

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	5
Zusammenfassung	6
1 Zielstellung des Verbundprojektes	8
2 Ausführliche Darstellung der erzielten Ergebnisse des Verbundprojektes	9
2.1 Datengrundlagen	9
2.2 Fahrzeugmodell zur Verbrauchsberechnung	10
2.2.1 Erfassung der Verbrauchsprofile	11
2.2.2 Berechnung des Verbrauchs	11
2.2.3 Implementierung der Verbrauchsberechnung	13
2.3 Berechnung der Fahrzeugkosten	15
2.4 App-Entwicklung	15
2.4.1 Emobil-Quickcheck	16
2.4.2 Virtuelle Probefahrt	18
2.4.3 Auswertung	21
2.4.4 Einstellungen / Nutzerkonto / Sonstiges	22
2.5 Server und Backend	22
3 Wissenschaftliche Auswertung des Betatests	25
3.1 Durchführung des Betatest	25
3.2 Nutzung und allgemeine Einstellungen	26
3.3 Ergebnisse der Nutzerbefragung	30
3.4 Auswertung der Fahrprofile	33
4 Darstellung wesentlicher Abweichungen zum Arbeitsplan	41
5 Vergleich der Projektergebnisse zum internationalen Stand der Technik	43
6 Zukunftsaussichten und weiterer F&E-Bedarf	45
6.1 Zukunftsaussichten	45
6.2 Weiterer F&E-Bedarf	46
7 Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)	48
8 Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Endenergie- und Vollkostenberechnung im Projekt mittels Verbrauchsmatrizen und Kostenfunktionen auf Basis der ADAC-Fahrzeugdaten.	10
Abbildung 2: Schema der Verbrauchs- und Emissionsberechnung in VEHMOD	12
Abbildung 3: Modellierung des Energiebedarfs zur Fahrzeugklimatisierung.	13
Abbildung 4: Kalibrierung des Fahrzeugverbrauchsmodells zur Erstellung von Verbrauchsmatrizen	14
Abbildung 5: My-eDrive-App: Quickcheck in der Smartphone-App	17
Abbildung 6: Ausschnitt aus www.my-e-drive.de mit in die Website integriertem Emobil-Quickcheck	17
Abbildung 7: Ausschnitt der Ergebnisdarstellung des Emobil-Quickchecks im Webclient	18
Abbildung 8: Dashboard (mit Schnellstatistik und Auswahl der momentanen Stromnetzverbindung des Probefahrzeugs)	18
Abbildung 9: My-eDrive-App: Virtuelle Probefahrt per GPS. Rechts: Darstellung von Lademöglichkeiten bei niedrigem virtuellem Ladestand	20
Abbildung 10: My-eDrive-App - Erfassung von Fahrten mittels Start-Ziel-Eingabe	20
Abbildung 11: Smartphone-App: Fahrtenbuch mit Batteriebedarf der einzelnen Fahrten (links) und vergleichende Auswertungsansicht für sämtliche Elektrofahrzeuge (rechts)	21
Abbildung 12: Prinzipskizze der Komponenten des My-eDrive-Systems	23
Abbildung 13: Anzahl der My-eDrive-Installationen auf aktiven Android-Geräten sowie Anzahl der gesamten Installationen von September 2016 bis Juli 2018 (Auswertung entnommen aus der GooglePlay-Developer-Console)	26
Abbildung 14: Angegebene jährliche Fahrleistung der Nutzer nach Kraftstoff (Mittelwert und Standardabweichung)	27
Abbildung 15: Streuung der Jahresfahrleistung innerhalb der Nutzer	27
Abbildung 16: Anteil der Kraftstoffe sowie mittlere angegebene Verbräuche bei den aktuellen Verbrennungsfahrzeugen der Nutzer	27
Abbildung 17: Verteilung auf Fahrten- und Streckenmodus	28
Abbildung 18: Angaben der Nutzer zur Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur	29
Abbildung 19: Prozentuale Fahrzeugmodellauswahl zum Ende des Betatests (Juli 2017)	30
Abbildung 20: Altersverteiler bei den Teilnehmern des Betatests	30
Abbildung 21: Verständlichkeit der My-eDrive-App laut Abschlussbefragung	31
Abbildung 22: Für den Nutzer relevante Informationen der Web-App (Mehrfachauswahl möglich)	32

Abbildung 23: Kaufabsicht eines Elektrofahrzeugs nach dem Feldtest von eingangs unentschlossenen Teilnehmern (49 Nutzer)	32
Abbildung 24: Anzahl der per GPS aufgezeichneten Fahrten pro Nutzer	34
Abbildung 25: Verteilung der per GPS aufgezeichneten Strecke auf die Nutzer	35
Abbildung 26: Verteilung der mittleren Distanz einer Fahrt pro Nutzer	36
Abbildung 27: Nutzungsgrad der Traktionsbatterie pro Fahrt	36
Abbildung 28: Verteilung der mittleren Geschwindigkeit über die Nutzer	37
Abbildung 29: Mittlere Geschwindigkeit der GPS-Aufzeichnungen in Abhängigkeit der eingegebenen Jahresfahrleistung des Nutzers	37
Abbildung 30: Verteilung der mittleren Temperaturen der einzelnen Nutzungsprofile	38
Abbildung 31: Mittlerer Verbrauch im Betatest, differenziert nach Antrieb und Nebenaggregaten	39
Abbildung 32: Treibhausgasbilanz des Renault ZOE (22 kWh) für die Nutzungsprofile in My eDrive (Mittelwert über alle Nutzer mit > 100 km GPS-Strecke, unterschiedliche Strombereitstellung) im Vergleich zum bisherigen konventionellen Fahrzeug	40
Abbildung 33: Playstore Eintrag von ADAC e-Drive	42
Abbildung 34: Playstoreitrag der EQ Ready und EnBW mobility+ App	44
Abbildung 35: Angebot der API für App-Entwickler	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte API-Funktionen von My eDrive	23
Tabelle 2: Kumulierte Statistiken zu den Nutzerkonten	33
Tabelle 3: Streckenbezogene Statistiken	34

Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es, einer breiten Gruppe von potenziellen Elektrofahrzeugkäufern (privat, gewerblich) die Möglichkeit zu geben, das eigene Nutzungsprofil zuverlässig zu bewerten und das unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten richtige Fahrzeug für ihren Anwendungszweck zu wählen. Zentrale Projektergebnisse sind zwei öffentlich und kostenlos verfügbaren Smartphone-Apps (My eDrive und ADAC e-Drive) für die Android-Plattform, die Webseite www.my-e-drive.de inklusive interaktivem Web-Client sowie eine gut dokumentierte Programmierschnittstelle (API), über die Drittanwendungen Funktionalitäten von My eDrive nutzen können.

Zur Gewährleistung der Funktionalität und zur Einschätzung der Nutzerwahrnehmung von *My eDrive* wurde von Mitte 2016 bis Mitte 2017 ein umfangreicher Feldtest mit den registrierten Nutzern durchgeführt. Vor der Installation der App mussten potenzielle Nutzer einen Eingangsfragebogen ausfüllen. Während des Feldtests wurden die Smartphone-App, die Web-App und die Berechnungsalgorithmen im Zuge des Entwicklungsprozesses kontinuierlich aktualisiert. Die Testnutzer konnten jederzeit Kommentare zu Funktionen abgeben und Fehler mithilfe einer in der App integrierten Feedback-Funktion melden. Insgesamt meldeten sich 693 Personen für den Beta-Test an und installierten die App auf ihren Smartphones. Nach Abschluss des Betatests wurde die App weiterhin intensiv genutzt.

Rund 14 % der registrierten Nutzer füllten am Ende des Betatests auch den Abschlussfragebogen aus, die meisten davon regelmäßige Nutzer der App. Funktionalität und Optionen wurden dabei überwiegend als gut oder sehr gut verständlich beschrieben. Insbesondere die Schnellprüfung, die eine vorläufige Abschätzung des CO₂-Reduktionspotentials nach grundlegenden Nutzungsparametern ermöglicht, wurde als intuitiv erachtet. Das Gesamtkonzept der Benutzerschnittstelle kann daher als ausgereift betrachtet werden.

Insgesamt wurde die App bis zum Juni 2018 von etwa 3.000 Nutzern installiert, davon erstellten 1.335 ein Nutzerkonto. Knapp 500 davon lassen sich als regelmäßige Nutzer mit einer aufgezeichneten Strecke von über 100 km charakterisieren. Während des Betatests und auch nach dem öffentlichen Release bestand ein enger Kontakt zur Nutzergemeinde und es ging eine Vielzahl positiver sowie konstruktiv kritischer Rückmeldungen ein.

Wesentliche Abweichungen zum Arbeitsplan bestanden vor allem hinsichtlich der Projektlaufzeit und des Personaleinsatz. Insgesamt wurde das Projekt seitens ifeu um ein Jahr verlängert, zusätzlich stellte sich der Förderbedarf als größer heraus als ursprünglich veranschlagt. Dies lag einerseits am komplexen Projektgegenstand und zusätzlichen Anforderungen, die erst im Laufe des Projektes deutlich wurden. Zusätzlich lagen auch externe Faktoren vor, die das Projekt verzögert und den notwendigen Mitteleinsatz erhöht haben.

Mit der zusätzlichen Veröffentlichung von My eDrive im Rahmen des ADAC-Angebotes als ADAC e-Drive sind die Zukunftsaussichten einer weiteren Nutzung des Projektergebnisses hoch. Zusätzlich wird vorläufig weiterhin die My-eDrive-App angeboten um auch andere Wege der Verbreitung und Entwicklung zu ermöglichen. Damit verbunden ist eine Öffnung der serverseitigen Funktionalitäten als Application Programming Interface (API). Dadurch

können My-eDrive-Funktionen, die durch den Server bereitgestellt werden, in verschiedenste Anwendungen Dritter integriert werden, was prinzipiell neue Geschäftsmodelle ermöglicht.

1 Zielstellung des Verbundprojektes

Die gesellschaftlichen Vorteile und Chancen der Elektromobilität im Straßenverkehr sind bekannt: Nutzung erneuerbarer Energien auch im Verkehrsbereich, keine lokalen Emissionen und leiser Antrieb. Die Bundesregierung hat sich daher zum Ziel gesetzt, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu machen.

Dabei müssen vor allem die Kunden mitspielen: Sie müssen umfassend informiert sein über die neuen Fahrzeugkonzepte. Deren Vielfalt wird mit den Varianten vom autarken Hybrid-Pkw über den Plug-In-Hybrid und das Range-Extender-Fahrzeug bis hin zum reinen batteriebetriebenen Fahrzeug größer. Die Art und Weise, wie Fahrzeuge genutzt (Reichweite, Fahrprofil, Höhenprofil, Klimaanlage und Heizung) und wann sie wo geladen werden (und evtl. rückspeisen) können („Nutzungsprofil“), spielt zukünftig eine wichtige Rolle. Sie hat einen großen Einfluss auf die Kosten und die Umweltwirkungen, die mit den verschiedenen Fahrzeugkonzepten verbunden sind.

Ziel des Projektes war es, einer breiten Gruppe von potenziellen Pkw-Käufern (privat, gewerblich) die Möglichkeit zu geben, das eigene Nutzungsprofil zuverlässig zu bewerten und das unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten richtige Fahrzeug für ihren Anwendungszweck zu wählen.

Im Rahmen des Projekts sollte daher eine elektronische Plattform (Internet, Smartphone-App) geschaffen werden, über die potenzielle Kunden ihr eigenes Nutzungsprofil erstellen können (auf Basis der GPS-Aufzeichnungen ihres Smartphones oder durch Abschätzung typischer Nutzungsmustern) und für dieses Nutzungsprofil Verbrauchs-, Emissions- und Kostendaten für verschiedenartige aktuelle Pkw erhalten. Die Detaildaten sollten auf Basis der umfangreichen Daten des ADAC und anderer Quellen in einer permanent aktualisierten Datenbank hinterlegt werden und somit eine für den geplanten Anwendungszweck optimal angepasste Information zu den verfügbaren Pkw-Alternativen bieten.

Erster Arbeitspunkt war die gemeinschaftliche Methodenentwicklung (AP 1), anschließend erfolgte die Sammlung, Erhebung und Aufbereitung der notwendigen Datengrundlage (AP 2). Auf dieser Basis wurde die Plattform dann zunächst als Betaversion entwickelt (AP 3) und zur Validierung und Funktionsprüfung einem Pretest unterzogen (AP 4). Parallel erfolgten die Weiterentwicklung und anschließend die Veröffentlichung des Tools. Abschließende Verbreitungsaktivitäten (AP 5) sind fortlaufend. Eine Auswertung im Hinblick auf die Nutzerakzeptanz und potenzielle Nutzung von Elektrofahrzeugen erfolgte bereits im Rahmen eines Papers für das Electric Vehicle Symposium (EVS30) in Stuttgart und wird in diesem Abschlussbericht (Kapitel 3) aktualisiert und fortgeschrieben (AP 6).

2 Ausführliche Darstellung der erzielten Ergebnisse des Verbundprojektes

2.1 Datengrundlagen

Die Kernaufgabe des ADAC war es, auf Grundlage seiner internen Datenbanken das Projektvorhaben mit Daten und Informationen besonders in Bezug auf Umwelt- und Kostenfragen zu versorgen. In Zusammenarbeit zwischen ADAC und ifeu musste eingangs geklärt werden, welche Informationen in das Beratungstool bzw. das Berechnungsmodell einfließen sollen. Durch kontinuierliche Abstimmungsprozesse zwischen den Projektpartnern konnten die relevanten Fahrzeugdaten identifiziert und eingegrenzt werden. Dabei wurden zunächst breite Ansätze verfolgt, deren Umfang im Laufe der Entwicklung weiter reduziert und optimiert werden konnte. So wurden beispielsweise die Heizungs- und Kofferraummessungen nicht weiter für die Verbrauchsmodellierung berücksichtigt. Nachdem die tatsächlich notwendigen Messgrößen in Zusammenarbeit mit ifeu geklärt wurden, wurden hierzu im Laufe des Betatests mehrfach aktualisierte Informationen bereitgestellt. Mit eingebunden wurden dabei seitens ADAC die Bereiche Abgaslabor, Fahrzeugtechnik und IT/Informationssysteme.

Durch die umfangreiche Datenbank und Datenerhebung konnten viele für das Projekt notwendige Kenngrößen bereitgestellt werden. Auch die ADAC Autokosten wurden in die Entwicklung eingebunden, um relevante Informationen bezüglich der Fixkosten (Versicherungen, Steuern), der Werkstattkosten (Inspektionen, Verschleißreparaturen) und der Betriebskosten (Kraftstoffkosten) abbilden zu können. Eine weitere wichtige Kenngröße in Bezug auf die Kosten ist der Wertverlust selbst. Dieser wird in Anlehnung an die Gebrauchtwagenpreisnotierung der Deutschen Automobil Treuhand (DAT) vom ADAC individuell ermittelt und für das Projekt tabellarisch zur Verfügung gestellt.

Einen weiteren Einfluss auf die Datenerhebung und Modellierung hatte die Umstellung auf den neuen Abgastest beim ADAC (09/2016), bei dem neueste Erkenntnisse auf europäischer Ebene berücksichtigt wurden. Um den technischen Entwicklungen und gesetzlichen Rahmenbedingungen Rechnung zu tragen, wurde bereits zum April 2012 das Mess- und Bewertungsverfahren an den Stand der Technik angepasst. Mit der neuesten Aktualisierung wurden u.a. ergänzende Straßenmessungen (RDE, real Driving Emission) und realitätsnähere Testzyklen auf dem Abgasprüfstand (WLTP, Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) eingeführt. Dadurch waren auch Anpassungen am Fahrzeugmodell notwendig.

2.2 Fahrzeugmodell zur Verbrauchsberechnung

Mit dem Fahrzeugmodell wird der Energieverbrauch konkreter Elektrofahrzeugmodelle für individuelle Fahrzyklen berechnet. Das Fahrzeugmodell ist damit zentraler Bestandteil der My eDrive Architektur. Ziel der Fahrzeug-Modellierung war es die verbrauchsrelevanten Parameter entsprechend folgender Anforderungen differenziert zu berücksichtigen:

1. Die vom ADAC bereitgestellten Verbrauchsangaben aus verschiedenen Testzyklen werden in ausreichender Genauigkeit simuliert, so dass die einzelnen Fahrzeugmodelle bei individuellen Fahrprofilen der Nutzer unterscheidbar bleiben.
2. Die variablen Parameter für die zu berücksichtigenden Fahrzeuge sind entweder frei zugänglich oder können über den ADAC zur Verfügung gestellt werden.
3. Die Berechnung muss effizient genug sein, um großen Nutzerzahlen gerecht zu werden und möglichst geringen Akkuverbrauch auf den Endgeräten der Nutzer zu verursachen.

Um dies zu erreichen wurde im Rahmen des Projektes ein neues Fahrzeugmodell entwickelt (VEHMOD = VEHICLE MODEL). Auf Basis von VEHMOD werden dann für jedes Fahrzeugmodell zwei Verbrauchsmatrizen erstellt, die einerseits zur Berechnung des Nebenverbrauchs (hauptsächlich Fahrzeugklimatisierung) und andererseits zur Bestimmung des Verbrauchs zum Vortrieb des Fahrzeugs im Server-Backend Verwendung finden. Ferner werden anhand dieses detaillierten Simulationsmodells streckenspezifische Standardwerte für die Nutzereingabe von Fahrten ohne GPS-Aufzeichnung für Innerorts-, Außerorts-, Autobahn- und Gemischtstrecken abgeleitet.

Abbildung 1 zeigt den schematischen Prozess von der Eingabe der ADAC-Fahrzeugdaten bis hin zur Berechnung der strecken- und fahrzeugspezifischen Verbräuche, die wiederum Eingang in die Kostenberechnung für die verschiedenen Elektrofahrzeugmodelle finden. Neben den kraftstoffbedingten Betriebskosten werden weitere Vollkostenbestandteile anhand von den ADAC-Kostendaten abgeleiteter Kostenfunktionen berücksichtigt (siehe Kapitel 0).

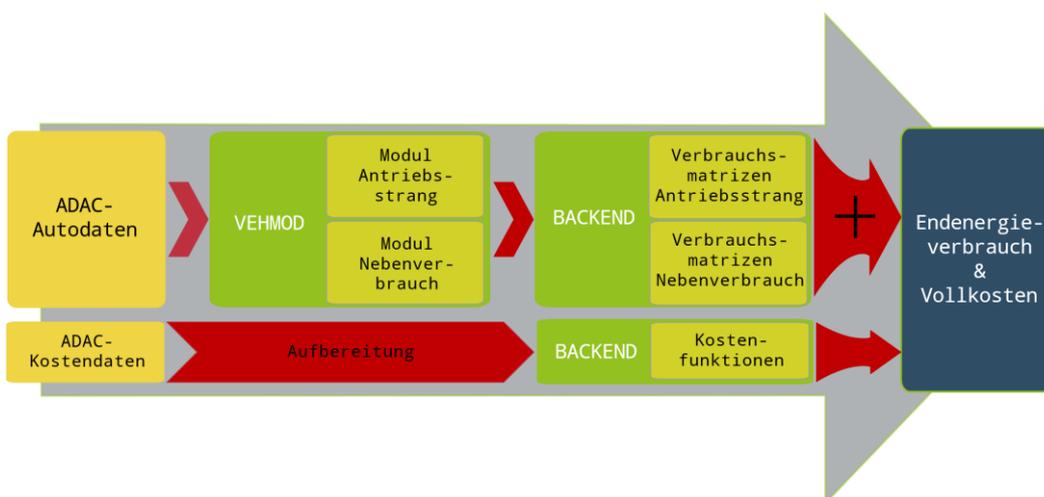


Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Endenergie- und Vollkostenberechnung im Projekt mittels Verbrauchsmatrizen und Kostenfunktionen auf Basis der ADAC-Fahrzeugdaten.

2.2.1 Erfassung der Verbrauchsprofile

Die auf Basis der durch die Endgeräte der Nutzer übermittelten GPS-Tracks erstellten Fahrprofile enthalten neben Zeit-Höhen- und Zeit-Geschwindigkeits-Verläufen auch Informationen zur aktuell vorherrschenden Außentemperatur. Aus diesen Informationen werden die Größen zur Selektion der Leistungswerte aus den Verbrauchsmatrizen ermittelt.

Im Falle des Antriebsstrangs werden aus dem Zeit-Geschwindigkeitsprofil und dem Zeit-Höhenprofil die instantan auftretende Last am Rad ermittelt. Zur Bestimmung der Nebenverbrauchsleistung werden die momentane Fahrtgeschwindigkeit und vor allem aber die instantane Außentemperatur herangezogen. Wobei die solare Einstrahlung mit einem Standardwert in der Verbrauchsmatrix berücksichtigt wird, da während des Entwicklungszeitraums, die Verfügbarkeit von Einstrahlungswerten nicht absehbar war. Beide Leistungswerte bestimmen, in welchem Maße der Ladezustand der Batterie sich verändert. Auf Basis des vergangenen Verbrauchs und des aktuellen Ladezustandes wird auch die Restreichweite ermittelt, die dem Nutzer im Endgerät angezeigt wird.

Dem App-Nutzer steht neben dem GPS-Tracking auch die Möglichkeit zur Eingabe von Fahrten anhand eigener Streckenangaben zur Verfügung. Um hier Fahrten auf unterschiedlichen Straßenkategorien, die sich im Verbrauchsprofil teils deutlich unterscheiden, ermitteln zu können, werden die in VEHMOD berechneten Verbrauchswerte für den Ecotest-Zyklus in innerort, außerorts und BAB unterteilt. Ferner wird ein gemischter Fahrtrieb ausgegeben, der sich aus dem Ecotest-Gesamtwert ergibt.

2.2.2 Berechnung des Verbrauchs

Um die streckenspezifischen Endenergieverbräuche zu ermitteln wird ein längsdynamisches Fahrzeugmodell eingesetzt¹. Dabei werden eventuell Effekte durch querdynamische Einflussgrößen – wie es auch bisher bei Rollenprüfstandmessungen der Fall ist – vernachlässigt. Die Änderungen in den Höhenprofilen der Strecken und die sich daraus ergebenden Laständerungen werden dagegen berücksichtigt.

Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird über einen virtuellen Fahrer, der als PID-Regler umgesetzt ist, über die Sollgeschwindigkeit aus dem vorgegeben Zeit-Geschwindigkeitsprofil als Führungsgröße geregelt. Die zu beeinflussende Regelgröße stellt die Momentangeschwindigkeit dar. Über die Stellgröße wird eine Drehmomentanforderung an das Antriebsaggregat oder das Bremssystem initiiert; die Drehzahl wird über die Fahrgeschwindigkeit, die aktuelle Getriebeübersetzung sowie den geometrischen Abmessungen der entsprechenden Fahrwerkskomponenten bestimmt. Die Daten des ADAC zur Fahrzeugmasse, den Karosserieabmessungen und der Reifengröße gehen direkt in das Modell als Parametergrößen ein.

● ¹ Jan Kräck, Julius Jöhrens & Hinrich Helms (2015): *Ermittlung des realitätsnahen und nutzerspezifischen Energieverbrauchs aktueller Elektrofahrzeuge auf Basis individueller Fahrprofile und standardisierter Messdaten*. In: Carsten Hoff & Ottmar Sirch (Hrsg.): *Elektrik/Elektronik in Hybrid- und Elektrofahrzeugen und elektrisches Energiemanagement VI*. Essen 2015.

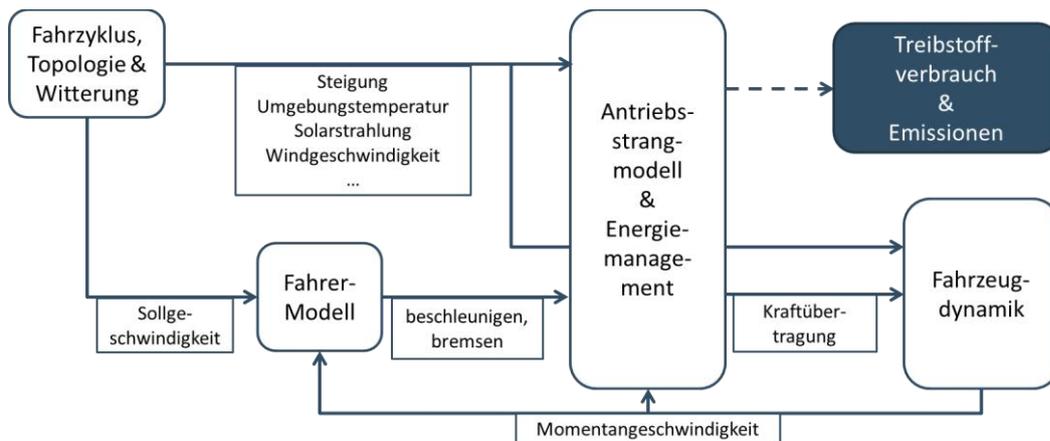


Abbildung 2: Schema der Verbrauchs- und Emissionsberechnung in VEHMOD

Nenndaten für die Leistung oder das Drehmoment bei entsprechender Drehzahl werden zur Erstellung generischer Wirkungsgradkennfelder für die Elektromotoren bzw. Elektrogeneratoren verwendet. Diese Kennfelder werden zur Berechnung des fahrzustandsabhängigen momentanen Verbrauchs oder des Energieflusses zur sowie von der Batterie herangezogen. Anhand des Wirkungsgradkennfeldes wird der Energieverbrauch für den aktuellen Betriebspunkt berechnet. Dieser hängt sowohl vom vorgegebenen Zeit-Geschwindigkeits- und Höhenprofil als auch von den Fahrzeugeigenschaften ab. Die Integration der Verbräuche in den einzelnen Betriebspunkten ergibt den Verbrauch über die gesamte zurückgelegte Strecke für den Vortrieb.

Die Nebenverbraucher zur Steuerung und Überwachung der Antriebsaggregate sowie für Servolenkung und Telematik werden in Abhängigkeit der Segmentgröße als konstante Verbraucher berücksichtigt. Die Klimatisierung des Fahrzeuges wird in Abhängigkeit der Außentemperatur und der Fahrtgeschwindigkeit, der Wärmegewinne durch Insassen und der solaren Einstrahlung berücksichtigt. Ferner lässt sich der Umluftanteil variieren. Die Soll-Innenraumtemperatur wird gemäß DIN 1946, Abschnitt 3 angepasst. Die Bauteilgrößen und Massen der Einbauten werden in Abhängigkeit des PKW-Segmentes, dem das jeweilige Fahrzeug zugeordnet ist, skaliert.

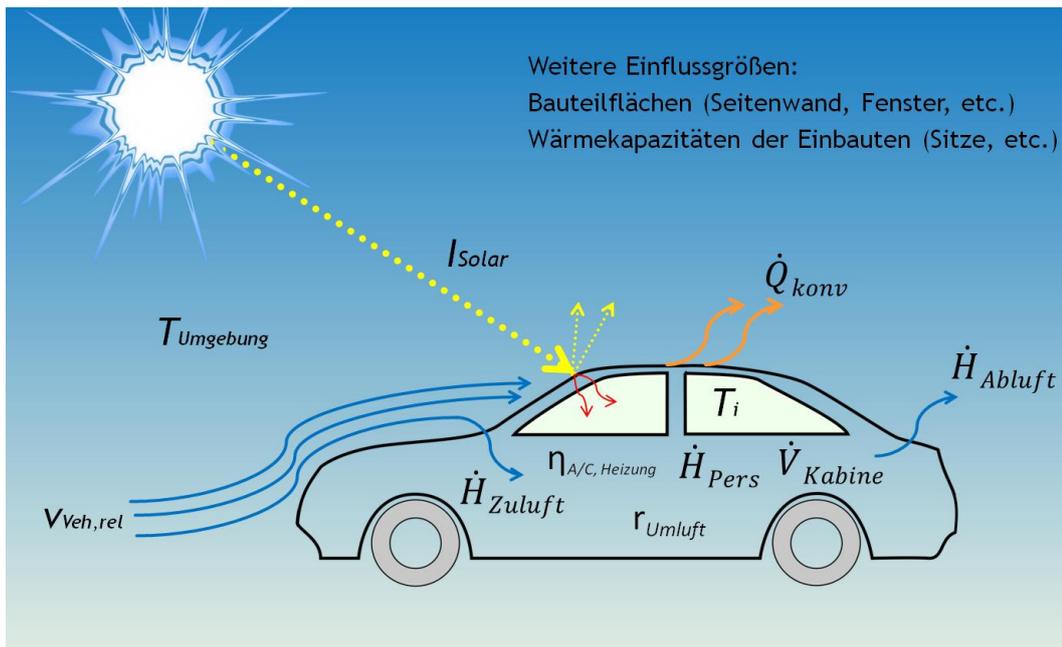


Abbildung 3: Modellierung des Energiebedarfs zur Fahrzeugklimatisierung.

2.2.3 Implementierung der Verbrauchsberechnung

Das Fahrzeugmodell wird schlussendlich zur Erstellung von Verbrauchsmatrizen herangezogen, um die Komplexität des Berechnungsvorgangs im Backend zu vermindern. Hierzu wird, wie in Abbildung 4 dargestellt, das Fahrzeugsimulationsmodell mithilfe der ADAC-Fahrzeugdaten parametrisiert und auf den Verbrauch im NEFZ bzw. WLTP-Zyklus kalibriert. Anhand des ADAC-Ecotest werden die Parametersets überprüft und ggf. nachjustiert.

Nach erfolgreicher Parametrisierung erfolgt die Berechnung der Verbrauchsmatrizen. Diese repräsentieren den gesamten möglichen Zustandsraum der verbrauchsrelevanten Größen für jedes betrachtete Fahrzeug. Das heißt sie sind nur durch die maximal erreichbaren Betriebszustände aufgrund der Fahrzeugauslegung (Antriebsleistung, Rekuperationsleistung und Maximalgeschwindigkeit) beschränkt. Im Falle der Klimatisierung sind die Wärmeverluste/-gewinne durch die Außenhülle einerseits und die Leistungsgrenzen der Systeme zur Innenraumkonditionierung (z.B. Klimaanlage) andererseits berücksichtigt.

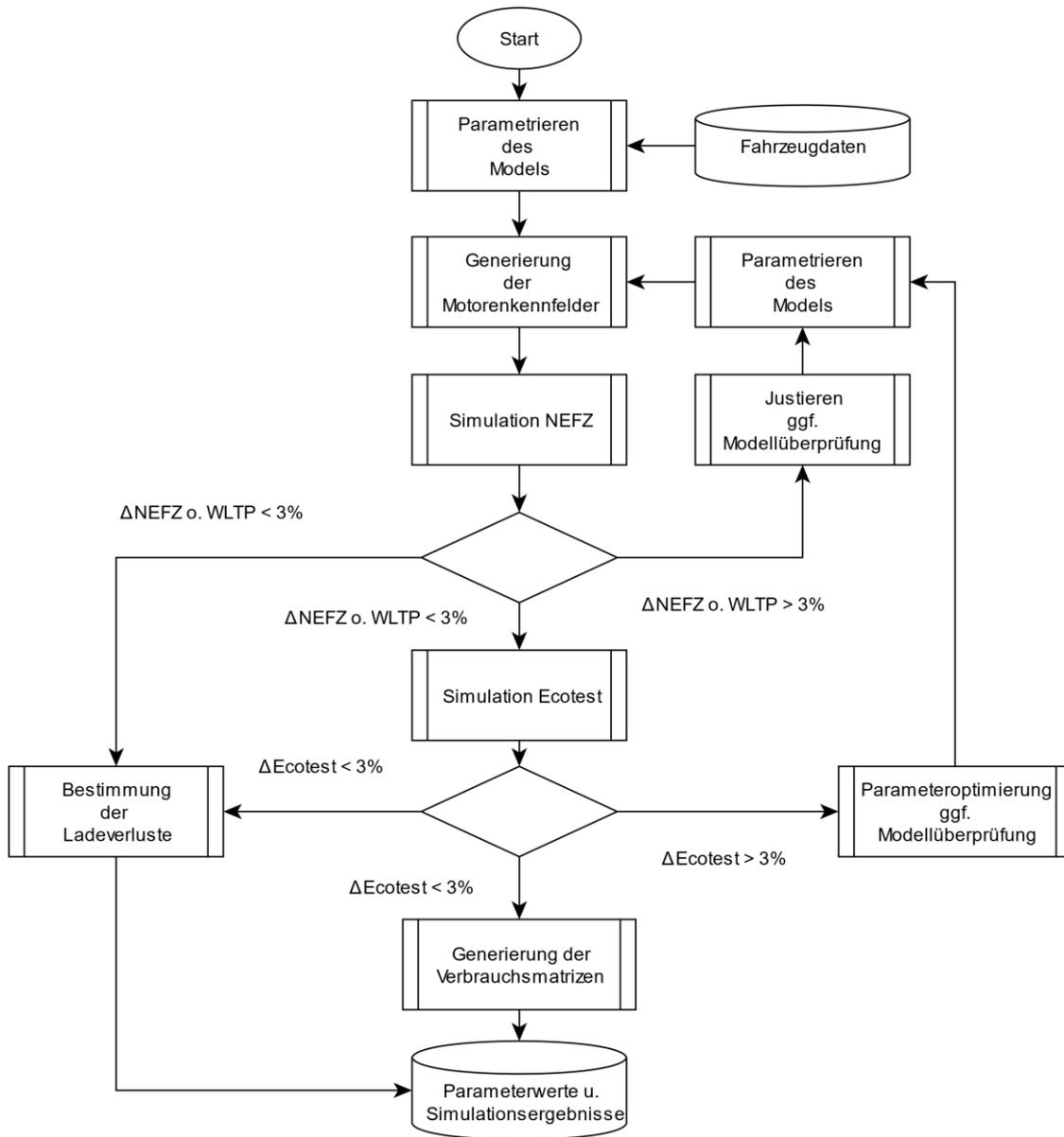


Abbildung 4: Kalibrierung des Fahrzeugverbrauchsmodells zur Erstellung von Verbrauchsmatrizen

2.3 Berechnung der Fahrzeugkosten

Die ADAC-Autokosten setzen sich aus dem Grundpreis, also der unverbindlichen Preisempfehlungen der Hersteller, den Fixkosten, den Werkstattkosten, dem Wertverlust und den Betriebskosten zusammen. Die Fixkosten beinhalten neben den Steuerabgaben und den Versicherungsbeiträgen auch Pauschalkosten für beispielsweise Parkgebühren sowie Haupt- und Abgasuntersuchung. In den Werkstattkosten sind Inspektionskosten, Verschleißreparaturen und die Kosten für den immer wiederkehrenden Reifenersatz enthalten. Wohingegen Betriebskosten neben den Kraftstoffkosten auch Nachfüllkosten für weitere Betriebsstoffe und eine Pauschale für die Wagenpflege enthalten.¹

Die Höhe des monatlich anfallenden Kostenbetrags hängt von der Jahresfahrleistung und der Haltedauer des Fahrzeuges bis zum Wiederverkauf ab. In My eDrive werden die Fahrzeugkosten je gefahrenem Kilometer angegeben, also auf die Jahresfahrleistung umgelegt. Zur Individualisierung der Haltungskosten werden die seitens des ADAC verwendeten Standardwerte des kilometerspezifischen Kraftstoffverbrauchs des jeweiligen Fahrzeugmodells durch den nutzungsspezifischen Verbrauch ersetzt, der durch die Modellberechnungen auf Basis der Nutzerangaben und der aufgezeichneten Fahrprofile ermittelt wurde. Zudem wird auf Basis des Wertverlustes ein Wiederverkaufspreis als Hilfsgröße ermittelt, um dem App-Nutzer, die Angabe eines rabattierten oder durch Förderung verringerten Kaufpreises zu ermöglichen. Durch einen verringerten Kaufpreis werden die tatsächlich wirksamen Kosten für den Wertverlust vermindert und somit auch die kilometerbezogenen Gesamtkosten verringert.

2.4 App-Entwicklung

Eine wesentliche Aufgabe im Vorhaben bestand in der Konzeption einer Nutzeroberfläche (engl. User Interface, UI) für Smartphone-App und Web-App. Diese sollte es den Nutzern auf einfache und intuitive Weise ermöglichen,

- Angaben zu ihrem bisherigen Fahrzeug zu machen (Jahresfahrleistung, Verbrauch und Kraftstoffart)
- eine Übersicht verfügbarer Elektrofahrzeuge inklusive des CO₂-Minderungspotentials zu erhalten („Quickcheck“)
- Fahrten per GPS aufzuzeichnen (nur Smartphone-App) bzw. einzugeben (beide Apps)
- erfasste Fahrten anzuzeigen und auf einer Karte darzustellen
- detaillierte Auswertungen pro Fahrzeug zu Eignung, Kosten und CO₂-Emissionen zu erhalten.

Zunächst wurde ein Prototyp der Smartphone- und Web-UI entwickelt und als Exponat in der Service-Manufaktur JOSEPHS in Nürnberg über eine Dauer von mehreren Monaten präsentiert. Feedback der Nutzer wurde in Form von Kurzfragebögen eingeholt. Die Auswertung ergab, dass das Konzept insgesamt als gut verständlich wahrgenommen wurde, alle angebotenen Auswertungskategorien mehrheitlich als relevant eingestuft wurden und sich die meisten Nutzer eine kombinierte Nutzbarkeit als Smartphone- und Web-App

¹ ADAC Fahrzeugtechnik, „Berechnungsgrundlagen für die standardisierte Kostenberechnung“. ADAC FTI, Jan-2016.

wünschten. Auf dieser Grundlage wurden die UI-Entwürfe in der Folgezeit weiter verfeinert, erste Mockups (Klickprototypen) erstellt und dann sukzessive die Funktionalität durch Einbindung der Server-API (siehe Abschnitt 2.4.3) ergänzt. Während des gesamten Betatests wurden die Oberflächenelemente weiter optimiert und weitere Funktionen integriert. Im Folgenden werden wesentliche Funktionen der Smartphone-App und der Web-App anhand von Screenshots erläutert. Dabei (sowie auch bei den Auswertungen in Kapitel 3) wird der grammatikalischen Einfachheit halber stets vom „Nutzer“ in der männlichen Form gesprochen – selbstverständlich sind jedoch beide Geschlechter gleichermaßen gemeint.

2.4.1 Emobil-Quickcheck

Beim ersten Start der App wird der Nutzer nach der Jahresfahrleistung und seinem durchschnittlichen Verbrauch mit dem bisherigen Fahrzeug gefragt. Diese Informationen werden benötigt, um dem Nutzer für die verfügbaren Elektrofahrzeuge eine Abschätzung des jeweiligen CO₂-Minderungspotentials gegenüber dem bisherigen Verbrennungsfahrzeug zu geben. Sowohl für die Elektrofahrzeuge als auch für das bisherige Verbrennungsfahrzeug werden dazu die CO₂-Emissionen über den gesamten Lebensweg inklusive Fahrzeugherstellung berechnet, wobei folgende Daten eingehen:

- CO₂-Emissionen durch die Fahrzeugherstellung/-entsorgung aus eLCAr, differenziert nach Fahrzeugsegmenten
- CO₂-Emissionen durch die Batterieherstellung pro kWh Batterie
- Vom Nutzer angegebener Kraftstoffverbrauch des Verbrennungsfahrzeugs
- Stromverbrauch des jeweiligen Elektrofahrzeugs im ADAC-EcoTest

Mithilfe der vom Nutzer angegebenen Jahresfahrleistung werden die Herstellungsemissionen auf den gefahrenen Kilometer umgelegt. Für den Vergleich wird weiterhin angenommen, dass das Verbrennungsfahrzeug jeweils dem gleichen Fahrzeugsegment wie das verglichene Elektrofahrzeug angehört. Der Nutzer erhält eine Liste der verfügbaren Elektrofahrzeuge mit dem jeweiligen CO₂-Minderungspotential (Abbildung 5). Von diesen Fahrzeugen kann er sich nun eines auswählen, um es „virtuell probe zu fahren“. Anschließend erhält er die Aufforderung, sich einzuloggen bzw. ein Nutzerkonto anzulegen.

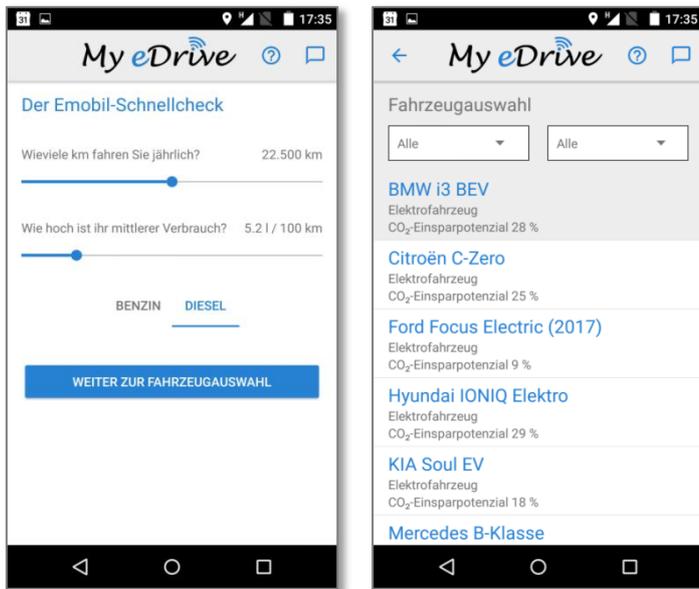


Abbildung 5: My-eDrive-App: Quickcheck in der Smartphone-App

Die Web-App war ursprünglich ausschließlich eingeloggten Nutzern vorbehalten. Mit dem Relaunch der My-eDrive-Website kann der Quickcheck nun auch direkt auf der Website ohne Anmeldung durchgeführt werden (Abbildung 6 und Abbildung 7). Erst nach Auswahl eines Testfahrzeugs wird der Nutzer aufgefordert, sich einzuloggen oder ein Nutzerkonto anzulegen, um sein Fahrprofil eingeben zu können.



Abbildung 6: Ausschnitt aus www.my-e-drive.de mit in die Website integriertem Emobil-Quickcheck

100000 €

Kompaktklasse

Fahrzeug	Segment	Reichweite	Motorleistung	Preis	CO ₂ -Ersparnis
Ford Focus Electric 2017	Kompaktklasse	185 km	107 kW	34.900 €	8 %
Hyundai IONIQ Elektro	Kompaktklasse	220 km	88 kW	33.300 €	28 %
Mercedes B-Klasse 250 e	Kompaktklasse	165 km	132 kW	39.151 €	7 %
Nissan Leaf 24 kWh 2013	Kompaktklasse	160 km	80 kW	34.785 €	11 %
Nissan Leaf 30 kWh 2013	Kompaktklasse	200 km	80 kW	36.785 €	8 %

Abbildung 7: Ausschnitt der Ergebnisdarstellung des Emobil-Quickchecks im Webclient

2.4.2 Virtuelle Probefahrt

Hat der Nutzer den Quickcheck durchlaufen und ein Fahrzeug ausgewählt, landet er auf dem „Dashboard“, einer Übersichtsseite, von der aus alle wesentlichen Funktionen der App gut erreichbar sind (Abbildung 8). Der Nutzer kann nun eine virtuelle Probefahrt starten – dies geht zum einen mittels GPS-Aufzeichnung und zum anderen über eine Start-Ziel-Eingabe.

Beim ersten Login eines Nutzerkontos kann der Nutzer zwischen dem sog. „Fahrtenmodus“ und dem „Streckenmodus“ wählen. Im Fahrtenmodus werden die erfassten Fahrten schlicht entsprechend ihrer jeweiligen Länge auf die eingegebene Jahresfahrleistung hochgerechnet, um das Nutzungsprofil zu erstellen. Im Streckenmodus kann der Nutzer mehrere erfasste Fahrten auf derselben Strecke zusammenfassen und dafür eine Häufigkeit definieren. Wenn bestimmte Strecken sehr häufig gefahren werden (bspw. bei Pendlern), können Nutzer durch diese Funktion mit wesentlich kürzerer Aufzeichnungsdauer ein aussagekräftiges Nutzungsprofil erstellen. Die Bedienung ist dafür geringfügig komplexer.

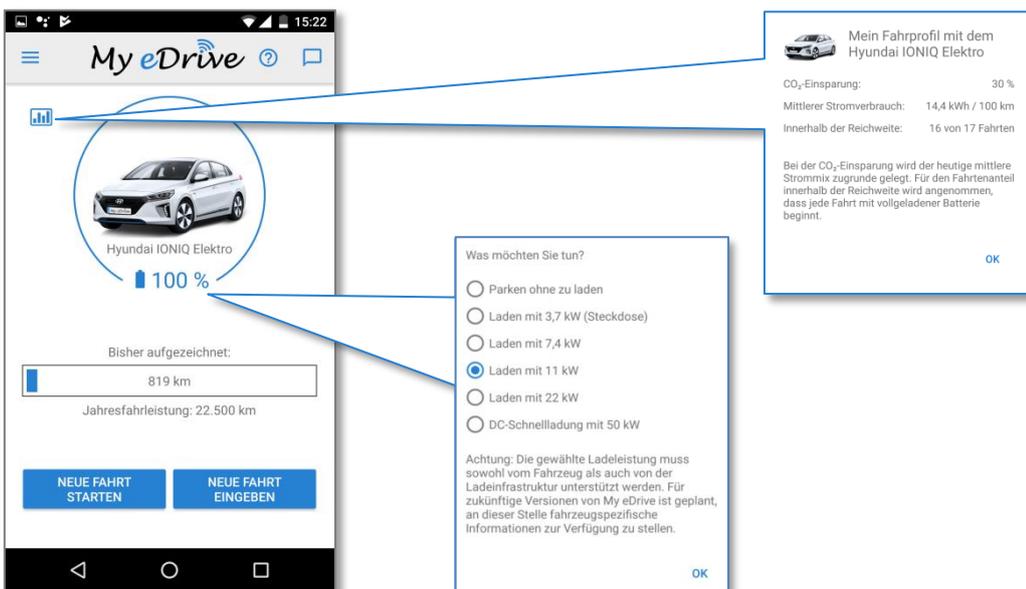


Abbildung 8: Dashboard (mit Schnellstatistik und Auswahl der momentanen Stromnetzverbindung des Probefahrzeugs)

Wird eine GPS-Aufzeichnung gestartet, so werden nach dem Starten der Fahrt die aktuelle Geschwindigkeit sowie die zurückgelegte Strecke der Fahrt angezeigt. Zudem wird aufgrund des initialen Ladezustands und der physikalischen Fahrwiderstände während der aufgezeichneten Fahrt jeweils aktuell der Ladezustand sowie die voraussichtliche Reichweite berechnet und dem Nutzer angezeigt (Abbildung 9). Diese Anzeige wird in Intervallen von etwa 10 Sekunden durch Kommunikation mit dem Server-Backend aktualisiert. Die Live-Anzeige steht daher nur bei Online-Verbindung des Smartphones zur Verfügung.

Wird während der Fahrtaufzeichnung die Höchstgeschwindigkeit des gewählten Elektrofahrzeugs überschritten, so wird dem Nutzer dies graphisch angezeigt. Sinkt der virtuelle Ladezustand unter einen Schwellwert von 20 %, so wird zudem die Möglichkeit angeboten, öffentliche Ladestationen in der Umgebung einzublenden¹.

Nach einer Fahrtaufzeichnung wird der Nutzer gefragt, ob das Probefahrzeug virtuell ans Stromnetz angeschlossen werden soll. Hierbei kann auch die Ladeleistung eingestellt werden. Es findet dann ein virtueller Ladevorgang in Echtzeit statt. Den aktuellen Ladezustand der Batterie kann der Nutzer auf dem Dashboard der App verfolgen.

Möchte der Nutzer eine Fahrt erfassen, wünscht aber keine GPS-Aufzeichnung oder hat diese vergessen, so kann er die Fahrt per Start-Ziel-Eingabe seinem Profil hinzufügen. Eingeben werden können Adressen, die intern in Koordinaten umgewandelt werden. Anschließend wird ein Routing zur Ermittlung der Distanz und der verwendeten Straßenkategorien durchgeführt, dessen Ergebnisse in die Verbrauchsberechnung eingehen.

¹ Grundlage ist hier die Datenbank des LEMnet e.V., der freundlicherweise für das Projekt zu stark ermäßigten Kosten eine Schnittstelle bereitgestellt hat.

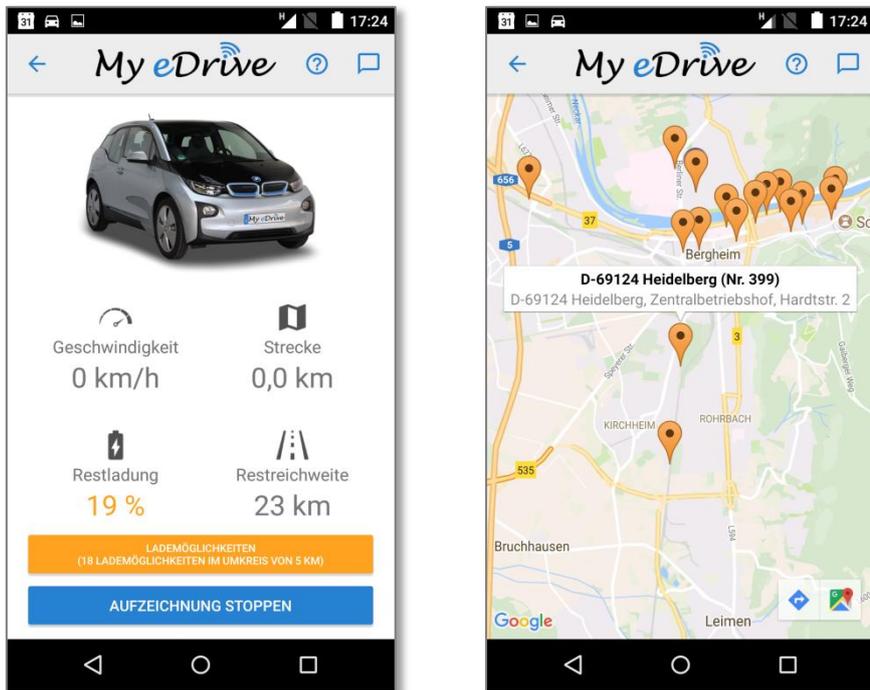


Abbildung 9: My-eDrive-App: Virtuelle Probefahrt per GPS. Rechts: Darstellung von Lademöglichkeiten bei niedrigem virtuellem Ladezustand

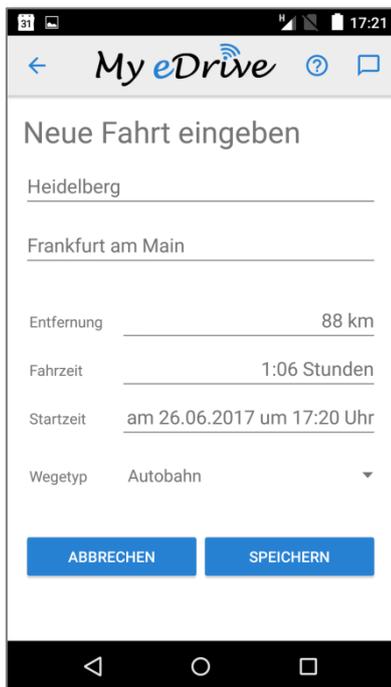


Abbildung 10: My-eDrive-App - Erfassung von Fahrten mittels Start-Ziel-Eingabe

2.4.3 Auswertung

Die Berechnungsergebnisse von My eDrive fließen an verschiedenen Stellen in die Darstellung der App ein. Grundsätzlich gilt: Für die Berechnung von Ergebnissen in My eDrive werden die bisher erfassten Fahrten stets auf die Jahresfahrleistung hochgerechnet, so dass bereits nach der ersten Fahrt Ergebnisse angezeigt werden können (die natürlich durch die Erfassung weiterer Fahrten genauer werden).

Unter „Meine Fahrten“ werden in der App alle erfassten Fahrten (GPS-basiert sowie manuell eingegeben) aufgelistet. Hier wird ebenfalls jeweils der Anteil einer Batterieladung des Probefahrzeugs angezeigt, der für diese Fahrt bzw. für alle Fahrten des betreffenden Tages benötigt wird (Abbildung 11 links). Über die Statistikfunktion des Dashboards (Abbildung 8) können zudem der mittlere Verbrauch, die CO₂-Minderung gegenüber dem bisherigen Fahrzeug sowie der Anteil der ohne Nachladen fahrbaren Fahrten/Strecken für alle bisher erfassten Fahrten ausgegeben werden.

Die Funktion „Auswertung“ schließlich gibt eine tabellarische Übersicht aller verfügbaren Elektrofahrzeuge aus, in der jeweils für das individuelle Fahrprofil des Nutzers die CO₂-Minderungen, Vollkosten pro km sowie die Eignung des Fahrprofils (fahrbare Fahrten / Strecken ohne unterwegs nachzuladen) für das entsprechende Fahrzeug dargestellt sind (Abbildung 11 rechts). Diese Liste kann nach CO₂-Minderung sowie nach Kosten sortiert sowie nach Fahrzeugsegmenten oder Herstellern gefiltert werden. Sie stellt für den Nutzer die Grundlage dar, um die Eignung unterschiedlicher Fahrzeuge für sein Nutzungsprofil relativ zueinander zu bewerten.

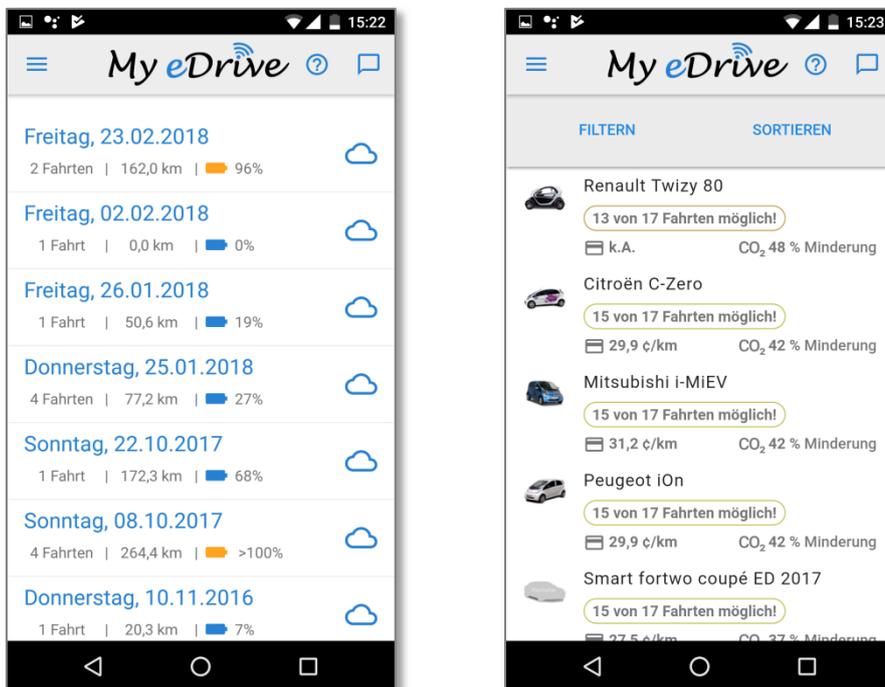


Abbildung 11: Smartphone-App: Fahrtenbuch mit Batteriebedarf der einzelnen Fahrten (links) und vergleichende Auswertungsansicht für sämtliche Elektrofahrzeuge (rechts)

2.4.4 Einstellungen / Nutzerkonto / Sonstiges

Der Quickcheck ist sowohl bei der Smartphone- als auch bei der Web-App ohne Anmeldung zugänglich. Für alle weiteren Funktionen ist ein Nutzerkonto erforderlich. Nutzerkonten können direkt innerhalb der Apps angelegt und sofort genutzt werden. Dazu müssen die Nutzungsbedingungen sowie die Datenschutzerklärung von My eDrive akzeptiert werden.

Bei der Konzeption der App wurde großer Wert auf „privacy by design“ gelegt. Bei der Registrierung muss daher lediglich eine Emailadresse sowie ein frei wählbares Passwort angegeben werden; Namen oder sonstige persönliche Informationen werden nicht abgefragt. Ein Nutzerkonto kann innerhalb der App mit sofortiger Wirkung vollständig und unwiderruflich gelöscht werden.

Die Live-Anzeige der Smartphone-App ist darauf ausgelegt, dem Nutzer während der Fahrt Informationen zur Verfügung zu stellen. Es ist daher von äußerster Wichtigkeit, dass der Fahrer hierdurch nicht vom Verkehrsgeschehen abgelenkt wird. Um dies zu gewährleisten, wurde während der Betatestphase ein Nachtmodus nachgerüstet, der den Bildschirmhintergrund der App auf schwarz umschaltet und somit die Blendungsgefahr bei Dunkelheit deutlich reduziert.

Um dem begrenzten Mobildatenvolumen einiger Nutzer Rechnung zu tragen, bietet die App zwei Einstellungsmöglichkeiten: Zum einen kann die Live-Anzeige des Ladezustands und der Restreichweite während einer Fahrt deaktiviert werden. Zum anderen kann der Datenverkehr der App grundsätzlich auf WLAN-Netzwerke beschränkt werden (was eine Deaktivierung der Live-Anzeige impliziert).

2.5 Server und Backend

Zu Beginn der Entwicklungsarbeiten wurde entschieden, weite Teile der für die Darstellung in der App notwendigen Berechnungen serverseitig durchzuführen. Die Apps (Smartphone und Web) dienen somit in erster Linie dazu, Eingangsdaten und Nutzereingaben zu erfassen sowie Berechnungsergebnisse für den Nutzer darzustellen. Grund dafür ist in erster Linie eine höhere Flexibilität und einfacheres Bugfixing (für Updates an der Programmlogik ist in der Regel kein Update der App auf den Endgeräten notwendig). Damit konnte eine hohe Entwicklungsgeschwindigkeit während der Betaphase mit begrenzten Ressourcen erreicht werden.

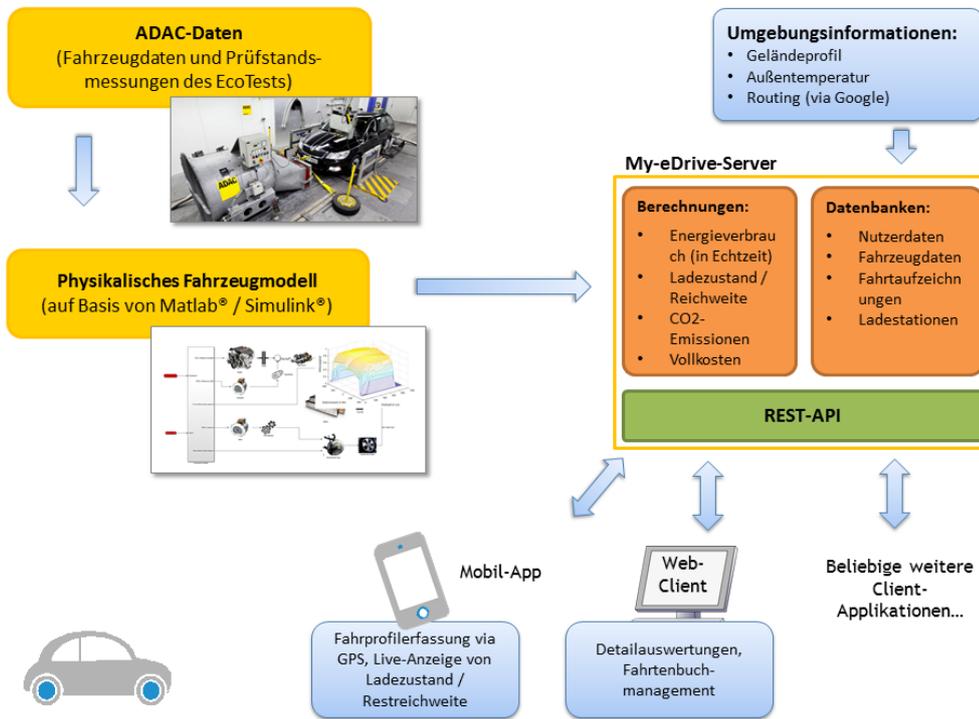


Abbildung 12: Prinzipskizze der Komponenten des My-eDrive-Systems

Die Kommunikation zwischen Server und Client-Apps erfolgt über eine REST-API¹, deren wesentliche Funktionen in Tabelle 1 dargestellt sind. Für die serverseitige Berechnung des Energieverbrauchs eines bestimmten Elektrofahrzeugmodells für beliebige GPS-Tracks wurde das in Matlab entwickelte Fahrzeugmodell (siehe Abschnitt 0) diskretisiert und in einen Matrix-Formalismus überführt. Dies reduziert den Rechenaufwand erheblich und ermöglicht die parallele Berechnung einer Vielzahl von Aufzeichnungen in Echtzeit durch den Server. Jedes Fahrzeug ist dabei durch eine Matrix repräsentiert, die den fahrwiderstandsabhängigen Energieverbrauch als Kennfeld sowie diverse weitere Koeffizienten enthält.

Tabelle 1: Ausgewählte API-Funktionen von My eDrive

Programmfunktion	Eingabedaten	Antwort des Servers
Quickcheck	Jahresfahrleistung, Kraftstoffverbrauch	Fahrzeugliste mit jeweiligen CO ₂ -Minderungen
Echtzeit-Analyse	GPS-Punkte mit Zeitstempel, initialer Ladestand, Fahrzeug-ID	Ladestand, Restreichweite
Fahrteingabe	Startadresse, Zieladresse,	Fahrtdauer, Strecke, Stra-

¹ REST = Representational State Transfer, ein Programmierparadigma für verteilte Systeme

	Zeitangabe	ßenkategorien
Statistische Auswertung	Nutzerkonto	Anteil der Fahrten innerhalb der Reichweite des gewählten Probefahrzeugs, mittlerer Energieverbrauch, CO ₂ -Reduktion

Sämtlicher Datenverkehr zwischen Clients und Server erfolgt SSL-verschlüsselt. Beim Login wird ein temporär gültiges Nutzertoken generiert, mit dem sich der Client gegenüber dem Server bei nutzerspezifischen Abfragen authentifiziert. Zudem ist nach Ende der Projektlaufzeit die Identifikation der Client-Anwendung durch einen API-Key eingeführt worden. Damit ist es nun möglich, dass auch Client-Anwendungen von Dritten die My-eDrive-API nutzen und ihre eigene Nutzerdatenbank im My-eDrive-System erstellen.

Bei der Entwicklung des Server-Backends wurde großer Wert auf einen hohen Datenschutzstandard gelegt. Dies führte zu folgenden Entscheidungen / Festlegungen:

- Der Server steht in einem Rechenzentrum in Deutschland und ist somit den deutschen Datenschutzgesetzen unterworfen.
- Die Verarbeitung personenbezogener Daten findet ausschließlich auf dem My-eDrive-Server statt. Greift der Server auf externe Dienste zurück (momentan zum Abruf von Gelände- und Wetterdaten), so werden nur Daten gesendet, bei denen ein Personenbezug ausgeschlossen werden kann.
- Wird ein Nutzerkonto vom System entfernt, so werden sämtliche damit assoziierte Daten automatisch vollständig gelöscht. Ein Backup der Nutzerdatenbank wird für 2 Wochen vorgehalten, danach sind sämtliche Daten gelöschter Konten unwiderruflich vernichtet.

Technisch gesehen sind die Serverkomponenten von My eDrive in PHP mit HHVM implementiert. Die Hardware ist auf den Betrieb als App-Server optimiert, momentan läuft die Datenbank jedoch auf derselben Maschine. Die Auslegung erwies sich als ausreichend, um die bislang aufgetretenen Nutzerzahlen ohne spürbare Wartezeiten zu bedienen. Bei stark steigenden Nutzerzahlen ist eine Skalierung mit Verteilung auf mehrere Rechner möglich.

3 Wissenschaftliche Auswertung des Beta-tests

3.1 Durchführung des Betatest

Zur Gewährleistung der Funktionalität und zur Einschätzung der Nutzerwahrnehmung von My eDrive wurde von Mitte 2016 bis Mitte 2017 ein umfangreicher Feldtest mit den registrierten Nutzern durchgeführt, der über eine eigenen Website (<https://www.my-e-drive.de/#/>) organisiert wurde. Relevante Fragen für den Feldtest waren:

- Sind alle wesentlichen Parameter abgedeckt?
- Ist die Implementierung technisch robust?
- Ist die Bedienung der App verständlich?

Vor der Installation der App mussten potenzielle Nutzer einen Eingangsfragebogen ausfüllen. Während des Feldtests wurden die Smartphone-App, die Web-App und die Berechnungsalgorithmen im Zuge des Entwicklungsprozesses kontinuierlich aktualisiert. Die Testnutzer konnten jederzeit Kommentare zu Funktionen abgeben und Fehler mithilfe einer in der App integrierten Feedback-Funktion melden. Insgesamt meldeten sich 693 Personen für den Beta-Test an und installierten die App auf ihren Smartphones. Am Ende des Testzeitraums wurden alle Teilnehmer gebeten, ein Bewertungsfragebogen auszufüllen, wobei 95 dieser Anfrage nachkamen.

Die Auswertungen in den folgenden Abschnitten basieren sowohl auf den Ergebnissen der beiden Nutzerbefragungen vor und nach dem Testzeitraum als auch auf den Daten, die bei Anmeldung und im Betrieb der App von den Nutzern erhoben wurden. Hierbei wurde nicht nur der Zeitraum des Betatests, sondern der gesamte Betriebszeitraum des My-eDrive-Systems ausgewertet, der sich nun über ca. 2 Jahre erstreckt (Mitte 2016 bis Mitte 2018).

Informationen über die App und den Feldtest wurden über die My-eDrive-Website, aber auch über die Facebook-Seite des Projektpartners ADAC verbreitet. Darüber hinaus gab es Berichterstattung in den Medien. Erwähnenswert ist hierbei insbesondere der Beitrag in der Sendung „planet e“, die einen hohen Bekanntheitsgrad aufweist¹. Viele Anmeldungen für den Feldtest können mit der medialen Präsenz in Verbindung gebracht werden.

Die Testpersonen für den Betatest hatten außer einem Smartphone mit Android-Betriebssystem keinerlei Voraussetzungen zu erfüllen. Häufige Anfragen von iPhone-Nutzern lassen darauf schließen, dass auch bei dieser Zielgruppe hohes Interesse an einer Teilnahme bestand, das leider im Rahmen des Projektbudgets nicht genutzt werden konnte.

¹ ZDF planet e „Elektroautos Top oder Flop“. Erstausstrahlung am 09.10.2016.

3.2 Nutzung und allgemeine Einstellungen

Der Download der App war während des gesamten Testzeitraums jedermann unbeschränkt möglich, die App war allerdings als „Betaversion“ gekennzeichnet. Nach dem Start der App ist es ohne Anmeldung möglich, den „Quickcheck“ (Ermittlung des CO₂-Reduktionspotentials mit verschiedenen Elektrofahrzeugen) zu durchlaufen und ein Fahrzeug auszuwählen. Dies stand somit allen Nutzern offen, unabhängig davon, ob sie sich zum Betatest angemeldet und den Eingangsfragebogen ausgefüllt hatten. Abbildung 13 zeigt die Anzahl der Installationen (kumuliert sowie jeweils aktuell auf aktiven Geräten). Demzufolge haben bisher insgesamt ca. 3000 Personen die App installiert. Die Anzahl der Installationen auf aktiven Geräten der My-eDrive-App hat sich während des bisherigen Betriebs relativ stabil auf etwa 750 Installationen eingependelt. Dabei findet eine kontinuierliche Umwälzung des Nutzerbestands statt. Es fällt auf, dass My-eDrive-Nutzer tendenziell neuere Betriebssysteme (und damit in der Regel auch Geräte) nutzen als der Durchschnitt aller Android-Benutzer.

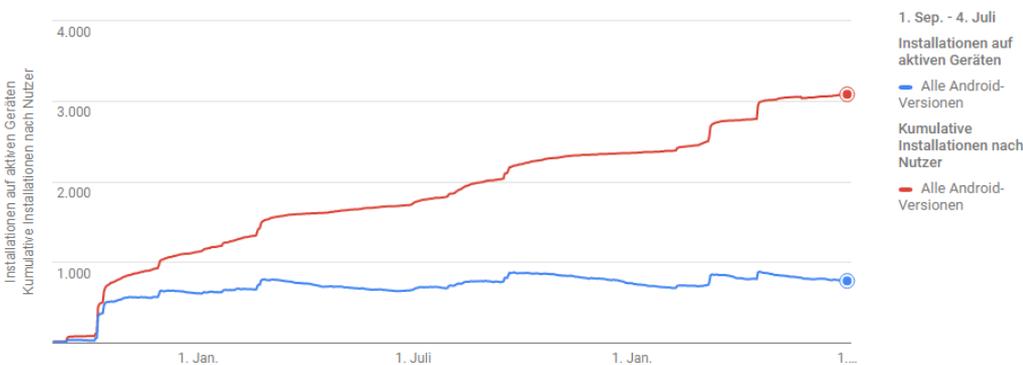


Abbildung 13: Anzahl der My-eDrive-Installationen auf aktiven Android-Geräten sowie Anzahl der gesamten Installationen von September 2016 bis Juli 2018 (Auswertung entnommen aus der GooglePlay-Developer-Console)

Zum Aufzeichnen von Fahrten, Reichweitenanalysen und weitergehende Auswertungen ist das Anlegen eines Nutzerkontos bei My eDrive erforderlich. Zum Redaktionsschluss dieses Berichts (25.6.2018) existierten im My-eDrive-System 1335 Nutzerkonten, ca. 30 weitere Nutzerkonten wurden im bisherigen Betrieb durch die Nutzer gelöscht. Nachfolgend werden einige allgemeine Eigenschaften und Einstellungen der Nutzerkonten statistisch analysiert. Eine Analyse der erfassten Nutzungsprofile folgt in Abschnitt 3.4.

Nach Installation der App wird der Nutzer zunächst aufgefordert, seine Jahresfahrleistung sowie Kraftstoffart und mittleren Verbrauch mit seinem bisherigen Fahrzeug einzugeben. Dies dient der überschlägigen Berechnung des CO₂-Ausstoßes für das Referenzfahrzeug, um den CO₂-Ausstoß der Elektrofahrzeuge relativ dazu angeben zu können. Die mittlere angegebene Jahresfahrleistung liegt bei etwa 18.600 km für Benziner und 25.300 km für Dieselfahrzeuge (Abbildung 14). Diese Werte liegen deutlich oberhalb des statistischen Mittelwertes für die gesamte Pkw-Flotte in Deutschland (nach TREMOD etwa 10.500 km für Benziner bzw. 20.500 km für Dieselfahrzeuge). In der Verteilung dieser Größe unter den Nutzern (Abbildung 15) liegen die häufigsten beiden Fahrleistungsklassen nahe beim statistischen Mittel, es gibt allerdings zusätzlich eine signifikante Gruppe mit Fahrleistungen zwischen 20.000 km und 30.000 km pro Jahr. Aus Umweltsicht hat die Fahrleistung auf die Abschreibung der herstellungsbedingten Emissionen und damit auf die Gesamtbilanz einen bedeutenden Einfluss.

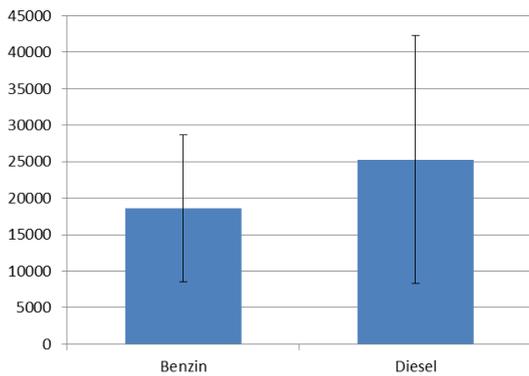


Abbildung 14: Angegebene jährliche Fahrleistung der Nutzer nach Kraftstoff (Mittelwert und Standardabweichung)

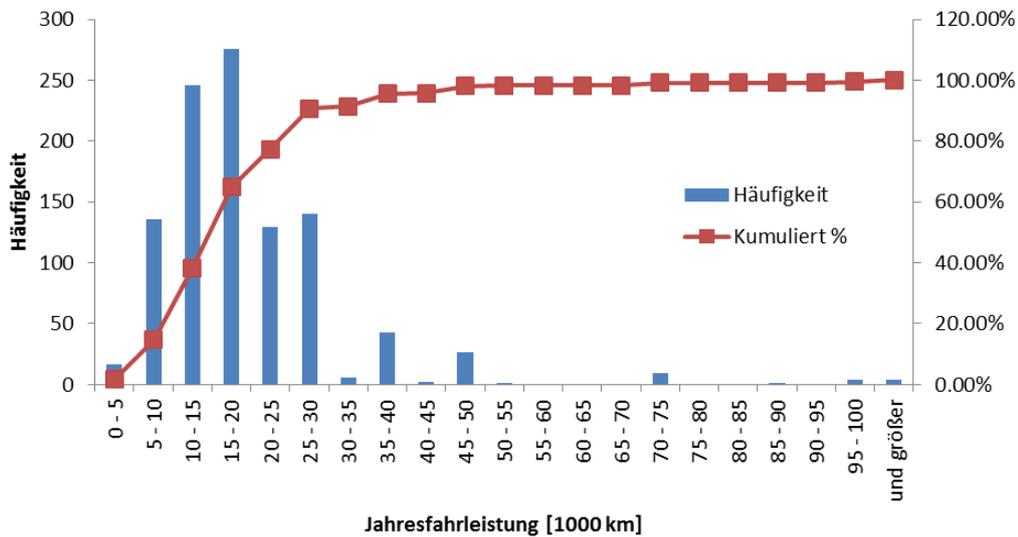


Abbildung 15: Streuung der Jahresfahrleistung innerhalb der Nutzer

Beim Antrieb des bisherigen Verbrennungsfahrzeugs waren Benzin und Diesel in etwa gleich stark vertreten (Abbildung 16). Die angegebenen mittleren Verbräuche liegen beim Benziner leicht, beim Diesel deutlich über den erwarteten Realverbräuchen aktueller Neufahrzeuge. Bei den Dieselfahrzeugen deutet dies auf ein höheres Alter der bisherigen Verbrennungsfahrzeuge der Nutzer hin. Viele Nutzer fragten auch nach einem Vergleich mit LPG- bzw. CNG-Fahrzeugen, der innerhalb der App nicht realisiert werden konnte.

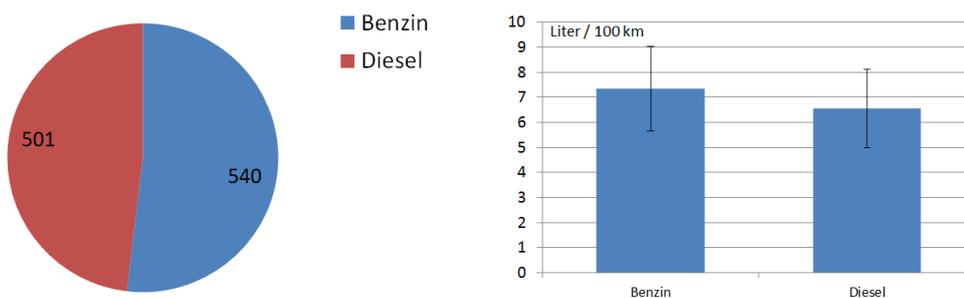


Abbildung 16: Anteil der Kraftstoffe sowie mittlere angegebene Verbräuche bei den aktuellen Verbrennungsfahrzeugen der Nutzer

Zu Beginn des Betatests wurden die Nutzer grundsätzlich aufgefordert, bei der Erfassung neuer Fahrten diese bestimmten Strecken zuzuordnen. Für die Strecken konnte dann die Fahrthäufigkeit angegeben werden (z.B. 1 mal pro Woche), wodurch sich eine Hochrechnung des Nutzungsprofils anhand nur weniger erfasster Fahrten realisieren lässt.

Im Verlauf des Tests stellte sich heraus, dass viele Nutzer das Anlegen von Strecken und die Zuordnung neuer Fahrten als zu kompliziert empfanden. Es wurde daher ein zweiter Modus nachgerüstet, in dem keine Strecken mehr existierten, sondern stattdessen alle erfassten Fahrten in der Auswertung gleich behandelt wurden („Fahrtenmodus“). Beim Anlegen eines neuen Nutzerkontos werden die Nutzer nun gefragt, ob sie die App im Fahrtenmodus oder im Streckenmodus betreiben möchten.

Obgleich der Fahrtenmodus seit seiner Einführung die Standardeinstellung für neue Nutzer darstellte, ist er derzeit nur bei etwa einem Drittel aller Nutzerkonten aktiviert. Dies dürfte jedoch auch damit zusammenhängen, dass ein beträchtlicher Teil der Nutzerkonten nur über einen kurzen Zeitraum von den Nutzern aktiv betrieben wurde und bei Einführung des Fahrtenmodus bereits inaktiv war. Dennoch scheint der Streckenmodus für etliche Nutzer gegenüber dem Fahrtenmodus einen Mehrwert darzustellen und sollte somit beibehalten werden.

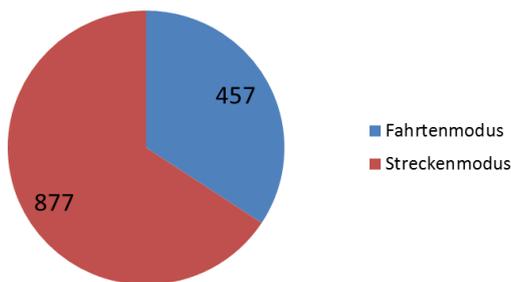


Abbildung 17: Verteilung auf Fahrten- und Streckenmodus

Während des Betatests wurde in der App eine Funktion implementiert, mit der bei niedrigem Batteriestand des Probefahrzeugs verfügbare Ladeinfrastruktur angezeigt werden konnte. Dabei erhielt der Nutzer auch die Gelegenheit, (virtuelle) Ladeinfrastruktur zu Hause sowie am Arbeitsplatz in der App zu hinterlegen. Hiervon machten einige Nutzer Gebrauch (Abbildung 18), wobei Ladeinfrastruktur zu Hause deutlich häufiger vorkam als solche am Arbeitsplatz. Schlüsse für die Gesamtheit der Nutzer von My eDrive lassen sich daraus aber aktuell nicht ziehen, da nicht erfasst wurde, ob die Eingabe bereits vorhanden oder geplante Ladeinfrastruktur umfasst.

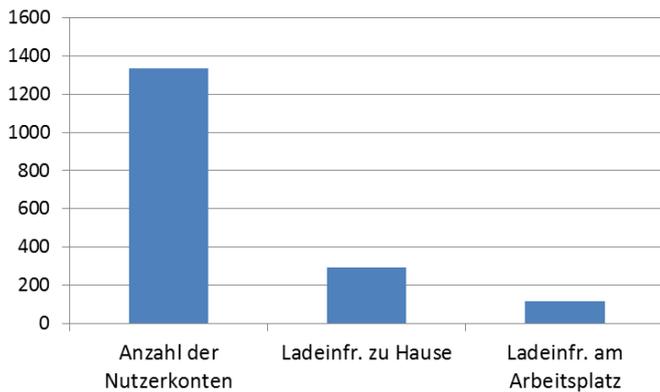


Abbildung 18: Angaben der Nutzer zur Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur

Für die Ermittlung des CO₂-Ausstoßes der Elektrofahrzeuge in der App konnte zwischen drei verschiedenen Szenarien der Strombereitstellung gewählt werden:

- Deutscher Strommix des Jahres 2015 (595 g CO₂-Äq./kWh)
- Gleitender Strommix, d.h. der zu erwartende mittlere Strommix über die Betriebsdauer eines heute neu zugelassenen Elektrofahrzeugs (470 g CO₂-Äq./kWh)
- Strom aus Photovoltaik, um beispielsweise eine direkte Versorgung des Elektrofahrzeugs durch die heimische Solaranlage zu berücksichtigen (87 g CO₂-Äq./kWh)

Der Strommix konnte allerdings nicht in der Smartphone-App eingestellt werden, sondern nur über das Webinterface von My eDrive, das insgesamt weniger genutzt wurde als die Smartphone-App. Zudem war vielen Nutzern den Rückmeldungen zufolge nicht bekannt, wie sie den Strommix einstellen konnten. Daher blieb dieser Parameter bei den meisten Nutzern auf der Standardeinstellung „gleitender Strommix“ und es können keine sicheren Rückschlüsse auf die diesbezüglichen Präferenzen der Nutzer gezogen werden.

Innerhalb der App konnten 18 verschiedene batterieelektrische Fahrzeuge für eine virtuelle Probefahrt ausgewählt werden, wobei drei Pkw im Verlauf des Betatests hinzukamen. Abbildung 19 zeigt, wie oft die verfügbaren Fahrzeugmodelle als virtuelles Testfahrzeug gewählt wurden. Am häufigsten wurden die Modelle BMW i3, Renault ZOE Z.E., Tesla Model S 75 und Hyundai IONIQ ausgewählt. Gründe hierfür sind noch nicht tiefgehend untersucht, aber es kann festgestellt werden, dass diese Fahrzeuge bestimmte charakteristische technische Merkmale aufweisen (hohe Reichweite bei Tesla, Carbon-Chassis bei BMW) und/oder einen hohen medialen Bekanntheitsgrad aufwiesen. Bei den Nutzern bestand generell der Wunsch, aktuelle Fahrzeuge in der App auswählen zu können. Einige Nutzer forderten darüber hinaus Fahrzeuge, die zwar angekündigt, aber noch nicht auf dem Markt verfügbar waren.

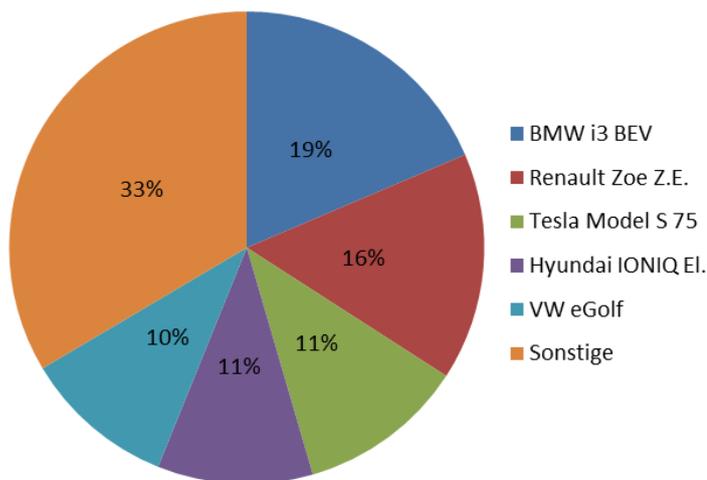


Abbildung 19: Prozentuale Fahrzeugmodellauswahl zum Ende des Betatests (Juli 2017)

Nach Abschluss der Betatestphase konnten noch einige weitere aktuelle Fahrzeugmodelle sowie Modell-Upgrades in die App aufgenommen werden, u.a. das Model 3 von Tesla, der Ampera-e von Opel sowie der Twizy von Renault.

3.3 Ergebnisse der Nutzerbefragung

Zu Beginn der Teilnahme am Betatest sowie zum Abschluss der Betatestphase wurden die Nutzer mittels separater Online-Fragebögen zu verschiedenen Themen befragt. Die Teilnahme an der Eingangsbefragung war obligatorisch für die Teilnahme am Betatest. Themen waren hier neben allgemeinen Angaben zur Person insbesondere die Technikaffinität, der Typ des verwendeten Smartphones (zwecks Sicherstellung der Kompatibilität), die Mobilitätsgewohnheiten sowie das Interesse an Elektromobilität. Nach Absenden des ausgefüllten Fragebogens bekamen die Teilnehmer Zugangsdaten für ihr Nutzerkonto bei My eDrive zugesendet.

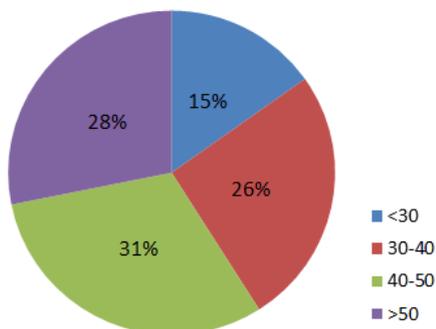


Abbildung 20: Altersverteiler bei den Teilnehmern des Betatests

Im Gegensatz dazu war die Teilnahme an der Abschlussbefragung freiwillig; rund 14 % aller registrierten Nutzer nahmen daran teil. Bei dieser Befragung ging es um die Bewertung verschiedener Aspekte der App und des Web-Interfaces aus Nutzersicht. Der überwiegende Anteil der Teilnehmer an der Abschlussbefragung nahm mehr als 20 Fahrten auf, während nur 18 % fünf oder weniger Aufnahmen durchführten. Die meisten Befragten hatten

somit eine ausreichende Interaktion mit der App, um eine fundierte Einschätzung geben zu können. Die Altersverteilung der Tester (Abbildung 20) zeigt, dass die verschiedenen Altersgruppen recht gleichmäßig repräsentiert sind, mit einem Schwerpunkt auf den 30- bis 50-Jährigen.

Auf die Frage nach der Verständlichkeit verschiedener Funktionen der App (siehe Abbildung 21) gaben die meisten Teilnehmer an, die Anweisungen und Optionen in der App verstanden zu haben. Insbesondere die Schnellprüfung („Quickcheck“), die eine vorläufige Abschätzung des CO₂-Reduktionspotentials auf Basis der Jahresfahrleistung und des aktuellen Kraftstoffverbrauchs ermöglicht, wurde als intuitiv erachtet. Das Gesamtkonzept der Benutzerschnittstelle kann daher als ausgereift betrachtet werden, während verschiedene Details zufolge einiger Benutzerrückmeldungen noch Verbesserungspotenzial aufweisen. Diesen Befund spiegelt auch die Gesamtheit der Rückmeldungen wider, die von Nutzern direkt aus der App mittels Feedback-Funktion abgesetzt wurden.

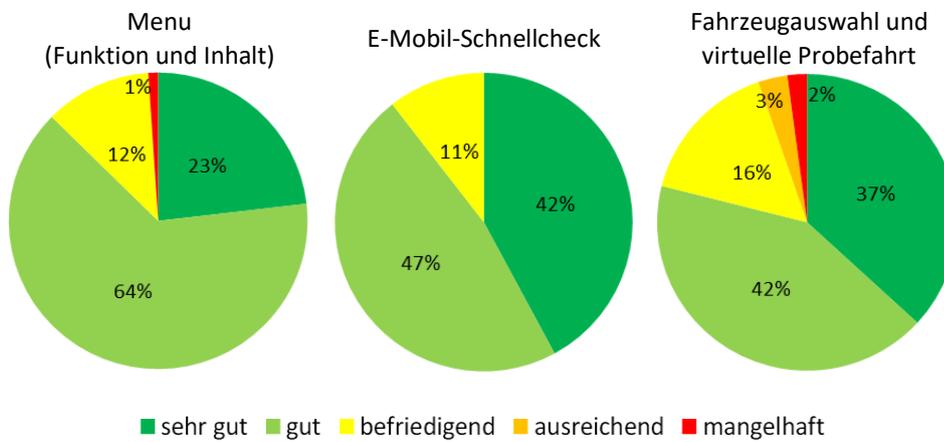


Abbildung 21: Verständlichkeit der My-eDrive-App laut Abschlussbefragung

Der Fokus des My eDrive-Projekts lag auf der Smartphone-App. Bei der Registrierung wurde jedoch auch auf das Web-Interface verwiesen, das zusätzliche Optionen und Ergebnisansichten bietet. In der Umfrage gaben lediglich 42 % der Teilnehmer an, dass sie die Web-App benutzt haben. Hieraus lässt sich ableiten, dass die Mehrzahl der Nutzer es bevorzugt, ausschließlich das Smartphone für My eDrive zu nutzen, obwohl die Web-App Möglichkeiten einer übersichtlicheren und detaillierteren Ergebnisdarstellung bietet.

Nutzer der Web-App wurden nach der relativen Bedeutung der dargestellten Informationen zu Kosten, Umweltbelastung und maximaler Reichweite befragt (Abbildung 22). Die meisten Befragten (ca. 78 %) halten Informationen zur Reichweite für relevant. Dies unterstreicht die Unsicherheit der Verbraucher in Bezug auf die begrenzte Reichweite von Elektrofahrzeugen. Die Kostenschätzung wird ebenfalls als wichtig angesehen. Demgegenüber ist die CO₂-Emissionsminderung für den Nutzer von geringerer Relevanz. Ein Grund hierfür könnte sein, dass Emissionen eine abstrakte Einheit sind, die keine direkt spürbaren Auswirkungen auf den Verbraucher hat. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die meisten Menschen, die sich für Elektrofahrzeuge interessieren, den Umweltnutzen als selbstverständlich erachten und daher primär an den persönlichen Kaufhemmnissen interessiert sind (im Wesentlichen sind dies die Kosten und die Reichweite).

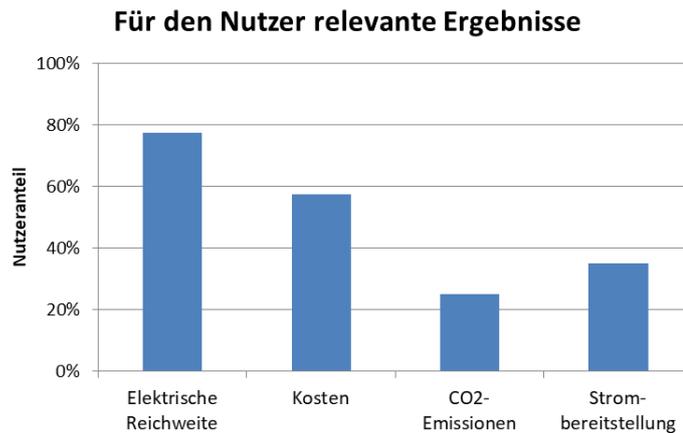


Abbildung 22: Für den Nutzer relevante Informationen der Web-App (Mehrfachauswahl möglich)

Hauptziel bei der Entwicklung der App war es, die Nutzer zur Eignung von Elektrofahrzeugen für ihr persönliches Mobilitätsprofil zu informieren und dadurch eine Kaufentscheidung zu unterstützen. Um die allgemeine Wahrnehmung der App zu erfassen, wurden die Teilnehmer abschließend gefragt, ob die App ihren Erwartungen entsprach. Ungefähr 80 % der Benutzer hielten die Anwendung in Bezug auf ihre Erwartungen für zufriedenstellend, wobei nicht weiter untersucht wurde, welche Erwartungshaltung die Nutzer hatten. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Erwartungen größtenteils mit der Zielsetzung der App übereinstimmen, da diese bei der Bewerbung des Betatesters klar kommuniziert wurde.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist der Einfluss der App-Nutzung auf die Kaufabsicht des Nutzers. Die Teilnehmer wurden vor und nach dem Praxistest über ihre Absicht befragt, ein Elektrofahrzeug zu erwerben. Diese Frage beantworteten 49 Nutzer sowohl in der Eingangs- als auch in der Abschlussbefragung. Abbildung 23 veranschaulicht die abschließende Kaufabsicht von Nutzern, die eingangs unentschlüssig bzgl. eines Kaufs waren.

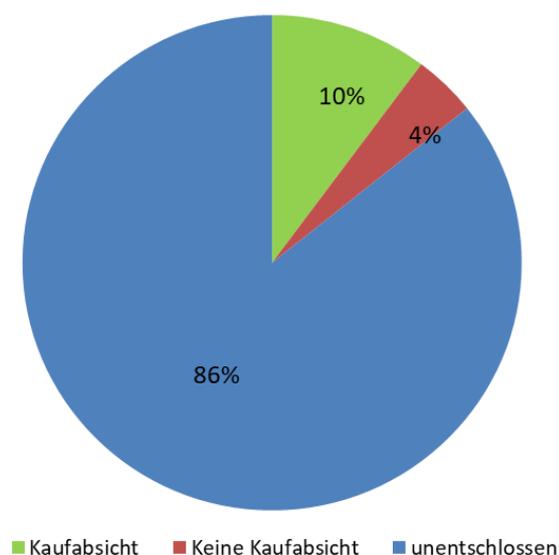


Abbildung 23: Kaufabsicht eines Elektrofahrzeugs nach dem Feldtest von eingangs unentschlüssenen Teilnehmern (49 Nutzer)

Am Ende des Feldtests planten 10 % der vormals unentschlossenen Nutzer konkret die Anschaffung eines Elektrofahrzeugs; 4 % entschieden sich gegen eine solche Anschaffung. Auch aus direktem Feedback der Nutzer während des Feldtests geht hervor, dass einige noch während des Feldtests ein Elektrofahrzeug bestellten.

Die Mehrheit der Nutzer war nach dem Test der App bezüglich eines Fahrzeugkaufs nach wie vor unentschlossen. Ein Grund dafür könnte sein, dass nicht alle Faktoren, die für die Entscheidungsfindung relevant sind, in der App enthalten sind: Aspekte wie Design, Interieur oder Raumangebot werden in der App nicht reflektiert, haben aber einen großen Einfluss auf die Wahl des Konsumenten. Des Weiteren war die Auswahl der Fahrzeuge innerhalb der App noch begrenzt und mehrere Fahrzeugmodelle, die während des Feldtests auf den Markt kamen, konnten nicht rechtzeitig in die App integriert werden (Häufig wiesen Nutzer per Feedbacknachricht darauf hin, dass ihnen ein bestimmtes Probefahrzeug fehlte). Zudem wurde den Nutzern zu Beginn des Tests klar kommuniziert, dass sich die App noch in der Entwicklung befindet und die Ergebnisse der Testfahrten mit Vorsicht zu interpretieren sind. Diese Faktoren dürften in der Summe zu dem recht großen Anteil nach wie vor unentschlossener Nutzer geführt haben.

Da die Erwartungen der Teilnehmer insgesamt erfüllt wurden, ist davon auszugehen, dass die meisten Nutzer nicht erwarten, dass die App ihre einzige Informationsquelle für den Autokauf sein sollte. Die App wird vielmehr als Hilfe zur Analyse bestimmter Aspekte gesehen. In jedem Fall ist die Verfügbarkeit aktueller Fahrzeugmodelle in der App von großer Wichtigkeit, stellt jedoch gleichzeitig eine Herausforderung dar: Um ein Fahrzeug in die App aufnehmen zu können, sind bestimmte technische Daten und Energieverbrauchswerte (v.a. aus dem ADAC-EcoTest) erforderlich, die i.d.R. erst mit einer zeitlichen Verzögerung zur Verfügung stehen.

3.4 Auswertung der Fahrprofile

In die nachfolgenden Auswertungen der Nutzungsprofile gehen alle 1335 Nutzerkonten ein, die mit Stand vom 25.6.2018 im System existierten. Ausgewertet wurde der gesamte bisherige Zeitraum des Betriebs, also auch der Zeitraum seit dem offiziellen Ende des Beta-tests bis zum 25.6.2018. Tabelle 2 und Tabelle 3 enthalten einige Eckwerte des Systems.

Tabelle 2: Kumulierte Statistiken zu den Nutzerkonten

Anzahl Nutzerkonten:	1335
Anzahl der registrierten Nutzer...	
...die Eingaben beim Emobil-Schnellcheck gemacht haben:	1042
...mit mindestens einer per GPS aufgezeichneten und gespeicherten Fahrt:	706
...mit mindestens 100 km GPS-Aufzeichnung:	475
...mit ausschließlich manuell eingegebenen Fahrten:	62

Von den registrierten Nutzern haben demzufolge etwa 80 % den Quickcheck abgeschlossen und sich ihr CO₂-Minderungspotential berechnen lassen. Etwa die Hälfte der registrierten Nutzer hat dann auch tatsächlich Fahrten aufgezeichnet und gespeichert. Von diesen Nutzern haben knapp 70 % auch mehr als 100 km Fahrt per GPS erfasst, die App also intensiver genutzt.

Tabelle 3: Streckenbezogene Statistiken

	kumuliert		pro Nutzer	
	GPS	manuell	GPS	manuell
Fahrtstrecke	685.090 km	29.145 km	1442 km	61 km
Anzahl Fahrten	20.233	379	43	0.80
Fahrtzeit	35.373 h	398 h	74 h	0.84 h
v _{mittel}	19 km/h	73 km/h		
- ohne Nutzer mit v _{mittel} < 10 km/h	40 km/h			

Die Nutzer zogen es eindeutig vor Fahrten per GPS aufzuzeichnen. Die manuelle Fahrteingabe war als häufig nachgefragtes Feature im Zuge des Betatests nachträglich in die App integriert worden. Die deutlich längere durchschnittliche Fahrtstrecke bei manuellen Fahrten deutet darauf hin, dass hiermit in erster Linie seltener vorkommende, längere Fahrten erfasst werden. Einige Nutzer fragten dieses Feature laut Feedbackmeldungen auch nach, um Fahrten „nachzutragen“, wenn die Aufzeichnung vergessen wurde.

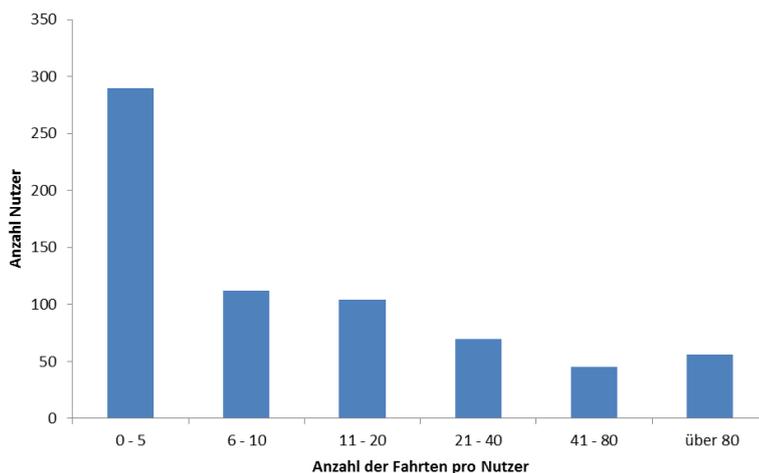


Abbildung 24: Anzahl der per GPS aufgezeichneten Fahrten pro Nutzer

Die Fahrtenanzahl pro Nutzer (Abbildung 24) weist erwartungsgemäß einen relativ großen Anteil von Nutzern mit 5 oder weniger Fahrten aus, die sich mit der App eher oberflächlich befassen. Auf der anderen Seite gibt es auch einen recht starken Kern von ca. 50 „Intensivnutzern“, die mehr als 80 Fahrten in ihrem Nutzerkonto haben. Dies spiegelt auch die Verteilung der aufgezeichneten Gesamtstrecke auf die Nutzer wider (Abbildung 25):

Etwa die Hälfte der insgesamt aufgezeichneten Strecke wurde von Nutzern aufgezeichnet, die zwischen 5.000 km und 20.000 km Strecke aufgezeichnet haben.

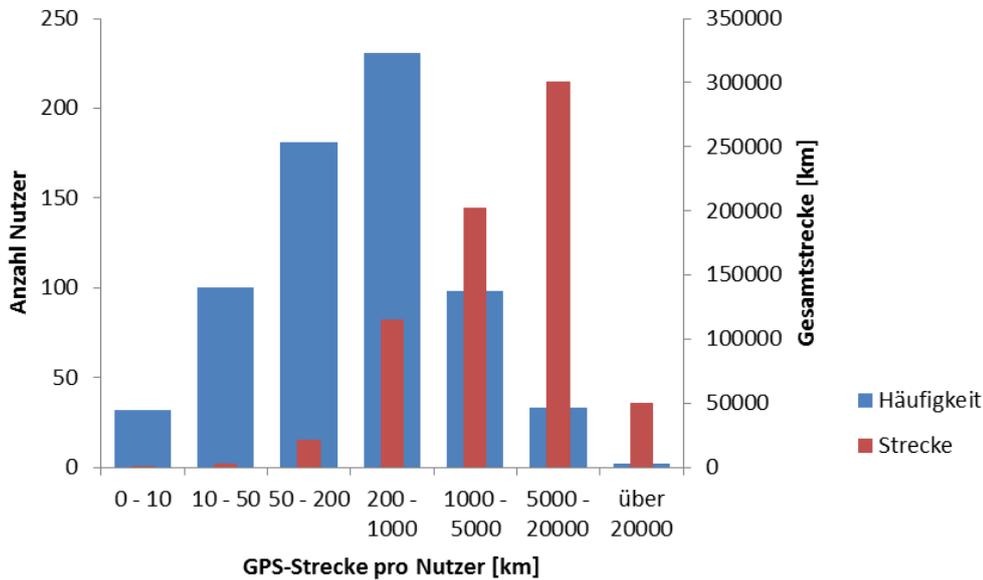


Abbildung 25: Verteilung der per GPS aufgezeichneten Strecke auf die Nutzer

Ein Blick auf die Verteilung der Distanz pro aufgezeichneter Fahrt (Abbildung 26) zeigt, dass die durchschnittlichen Fahrdistanzen für die meisten Nutzer deutlich innerhalb der Reichweite aktueller EV-Modelle liegen: Etwa 88 % hatten durchschnittliche Fahrdistanzen von bis zu 100 Kilometern. Folgerichtig ist der mittlere Nutzungsgrad der Batterie des Probefahrzeugs bei per GPS aufgezeichneten Fahrten mit etwa 14 % recht gering (Abbildung 27). Bei manuell eingegebenen Fahrten, die in der Regel deutlich länger waren, lag der mittlere Nutzungsgrad der Batterie bei knapp 30 %. In beiden Fällen streuten die Werte relativ stark zwischen den Nutzern.

Damit ein Fahrprofil in der Praxis für ein Elektrofahrzeug geeignet ist, ist natürlich auch bei solch kürzeren Fahrten eine Ladeinfrastruktur am Zielort sowie hinreichend Zeit zum Laden erforderlich. Während dieser Umstand im Zuge der Echtzeit-Simulation von den Nutzern direkt berücksichtigt werden konnte (durch „virtuelles Laden“ am Ende der Fahrt), ist er bei den Ex-post-Auswertungen in My eDrive („x von y Fahrten fahrbar“) derzeit noch nicht berücksichtigt. Eine weitergehende Integration von Informationen zur Ladeinfrastruktur in die Auswertungsalgorithmen zählt daher zum zukünftigen F&E-Bedarf.

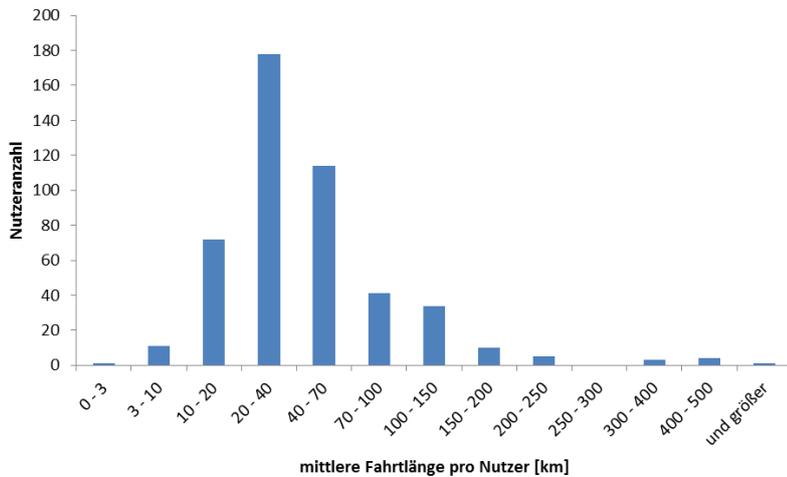


Abbildung 26: Verteilung der mittleren Distanz einer Fahrt pro Nutzer

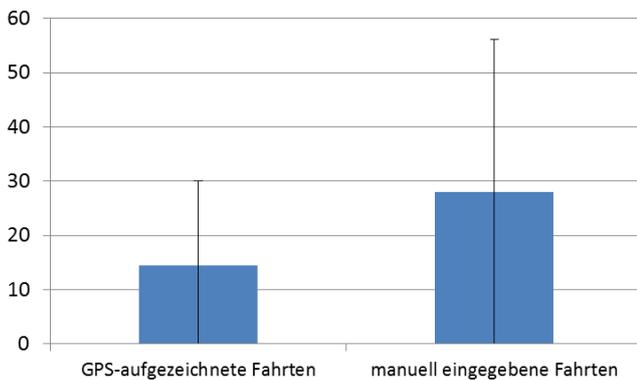


Abbildung 27: Nutzungsgrad der Traktionsbatterie pro Fahrt

Die Nutzerfahrprofile weisen insgesamt eine hohe Heterogenität auf, wie man an der Verteilung der Durchschnittsgeschwindigkeit über die Nutzerkonten sieht (Abbildung 28). Eine recht große Nutzergruppe ist bei den Aufzeichnungen mit im Schnitt weniger als 20 km/h gefahren. Dies dürfte Großteils darauf zurückzuführen sein, dass die Beendigung von Aufzeichnungen vergessen wurde und daher Fußwege nach dem Abstellen des Fahrzeugs ebenfalls aufgezeichnet wurden. Zudem haben einige interessierte Nutzer ohne Pkw die App getestet, indem Radfahrten aufgezeichnet wurden. Für die Auswertung der resultierenden Verbräuche wurde daher auf eine minimale Durchschnittsgeschwindigkeit von mindestens 10 km/h gefiltert.

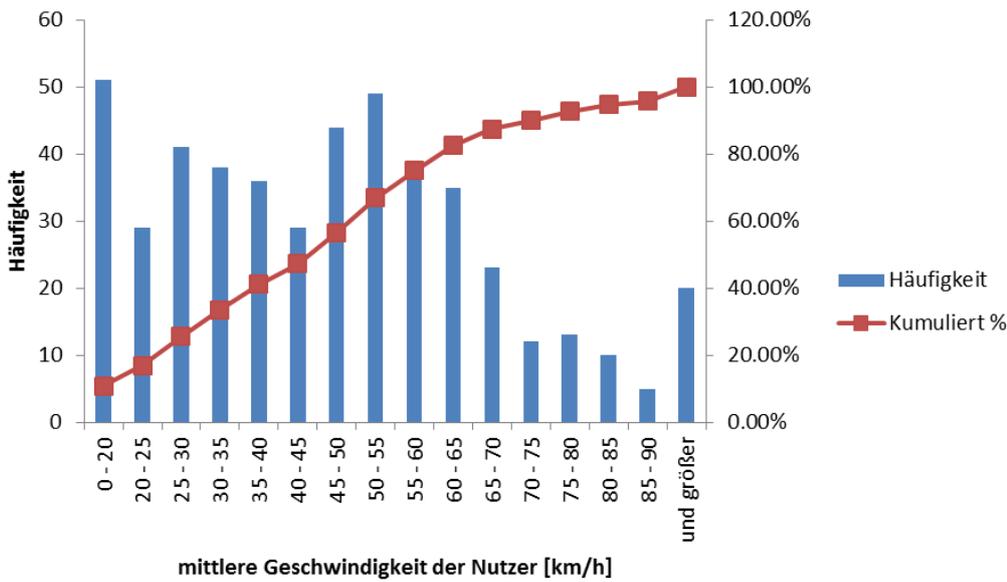


Abbildung 28: Verteilung der mittleren Geschwindigkeit über die Nutzer

Im Allgemeinen ist zu erwarten, dass mit zunehmender Jahresfahrleistung auch der Anteil der Fahrleistung auf Fernstraßen, insbesondere Autobahnen ansteigt und damit auch die mittlere Geschwindigkeit. Diese Tendenz wird durch eine entsprechende Auswertung der Fahrtdaten in My eDrive bestätigt (Abbildung 29), die Streuung ist hier allerdings sehr groß, so dass aus der angegebenen Jahresfahrleistung kein sicherer Rückschluss auf das Fahrprofil gezogen werden kann.

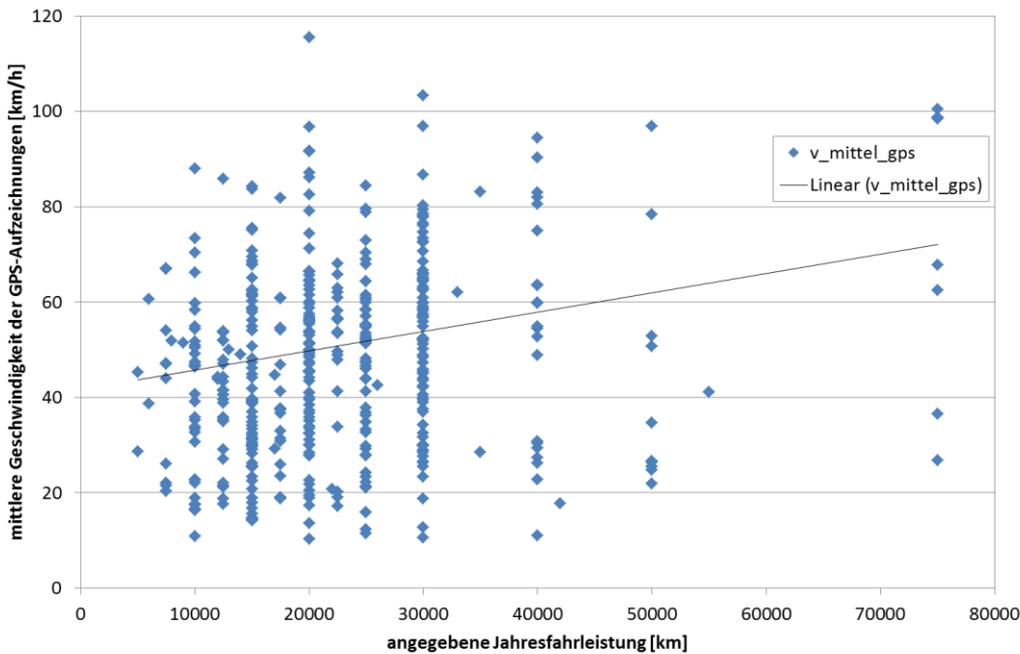


Abbildung 29: Mittlere Geschwindigkeit der GPS-Aufzeichnungen in Abhängigkeit der eingegebenen Jahresfahrleistung des Nutzers

Die Außentemperatur spielt eine wichtige Rolle für den Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen und damit für deren Reichweite. In My eDrive wurde während des Betatests (Dezember 2016) eine Schnittstelle zu einem Wetterdienst hergestellt, um für die aufgezeichneten Fahrten die momentane Außentemperatur am Ort der Aufzeichnung abzurufen. Abbildung 30 zeigt, über welchen Wertebereich sich die mittleren Außentemperaturen während der Aufzeichnung bei den einzelnen Nutzungsprofilen verteilen. Innerhalb der Nutzungsprofile gibt es jedoch eine Streuung, so dass insbesondere auch Fahrten bei extremeren Temperaturen vorkamen, die sich nicht in dieser Verteilung wiederfinden.

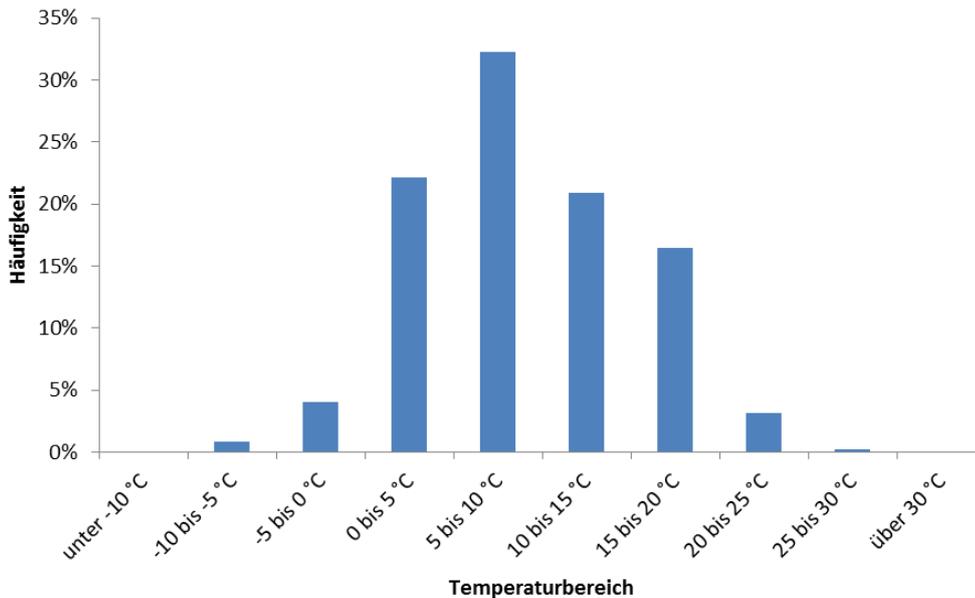


Abbildung 30: Verteilung der mittleren Temperaturen der einzelnen Nutzungsprofile

Die Außentemperatur ging (neben anderen Informationen wie Fahrzeugsegment und Geschwindigkeit) in die Berechnung des Nebenverbrauchs ein. Dieser machte für die Nutzerfahrprofile unter Berücksichtigung der von den Nutzern gewählten Probefahrzeuge¹ gut 20 % des gesamten elektrischen Verbrauchs aus. Auffällig ist, dass der Nebenverbrauch relativ gesehen weit stärker streut als der Antriebsverbrauch. Insbesondere beim Thema Nebenverbrauch zeigen sich also die Vorteile des in der App gewählten Simulationsansatzes für die Abschätzung der realen Reichweite.

¹ Es ist zu beachten, dass der Hyundai IONIQ bei den gewählten Probefahrzeugen stark überrepräsentiert ist. Sein vergleichsweise geringer Verbrauch schlägt sich in dieser Auswertung nieder.

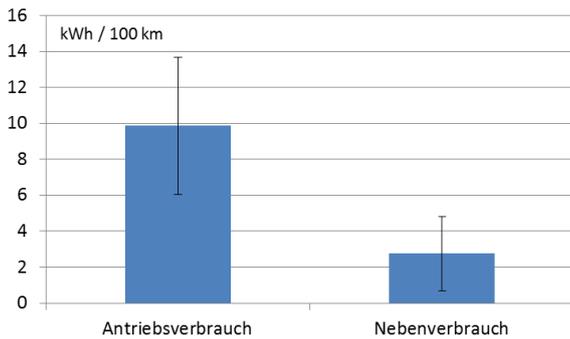


Abbildung 31: Mittlerer Verbrauch im Betatest, differenziert nach Antrieb und Nebenaggregaten

Die Treibhausgasbilanz kann für die einzelnen Probefahrzeuge auf Grundlage der per GPS aufgezeichneten Fahrprofile berechnet werden. Dabei werden auch die Emissionen für Fahrzeugherstellung und -entsorgung entsprechend des jeweiligen Segmentes und der Batteriekapazität berücksichtigt. Am Beispiel des Renault ZOE (22 kWh) ist eine solche Bilanz (gemittelt über alle Nutzer mit mindestens 100 km GPS-Aufzeichnung) in Abbildung 32 dargestellt. Gegenüber der Gesamtheit der konventionellen Vergleichsfahrzeuge der Betatester, die durch den vom Nutzer eingegebenen Kraftstoffverbrauch charakterisiert sind, erfolgt durch den Umstieg auf den Renault ZOE (22 kWh) bereits bei Annahme des aktuellen deutschen Strommixes nahezu eine Halbierung der CO₂-Emissionen, durch verstärkten Einsatz erneuerbaren Stroms sind weitere Reduktionen möglich.

Die sehr große Minderung wird dabei allerdings durch folgende Faktoren begünstigt:

- Beim konventionellen Vergleichsfahrzeug handelt es sich nicht um ein Neufahrzeug, dessen Verbrauch niedriger liegen könnte. Zusätzlich sind in der geschätzten Verbrauchsangabe der Nutzer wahrscheinlich auch höhere Autobahnanteile enthalten.
- Der Stromverbrauch des Renault ZOE ist bereits im NEFZ besonders niedrig, es handelt sich also um ein tendenziell sparsames Fahrzeug.
- Die Jahresfahrleistung der Nutzer wurde im Mittel vergleichsweise hoch angegeben, was zu einer guten Abschreibung der herstellungsbedingten Emissionen führt (siehe Abbildung 14).

Dennoch zeigt sich ein deutliches CO₂-Reduktionspotenzial durch den Umstieg auf ein sparsames Elektrofahrzeug.

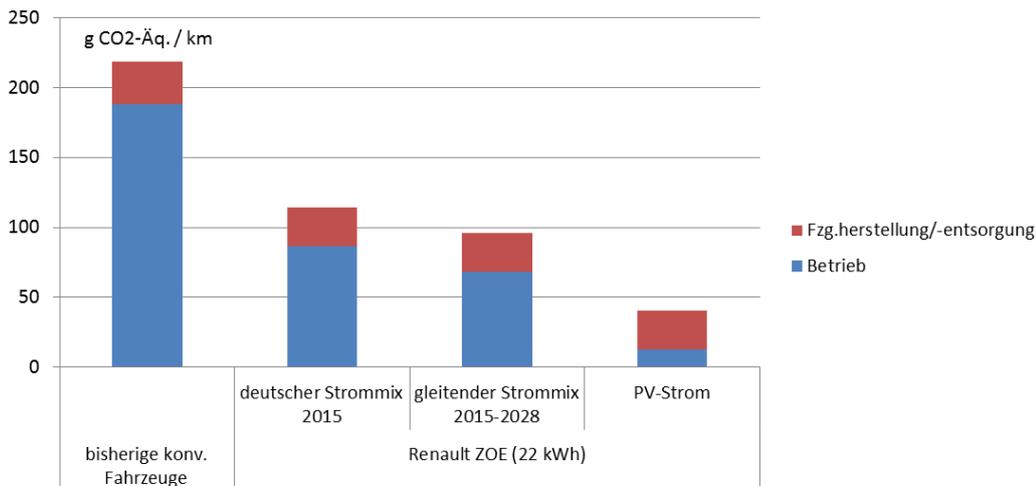


Abbildung 32: Treibhausgasbilanz des Renault ZOE (22 kWh) für die Nutzungsprofile in My eDrive (Mittelwert über alle Nutzer mit > 100 km GPS-Strecke, unterschiedliche Strombereitstellung) im Vergleich zum bisherigen konventionellen Fahrzeug

Die in diesem Kapitel durchgeführten Auswertungen sind nur ein Ausschnitt der auf Grundlage der in My eDrive erfassten Daten möglichen Auswertungen. Beispiele für weitere mögliche Auswertungen sind:

- Gewählte Probefahrzeuge (z.B. Anteil bestimmter Modelle, Hersteller, Reichweiten und Leistungsklassen). Bei hinreichend großer Nutzerzahl können damit prinzipiell Markttendenzen beobachtet werden, bevor sie sich in den Verkaufszahlen niederschlagen.
- Bildung von Nutzergruppen anhand der Nutzungsdauer, des Fahrprofils oder der genutzten Funktionen. Dies würde es erleichtern, Funktionen der App gezielt weiterzuentwickeln und auszudifferenzieren.
- Streckenfeine Charakterisierung des Verkehrsflusses auf deutschen Straßen. Dies könnte zukünftig helfen, Energieverbräuche und Schadstoffemissionen der deutschen Fahrzeugflotte genauer zu bestimmen – auch bei konventionellen Fahrzeugen.

4 Darstellung wesentlicher Abweichungen zum Arbeitsplan

Wesentliche Abweichungen zum Arbeitsplan bestanden vor allem hinsichtlich der Projektlaufzeit und des Personaleinsatz. Insgesamt wurde das Projekt seitens ifeu um ein Jahr verlängert, zusätzlich stellte sich der Förderbedarf als größer heraus als ursprünglich veranschlagt. Dies lag einerseits am komplexen Projektgegenstand und zusätzlichen Anforderungen, die erst im Laufe des Projektes deutlich wurden. Zusätzlich lagen auch externe Faktoren vor, die das Projekt verzögert und den notwendigen Mitteleinsatz erhöht haben.

Wesentliche Zusatzarbeiten waren folgende:

- Umfangreiche datenschutzrechtliche Diskussionen, auch infolge des EuGH-Urteils zum „Safe-Harbour-Abkommen“. Da bei „My eDrive“ durch die Erfassung von Fahrprofilen in hohem Maße personenbezogene Daten erfasst und verarbeitet werden, war es hier besonders wichtig, das Vorgehen rechtlich abzusichern. Durch die datenschutzrechtlichen Anforderungen wurde ein Serverwechsel notwendig, der mit einer Hinzunahme neuer Unterauftragnehmer für die Softwareentwicklung verbunden war und damit zu einer Verzögerung der Umsetzung der Applikation sowie hohem zusätzlichen Personalaufwand beim Konsortialführer ifeu geführt hat.
- Erweiterung und Optimierung der „My eDrive“-Anwendung zur Erreichung einer Marktauglichkeit hinsichtlich
 - einer Berücksichtigung von Lademöglichkeiten bei der Ergebnisdarstellung der Anwendung
 - Optimierung der Oberfläche und Erweiterung der Funktionalität
- Große Unsicherheiten bei der Modellierung von Plug-In Hybridfahrzeuge (PHEV). Anstatt einer direkten Integration in die App wurden daher die methodischen Überlegungen zur Bewertung von PHEV aus dem My-eDrive-Projekt jenseits des konkreten Produktes der App und Webanwendung in Form eines umfangreichen Berichts dokumentiert. Hierzu erfolgte die Entwicklung einer allgemeinen und praxisnahen Bewertungsmethodik für Plug-in-Hybridfahrzeuge.

Zusätzlich wurde eine Verlängerung der Projektlaufzeit auch durch die zwischenzeitliche Entscheidung des ADAC-Vorstandes notwendig, keine direkte Integration von My eDrive in bestehende Angebote vorzunehmen. Das Produkt My eDrive hatte zu dem Zeitpunkt jedoch bereits einen hohen Entwicklungsstand erreicht, so dass eine Veröffentlichung unverändert sinnvoll erschien und aufgrund des hohen Entwicklungsaufwands auch unbedingt durchgeführt werden sollte. Im Mai 2018 erfolgte nun schlussendlich doch eine Veröffentlichung von My eDrive im Rahmen des ADAC-Angebotes als ADAC e-Drive (siehe Abbildung 33). Die inhaltlichen Ziele des Vorhabens konnten in Bezug auf reine Elektrofahrzeuge zum Projektende vollumfänglich erreicht werden.

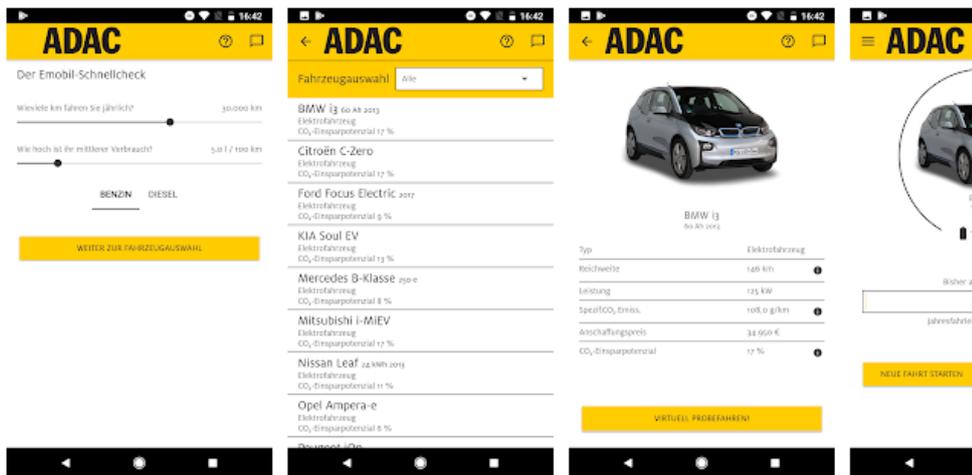


Abbildung 33: Playstore Eintrag von ADAC e-Drive

5 Vergleich der Projektergebnisse zum internationalen Stand der Technik

Das Projekt fokussiert mit dem Projektpartner ADAC allein auf die Verbraucherberatung in Deutschland. Als Produkt muss sich My eDrive daher vor allem auf dem deutschen Markt durchsetzen.

Bereits zum Projektstart gab es eine Zahl größtenteils kostenfreier Tools, mit denen Fahrzeuge in Bezug auf Kosten verglichen werden können. Viele dieser Tools basieren auf pauschalen Nutzungsannahmen, beispielsweise den gefahrenen Kilometern pro Jahr. Eine differenzierte Eingabe des Nutzungsprofils war in der Regel nicht möglich. Ebenso wurden schon vor Projektbeginn Übersichten bzw. Tools zum Umweltvergleich von Autos angeboten. Diese boten jedoch nur eine allgemeine Umweltbewertung der Fahrzeuge (ohne Berücksichtigung von Nutzungsspezifika, z.B. der EcoTest des ADAC oder die Auto-Umweltliste des VCD) oder es werden nur generische Fahrzeugtypen berücksichtigt (z.B. der von ifeu entwickelte Umweltrechner des UMBReLA-Projekts).

Bei Antragstellung wurden dann erste Anwendungen als App entwickelt, z.B. der VW BlueMotion-Check. Hier wurden jedoch nur VW-Fahrzeuge aufgenommen, eine umfassende und auch neutrale Information potenzieller Käufer konnte damit nicht gewährleistet werden. In Bezug auf Elektrofahrzeuge sind während der Projektlaufzeit in Deutschland weitere spezialisierte Programme für Smartphones (Apps) zur Ermittlung der (realen) Reichweite oder der Wirtschaftlichkeit hinzugekommen. Diese gehen jedoch bisher auf Initiativen aus der Wirtschaft zurück und verfolgen vor allem das Ziel der fokussierten Produktinformation. Diese Einschränkung auf ein bestimmtes Produktportfolio des Anbieters zeigt den weiterhin wichtigen Stellenwert von My eDrive. Jüngere Beispiele für solche Anwendungen kommen sowohl von Fahrzeugherstellern (siehe Beispiel Mercedes Benz) als auch von Energieversorgern (siehe Beispiel EnBW):

- Mercedes EQ-Ready App (bisher 1000+ Installation¹):
 - Analyse des Fahrverhaltens
 - Automatisches Aufzeichnen der Fahrten und Simulation des Fahrverhaltens mit einem Elektrofahrzeug
 - Abgleich der Fahrten mit realen Elektrofahrzeugdaten von Mercedes-Benz und smart
 - Anlegen von persönlichen und öffentlichen Ladestationen für virtuelles Laden
 - Detaillierte Auswertungen der Batterie-Reichweite mit einem Lieblings-Elektrofahrzeug bei verschiedenen Temperaturen
- EnBW mobility+ App (bisher 50.000+ Installationen¹):

¹ Stand 14.05.2018

- Registrierung, Anmeldung und Nutzung eines Kundenkontos für Ladedienste
- Starten sowie Überwachung und Nachverfolgen von Ladevorgängen per App
- Kundenkonto, Ladekarten, Bezahlung und Tarifauswahl und -wechsel direkt über die App
- Fahrsimulation mit einem PKW mit Verbrennungsmotor zur Eignung der Fahrtstrecke für ein E-Fahrzeug
- Datenanalyse nach Kosten Ladeenergie, Fahrzeit, CO₂-Einsparung und Reichweite in Kilometer



Abbildung 34: Playstoreitrag der EQ Ready und EnBW mobility+ App

Beide Anwendungen haben dabei einerseits ähnliche Funktionen wie My eDrive in Bezug auf Aufzeichnung von Fahrten mit einem Verbrenner und Simulation des Fahrverhaltens mit einem Elektrofahrzeug. Zahlreiche Funktionen sind dabei augenscheinlich auch von My eDrive inspiriert. Seitens EnBW gab es im Zuge der Entwicklung Gespräche über die Nutzung der My-eDrive-Berechnungen und für die EnBW-App. Da das Projekt My eDrive zu dem Zeitpunkt jedoch noch nicht abgeschlossen und auch die Integration in das Angebot des ADAC noch unklar waren, wurde hiervor Abstand genommen.

My eDrive berücksichtigt dagegen die wichtigsten am Markt verfügbaren Fahrzeuge verschiedenster Hersteller und kann über die bestehenden ADAC-Instrumente (z.B. Eco-Test) gut fortgeschrieben werden und diese entsprechend ergänzen. Auch können die im Rahmen der ADAC-Arbeiten entstandenen unabhängigen Messdaten zur Abbildung der Fahrzeuge verwendet werden. Eine solche neutrale Informationsplattform anerkannter Akteure wurde mit dem Vorhaben also erstmals realisiert.

Durch die umfassende wissenschaftliche Aufbereitung der Ergebnisse ist im geplanten Vorhaben maximale Transparenz gegeben. Die am Projekt beteiligten, unabhängigen Akteure vermitteln in diesem Zusammenhang auch eine höhere Glaubwürdigkeit und bieten somit das Potenzial, mit einem allgemein anerkannten und interessenfreien Angebot potenzielle Elektrofahrzeugkäufer umfassend und individuell zu beraten.

6 Zukunftsaussichten und weiterer F&E-Bedarf

6.1 Zukunftsaussichten

Mit der zusätzlichen Veröffentlichung von My eDrive im Rahmen des ADAC-Angebotes als ADAC e-Drive sind die Zukunftsaussichten einer Nutzung des Projektergebnisses hoch. Zusätzlich wird vorläufig weiterhin die My eDrive App angeboten um auch andere Wege der Verbreitung und Entwicklung zu ermöglichen. Damit verbunden ist eine Öffnung der My eDrive-Berechnungen als Application Programming Interface (API). Dadurch können My eDrive-Funktionen, die durch den Server bereitgestellt werden, in verschiedenste Anwendungen Dritter integriert werden, was prinzipiell neue Geschäftsmodelle ermöglicht. Für eine Weiterentwicklung von My eDrive bieten sich drei Pfade an, die auch parallel verfolgt werden können:

1. My eDrive als unabhängige, öffentlich getragene und nicht-kommerzielle Informationsplattform. Damit könnten Informationswert und Unabhängigkeit von My eDrive in der öffentlichen Wahrnehmung sichergestellt werden. Gleichzeitig könnte eine große Breitenwirkung erzielt werden und insbesondere Nutzergruppen für das Thema Elektromobilität interessiert werden, die über herkömmliche Informationsformate nur schwer erreichbar sind. Geklärt werden müssten Trägerschaft (ggf. Integration in bereits bestehende Angebote oder Informationsplattformen im Umfeld des BMU oder von Umweltverbänden, z.B. VCD Autoumweltliste) und die Möglichkeit einer Finanzierung aus öffentlichen Mitteln.
2. My eDrive App als Schaufenster für das Application Programming Interface (API). Mittelfristig wäre hier auch eine Finanzierung über Nutzungsgebühren der API vorstellbar. Ein „pay as you grow“-Modell, das eine Nutzung der API im geringen Umfang kostenfrei ermöglicht, könnte hier Innovation und Entwicklung anreizen. Anwendungen, die sich am Markt durchsetzen und kommerzielle Interessen verfolgen, würden dann ab einem gewissen Schwellwert eine Nutzungsgebühr bezahlen, um den Aktualisierungsaufwand (Integration neuer Fahrzeugmodelle, Weiterentwicklung und Infrastrukturkosten) abzudecken.
3. Nutzung von My eDrive in Projekten Dritter. Im Rahmen solcher Projekte könnte My eDrive und seine Datenschnittstelle auch auf individuelle Bedürfnisse von Nutzern hin angepasst werden.

Zusätzlich ist die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit sehr hoch, da Elektromobilität eine zukünftige Schlüsseltechnologie darstellt und ihrer Umweltbewertung ein hoher Stellenwert zugemessen wird.

6.2 Weiterer F&E-Bedarf

Eine kontinuierliche Pflege, Aktualisierung und funktionelle Weiterentwicklung ist für den Fortbestand der App von großer Bedeutung. Dies schließt zum einen die Analyse und Beseitigung von Programmierfehlern ein, die hin und wieder von aufmerksamen Nutzern berichtet werden. Zum anderen muss die Auswahl der in der App verfügbaren Fahrzeuge stets den aktuellen Stand auf dem Automarkt widerspiegeln, um für die Nutzer einen sinnvollen Beitrag zur Kaufentscheidung leisten zu können.

Im Verlauf des Betatests (und auch danach) gab es eine Vielzahl von Vorschlägen seitens der Nutzer zur funktionellen Weiterentwicklung der App. Die mit Abstand häufigste Rückmeldung kam von iPhone-Nutzern, die sich eine Version für die iOS-Plattform wünschten. Dies sollte prioritär angegangen werden, da iPhone-Nutzer häufig über eine überdurchschnittliche Kaufkraft verfügen und damit eine wichtige Zielgruppe als „early adoptors“ von Elektrofahrzeugen darstellen.

Die inhaltlichen Rückmeldungen der Nutzer zur App bezogen sich vor allem auf vier Bereiche:

- Bei der Qualität des GPS-Empfangs gibt es deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Endgeräten. Dies wirkt sich letztlich auch auf die Qualität der Berechnungsergebnisse aus. Die Maßnahmen zur Bereinigung des GPS-Rohsignals sollten daher weiter optimiert werden, um fehlerhafte Berechnungsergebnisse sicher auszuschließen.
- Viele Nutzer wünschten sich eine automatische Aktivierung der Fahrtaufzeichnung. Dazu muss das GPS-Signal kontinuierlich ausgewertet werden, um den Beginn einer Autofahrt zu erkennen und entsprechend die Aufzeichnungsfunktion der App einzuschalten. Entsprechendes gilt für die Beendigung einer Fahrt. Auf diese Weise wäre es ohne weiteres Zutun des Nutzers möglich, nach einiger Zeit eine Auswertung zu präsentieren¹.
- Viele Nutzer äußerten den Wunsch, auch PHEV mit der App probefahren zu können. Obgleich im Projekt umfangreiche Arbeiten bzgl. PHEV durchgeführt wurden (bis hin zu einer experimentellen Integration von PHEV in die Web-App von My eDrive), konnte dies für den Betatest leider nicht realisiert werden. Durch Integration von PHEV könnte My eDrive dem Anspruch einer umfassenden Verbraucherberatung zur Elektromobilität noch näher kommen.
- Häufig erreichte uns der Wunsch nach einer besseren Berücksichtigung von Ladeinfrastruktur bei der Bewertung in My eDrive. Konkret bedeutet dies z.B.
 - Eine automatische virtuelle Aufladung, wenn das Fahrzeug zu Hause abgestellt wurde und eine private Lademöglichkeit angegeben wurde
 - Eine automatische Bestimmung der Kompatibilität verfügbarer öffentlicher Ladeinfrastruktur mit dem gewählten Probefahrzeug, sowie eine Bestimmung der effektiv möglichen Ladeleistung

¹ Derzeit wird eine solche Funktion beispielsweise bereits in der „EQ ready“-App von Daimler angeboten.

- Eine Berücksichtigung öffentlicher Ladeinfrastruktur bei der zusammenfassenden Auswertung, welche Strecken des Nutzers mit dem gewählten Probefahrzeug fahrbar sind.

Darüber hinaus hat sich herausgestellt, dass für viele Nutzer die angegebenen Vollkosten pro km nicht sehr anschaulich sind und als Vergleichsgröße die Vollkosten entsprechender konventioneller Fahrzeuge hilfreich wären. Um die Sicherheit und Bedienbarkeit der App im Fahrzeug zu verbessern, sollte erwogen werden, die App mit Schnittstellen wie *android auto* kompatibel zu machen. Dann könnten Informationen der App auf dem Kfz-Display angezeigt werden und eine Bedienung mittels der Kfz-Bedienelemente ermöglicht werden.

Auch aufseiten der Datengrundlage gibt es weiteren Forschungs- und Informationsbedarf. Dies betrifft namentlich die Ladeverluste, die auf Basis öffentlich verfügbarer Daten nur sehr ungenau bestimmt werden können, aber mit oftmals ca. 20 % des Stromverbrauchs einen bedeutenden Einfluss haben. Auch der Nebenverbrauch ist mit Unsicherheiten behaftet, da die technologische Entwicklung insbesondere für effiziente Heizungs- und Klimatisierungssysteme hier schnell voranschreitet und zwischen verschiedenen Technologien große Unterschiede bestehen (die in den standardisierten Zyklen nicht erfasst werden). Beim Beitrag der Fahrzeugherstellung zur Umweltbilanz ist das Thema Batterieherstellung und -entsorgung nach wie vor unzureichend mit aktuellen Industriedaten unterlegt und auch sehr abhängig von der Region der Herstellung.

7 Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)

Die Reduzierung der CO₂-Emissionen ist ein wichtiges klima- und energiepolitisches Ziel im Verkehrsbereich und kann ohne einen verstärkten Einsatz elektrischer Fahrzeugantriebe nicht erreicht werden. Daher verfolgt die Bundesregierung das Ziel, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln. Um eine signifikante Verbreitung von Elektrofahrzeugen zu erreichen, müssen weitere Entwicklungsanstrengungen erfolgen und die Rahmenbedingungen verbessert werden. Die Ausschreibung des BMU zur Förderung von Vorhaben im Bereich der Elektromobilität vom 12. Juni 2013 zielte daher auf Projekte ab, die die energie- und klimapolitischen Potenziale der Elektromobilität erschließen helfen und gleichzeitig zur Stärkung der Wettbewerbsposition deutscher Industriebranchen beitragen.

Bisher werden in Deutschland nur wenige Elektrofahrzeuge angeboten und die Zulassungszahlen sind noch gering. Zukünftig ist jedoch mit einem deutlich erweiterten Angebot an diesen Fahrzeugen zu rechnen, das die Kunden vor neue Herausforderungen hinsichtlich der Bewertung der neuen Antriebskonzepte und Auswahl eines geeigneten Fahrzeugs stellt. Hier sind unabhängige Informationen glaubwürdiger Organisationen gefragt. Das Projekt unterstützt somit das Ziel einer Verbreitung von Elektrofahrzeugen, in dem es Anwendern erlaubt, das für sie aus Kosten- und Umweltsicht günstigste Fahrzeug auszuwählen. Damit werden einerseits den Fahrzeugkauf hemmende Faktoren (wie z.B. Reichweitenangst) reduziert, andererseits werden auch die unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten günstigsten Fahrzeuge eingesetzt und so der Gesamtnutzen der Elektromobilität in Deutschland erhöht. So kann das Projekt dazu beitragen, Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu machen. Der Kauf von Fahrzeugen wird durch transparente Informationen unterstützt und Käufer werden hinsichtlich ihrer Umweltentlastungseffekte sensibilisiert.

Zusätzlich wurden in dem Projekt praxisnahe Umwelt- und Klimafaktoren hinsichtlich des Energiebedarfs von Elektrofahrzeugen unter Alltagsbedingungen abgeleitet und die Auswirkungen auf die Umweltbilanz aufgezeigt (siehe Kapitel 3.4). Dabei zeigte sich, dass zumindest für den bisherigen Nutzerkreis der Anwendung in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle signifikante CO₂-Minderungen durch Umstieg auf ein Elektrofahrzeug realisiert werden könnten – auch bei Zugrundelegung der aktuellen deutschen Strombereitstellung.

8 Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses

Zentrales Projektergebnis sind die beiden öffentlich und kostenlos verfügbaren Android Apps sowie die Webseite und öffentlich nutzbare API:

- <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.ifeu.myedrive&hl=de>
- <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.adac.eDrive>
- <https://my-e-drive.de/#/>
- https://my-e-drive.de/#/start/fuer_entwickler

My eDrive | Für Privatnutzer *Unsere App* | Für Flottenbetreiber *Unser Datenservice* | Für Entwickler *Unsere API* | KONTAKT | LOGIN

API-Demo
Der Elektro-Schnelltest
Input:
Jahresfahrleistung und bisheriger Kraftstoffverbrauch
Output:
CO₂-Minderungen und Fahrzeugparameter für die verfügbaren Elektrofahrzeuge
AUSPROBIEREN

Registrierung
Interessiert an der Nutzung unserer API?
Erstellen Sie unverbindlich einen API-Key und fordern Sie weitere Informationen an:
API-KEY GENERIEREN

Machen Sie Ihre Apps fit für die Elektromobilität!
Hinter My eDrive steht ein leistungsfähiges Backend, mit dem beliebige Fahrdaten (Fahrtenbücher, GPS-Profilen, etc.) in Bezug auf elektrische Antriebe ausgewertet werden können. Wir stellen es über eine API gerne für Drittanwendungen zur Verfügung. Für nicht-kommerzielle Projekte in der Regel kostenfrei, für kommerzielle Aktivitäten nach individueller Vereinbarung (Motto: „Pay as you grow“).

VORTEILE DER API

- Physikalische Berechnung des **Energieverbrauchs** vieler Elektrofahrzeugmodelle in Echtzeit (entsprechende Datenverbindung vorausgesetzt)
- Berechnung von **Batterieladung** und verbleibender Reichweite zu beliebigen Zeitpunkten
- Herstellerunabhängige **ADAC-Messungen** als Datengrundlage
- Berücksichtigung von **Umgebungsvariablen** wie Höhenprofil und Temperatur
- Verschlüsselte Datenübertragung**, Datenverarbeitung ausschließlich auf Servern in Deutschland
- Auf Wunsch kann die API **individuell angepasst** werden.

API-FUNKTIONEN

- Elektro-Schnellcheck:** Berechnung des CO₂-Einsparpotentials eines beliebigen E-Fahrzeugs auf Basis der Jahresfahrleistung und des bisherigen Kraftstoffverbrauchs
- Anlegen von Nutzerkonten** (als Voraussetzung für nutzerspezifische Auswertungen)
- Echtzeit-Analyse:** Periodisches Hochladen von GPS-Punkten, Download von Energieverbrauch, Batterieladestand sowie Reichweite für beliebige Fahrzeuge
- Definition von Nutzungsprofilen** mittels Start-Ziel-Eingabe
- Statistische **Auswertung von Nutzungsprofilen** (Anteil von Fahrten innerhalb der Reichweite, mittlerer Energieverbrauch etc.)
- Ermittlung der **Vollkosten einzelner Fahrzeuge** pro Nutzerkonto

Abbildung 35: Angebot der API für App-Entwickler

Zusätzlich sind u.a. folgende wissenschaftliche und mediale Veröffentlichungen und Darstellungen erfolgt:

- Fachartikel:
Jan Kräck, Julius Jöhrens & Hinrich Helms (2015): *Ermittlung des realitätsnahen und nutzerspezifischen Energieverbrauchs aktueller Elektrofahrzeuge auf Basis individueller Fahrprofile und standardisierter Messdaten*. In: Carsten Hoff & Ottmar Sirch (Hrsg.): *Elektrik/Elektronik in Hybrid- und Elektrofahrzeugen und elektrisches Energiemanagement VI*. Essen 2015.
- Vorstellung von My eDrive in der ZDF-Sendung planet e „Elektroautos Top oder Flop“. Erstausstrahlung am 09.10.2016.

- Präsentation von My eDrive auf dem Aktionstag Elektromobilität (AtEM) in Stuttgart am 08.10.2017
- Paper und Posterpräsentation auf dem 30. Electric Vehicle Symposium (EVS30) vom 09. - 11.10. in Stuttgart: „My eDrive – Simulating Electric Vehicles Using a Smartphone“



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG