowie am Ende der Projekterweiterung (Erweiterung B4). Generell nimmt bei allen Schaufensterprojekten im Verlauf des Projekts die Zufriedenheit mit der elektrischen Reichweite ab. Auch die positiven Reaktionen auf die elektrifizierten Fahrzeuge nehmen kontinuierlich ab, bleiben aber auf einem hohen Niveau. Dies ist ein möglicher Indikator für die Gewöhnung an elektrifizierte Fahrzeuge und deren Akzeptanz der Gesellschaft. Ebenfalls auf hohem Niveau ist das Sicherheitsgefühl beim Laden. Insbesondere im Schaufenster Berlin zeigt sich hier eine Verbesserung über die Laufzeit.



Audi

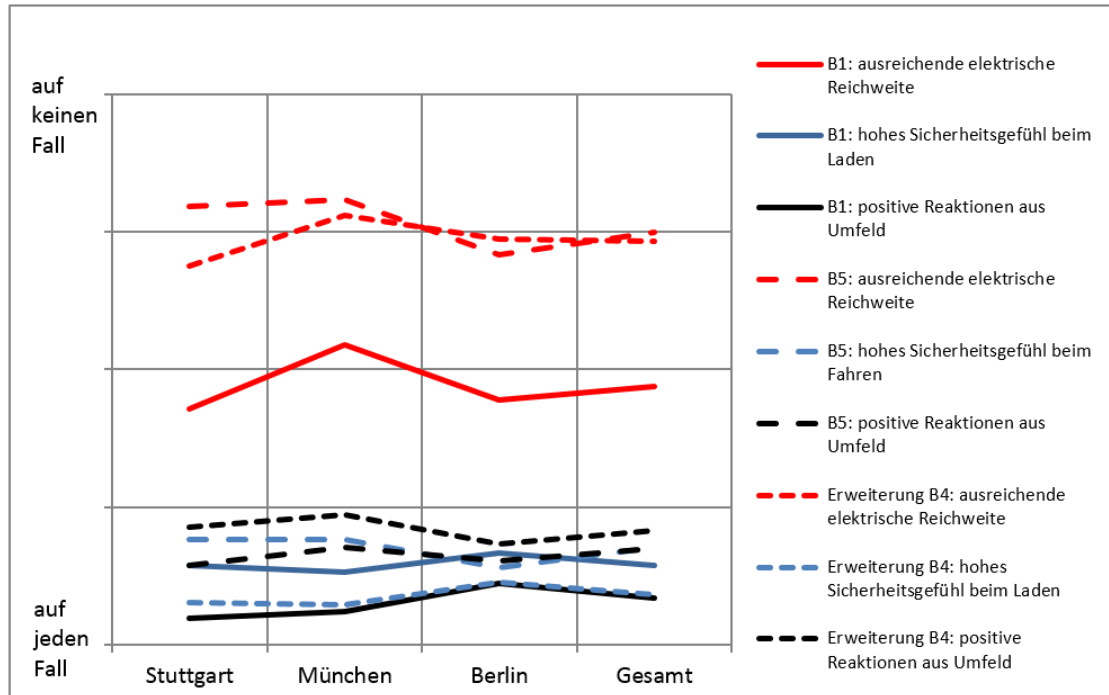


Abbildung 58: Entwicklung der Probandenmeinung über den Projektverlauf

Nachfolgende Abbildung 59 zeigt die Entwicklung der Aufpreisbereitschaft für ein E-Fahrzeug im Gegensatz zu einem konventionellen Fahrzeug. Generell hat sich während der 1. Phase die Aufpreisbereitschaft schaufensterübergreifend um ca. 2-4,5 % reduziert und bleibt während der Projekterweiterung auf einem ähnlichem Niveau. Lediglich im Schauens-ter München kam es bei der Verwendung des PHEVs zu einer Erhöhung der Aufpreisberei-tschaft (Erweiterung B3), was ggf. durch den Projektschwerpunkt Laternenparken begründet ist.

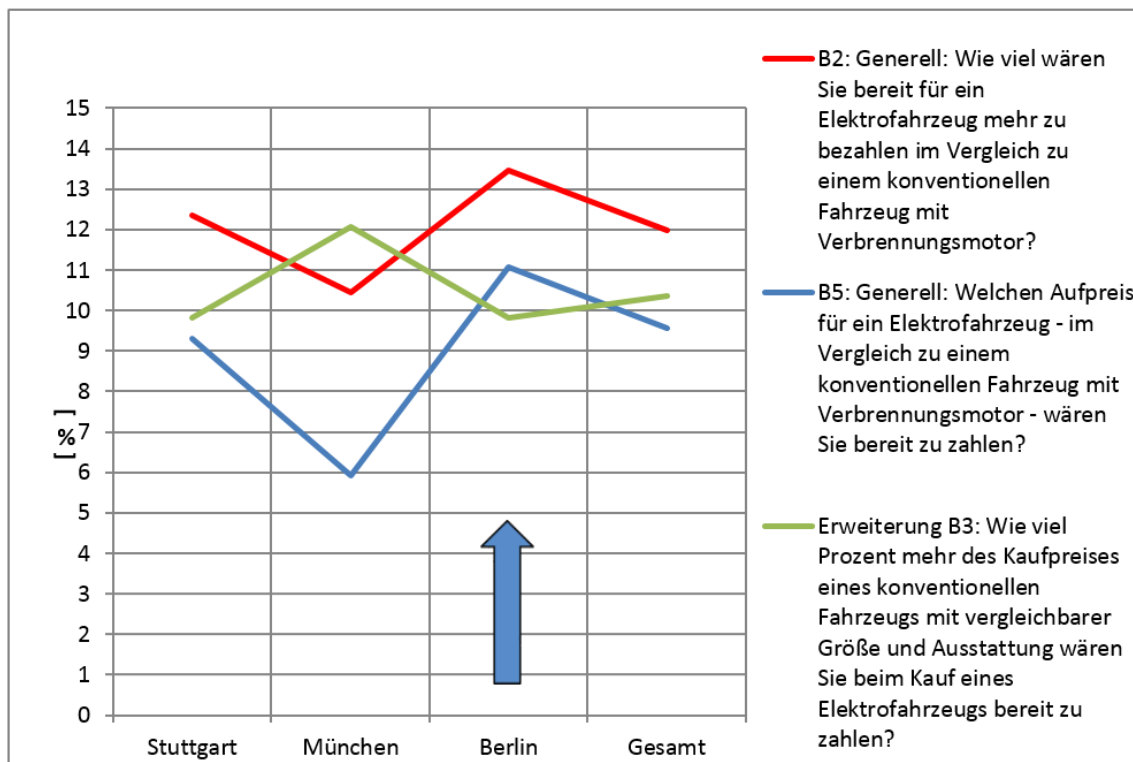


Abbildung 59: Aufpreisbereitschaft der Probanden



Audi

Analog zur Aufpreisbereitschaft verhält sich auch die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Probanden zukünftig ein Elektrofahrzeug kaufen werden (vgl. Abbildung 60). Über die Projektlaufzeit nimmt die Wahrscheinlichkeit jedoch leicht ab. Schaufensterübergreifend würden sich 2/3 der Probanden in den nächsten 3 Jahren ein elektrifiziertes Fahrzeug zulegen, wenn es zu übergreifenden Veränderungen kommt. So wird ein elektrifiziertes Fahrzeug momentan auch mittelmäßig als Zweitfahrzeug gesehen, die Berliner bewerten die Eignung etwas besser.

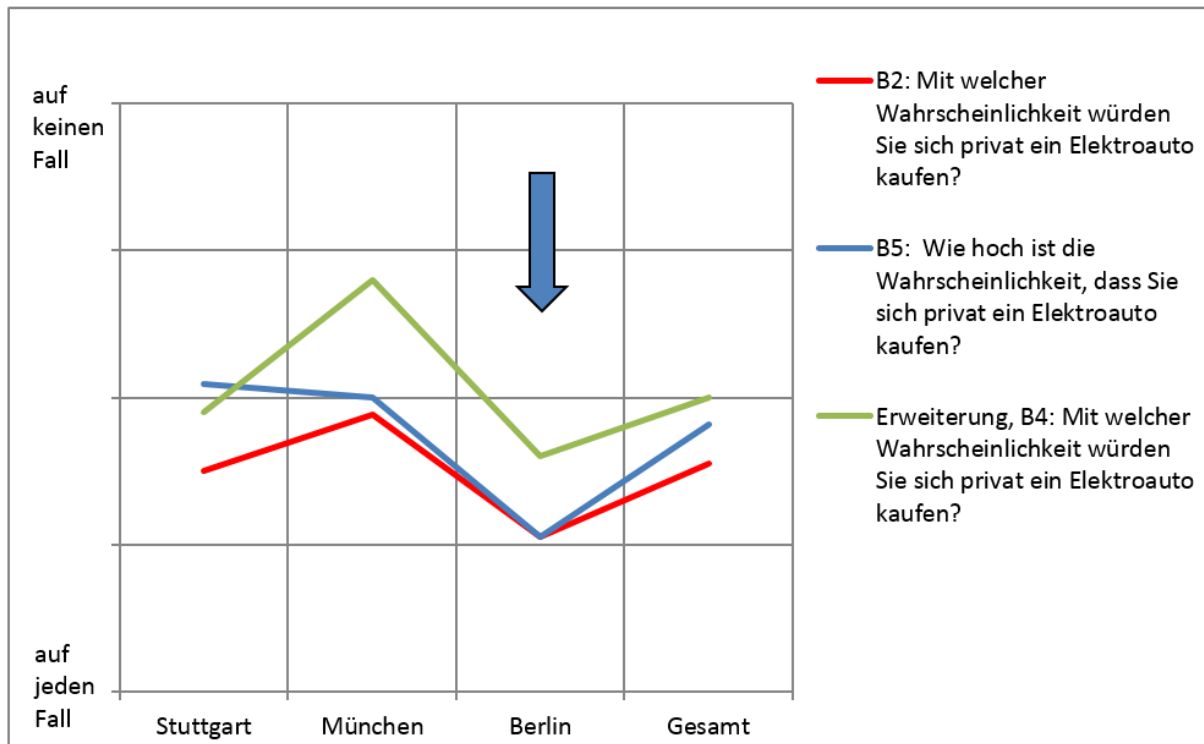


Abbildung 60: Kaufwahrscheinlichkeit eines E-Fahrzeugs

Laut Probandenaussagen bei der Rückgabe der Fahrzeuge des Schaufenster Berlin haben sich nach der 1. Phase zwei Probanden ein E-Fahrzeug bestellt, nach der Projekterweiterung hat sich ein Proband eine Erdgasfahrzeug gekauft, zwei Probanden standen mit einem Autohaus wegen des Erwerbs eines PHEVs in Verhandlung.

Zum Schluss wird die Beurteilung verschiedener Betriebsmodi gezeigt, aus denen die Probanden speziell durch die Nutzung eines Audi A3 e-tron frei wählen konnte. So wurden die Erwartungen an Beschleunigung und Fahrkomfort durch eine rein elektrische Fahrweise erfüllt, lediglich zur Erzielung hoher Geschwindigkeiten und bei sportlicher Fahrweise wurde der Hybrid-Modus mehr geschätzt (vgl. Abbildung 61).

Abschließend sei noch erwähnt, dass auch für die zweite Welle des Flottenversuchs Technikgespräche, Fokusgruppen und Onlinebefragungen stattgefunden haben. Sie bilden eine Grundlage für die Berichte.



Audi



Abbildung 61: Beurteilung der verschiedenen Betriebsmodi

Die Ladeinfrastruktur, die privat bei den Probanden eingesetzt wurde, ist nach Projektende kostenlos den Probanden übergeben worden. Gleiches ist für die Ladeinfrastruktur in der Tiefgarage des Quartiers Potsdamer Platz in Berlin an die PPMG vorgesehen. Aktuell in der Zeit der Berichterstellung finden hierzu Aktivitäten statt.



Audi

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Detaillierte Informationen hierzu sind dem Verwendungsnachweis zu entnehmen.



Audi

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Notwendigkeit der geleisteten Arbeit ist auf die weltweit zunehmenden Mobilitätsansprüche und Urbanisierung zurückzuführen, welche Regionen vor Herausforderungen stellt. Urbane Ballungsräume stellen Anforderungen an eine moderne Mobilität, die durch eine effektive Vernetzung von Verkehrsteilnehmern, Mobilitätsträgern und Infrastruktur zu charakterisieren ist. Zeitgleich fordern Politik sowie Städte und Regionen eine Dekarbonisierung, d. h. eine Reduktion von Emissionen und ein Lösen von fossilen Energieträgern.

Mobilität und Verkehr als zentrale Verursacher von Emissionen halten in diesem Kontext eminente Potentiale bereit, insbesondere der konstante Fortschritt und eine Weiterentwicklung der innovativen Technologien zur Elektromobilität.

Das vorliegende Vorhaben adressiert eben dieses zentrale Handlungsfeld. Durch die Identifikation von Herausforderungen bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen in urbanen Ballungszentren wird die Grundlage für die Entwicklung einer bedarfsgerechten Infrastruktur geschaffen. Ferner generiert die Untersuchung des Pendelverhaltes mit elektrifizierten Fahrzeugen bedeutendes Wissen, um Fahrzeuge und Infrastruktur bedarfsgerecht (weiter) zu entwickeln. Schließlich wird im Generellen eruiert, welche Bedürfnisse Kunden in Bezug auf elektrifiziertes Fahren aufweisen, beispielsweise hinsichtlich eines Servicekonzepts. Dieses Wissen wurde in den Flottenversuchen generiert. Darüber hinaus konnten zwei zentrale Fahrzeugkonzepte verglichen werden.

Die aufgezeigten Trends, Chancen und Herausforderungen machen die Notwendigkeit des Vorhabens deutlich und verdeutlichen zudem die Angemessenheit der Vorgehensweise und umfangreichen Ergebnisse.



Audi

4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Die im Rahmen der Flottenversuche gewonnenen Erkenntnisse sind für die Weiterentwicklung der E-Mobilitätsstrategie der AUDI AG von maßgeblicher Bedeutung. Durch das Projekt wurde Wissen in Hinblick auf Pendeln und Laden von RE- und PHEV-Fahrzeugen in urbanen Ballungsräumen generiert. Neben Erkenntnissen zum Fahrverhalten und Anforderungen an das Fahrzeug konnten auch Anforderungen an die Ladeinfrastruktur identifiziert werden, insbesondere an Ladeinfrastrukturen am Arbeitsplatz. Durch die Auswertung technischer Daten und Marktforschungsdaten im Kontext der Elektromobilität können darüber hinaus fahrzeugbezogene Anforderungen identifiziert werden.

Dieses Wissen ist für die AUDI AG wirtschaftlich bedeutend, da es die Basis für die Weiterentwicklung elektrifizierter Fahrzeuge unter Berücksichtigung verschiedener Umgebungsbedingungen und Kenntnisse über den Einsatz in einer Großstadt darstellt. Darüber hinaus erlaubt der direkte Vergleich der Fahrzeugkonzepte des Audi A1 e-tron und des Audi A3 e-tron die Identifikation von Vor- und Nachteilen der Konzepte aus einer Nutzerperspektive. Generell konnten Einblicke in Hinblick auf die Akzeptanz von Elektromobilität im Pendelverkehr gewonnen werden.

Schließlich erlaubt das gewonnene Wissen die Ableitung von Anforderungen an eine adäquate Ladeinfrastruktur und serviceseitige Betreuung. Bereits während des Projektes konnte solch ein Servicekonzept entwickelt und umgesetzt werden. Das Servicekonzept berücksichtigt hierbei sowohl Anforderungen der Nutzer, als auch Anforderungen von Händlern, Servicepartnern und der AUDI AG.

Zusammenfassend sind die Erfahrungen und Forschungsergebnisse des Projektes für die Entwicklung bestehender und zukünftiger elektrifizierter Fahrzeuge von zentraler Bedeutung. Ferner wird die Entwicklung neuer Geschäftsfelder ermöglicht. Somit wird auch ein maßgebender Beitrag für den langfristigen Unternehmenserfolg und die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens geleistet, was wiederum der Sicherung der Arbeitsplätze dient.

Wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten

Um eine Marktaktivierung und weitgehende Marktdurchdringung voranzutreiben muss Elektromobilität ganzheitlich weiterentwickelt werden. Nutzerfreundlichkeit und Alltagstauglichkeit von Elektrofahrzeugen und deren Infrastruktur und Servicekonzepte sind neben der fahrzeugseitigen Technologie die Basis einer flächendeckenden Elektromobilität.

Hierbei ist die Ladeinfrastruktur als Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Infrastruktur ein zentrales Handlungsfeld. Nicht nur Fahrzeughersteller müssen das Ladeverhalten der Kunden erkennen und für die Produkt- und Geschäftsfeldentwicklung nutzen. Durch das Projekt wurden Erkenntnisse zu den Ladebedarfen und -verhalten der Kunden im Pendelverkehr gewonnen. Zudem wurden Abhängigkeiten bei Nutzung und Laden von klimatischen Bedingungen und dem Wetter beobachtet.

Hinsichtlich der Fahrzeugkonzepte wurde insbesondere die Eignung der Audi A3 e-tron Fahrzeuge deutlich. Obwohl die Auswertung der Fahrzeugdaten eine elektrische Reichweite



Audi

von 50 km als ausreichenden Wert für den Kurzstreckenverkehr in Städten ergibt, ist aus Sicht der Nutzer eine Reichweite von 50 km nicht ausreichend. Dieses Wissen ist für die Umsetzung zukünftiger Fahrzeugkonzepte und eine optimierte Akzeptanz von Elektromobilität wichtig.

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die durch das Projektvorhaben gewonnenen Ergebnisse und Lösungsansätze sind ohne Ausnahme für die Umsetzung und Weiterentwicklung elektrifizierter Mobilitätsangebote der AUDI AG von großem Wert. Zur Evaluation und Prüfung der Ergebnisse wurden Fachabteilungen und Expertengremien herangezogen, welche die Bedeutung der gewonnenen Einblicke bestätigen.

Bei den Schaufensterprojekten handelt es sich im Allgemeinen um Forschungsvorhaben, welche in ihren Ergebnissen nicht an eine Umsetzung oder Markteinführung bestimmter Fahrzeugmuster gebunden sind. Die Vorhaben adressieren eine marktorientierte Erfahrung, Analyse und Evaluation der kompletten Bandbreite nachhaltiger Mobilitätslösungen über Flottenversuche.

Da das Vorhaben fundierte Einblicke in das Nutzerverhalten in einem E-Mobilitätskontext unter Berücksichtigung der Ladeinfrastruktur forciert, ist von einer hohen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Anschlussfähigkeit auszugehen, sowohl für die Automobilindustrie als auch für den Strommarkt.

Das generierte Wissen wird in den nächsten Schritten in Konzeptentwicklungsbereichen einzelner Fachabteilungen Anwendung finden und als Grundlage für die Weiterentwicklung der betroffenen Konzepte und Technologien dienen. Ferner soll die Ausplanung einer deutschlandweiten bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur sowie eines entsprechenden Servicekonzeptes vorangetrieben werden.



Audi

5. Anderweitige Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens

Während der Durchführung des Vorhabens sind der AUDI AG keine Fortschritte von anderen Unternehmen auf diesem Gebiet bekannt geworden.

6. Veröffentlichungen

Seitens der AUDI AG wurden keine Veröffentlichungen getätigt.