

FuE-Programm "Erneuerbar Mobil" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)	
Schlussbericht	
Vorhabenbezeichnung: Plug-In-, Range-Extender- und Elektrofahrzeuge unter realen Mobilitätsbedingungen: Infrastruktur, Umweltbedingungen und Marktakzeptanz (PREMIUM)	
Laufzeit des Vorhabens: vom: 01.01.2014 bis: 31.05.2017	
Zuwendungsempfänger: Universität der Bundeswehr München Universität Passau Universität Duisburg-Essen BMW AG Alphabet	Förderkennzeichen: 16EM2015-5

Abschlussbericht für das BMUB-Förderprojekt

PREMIUM

Im Rahmen des Projekts „PREMIUM“ wurden durch die Universität der Bundeswehr München energieverbrauchsbasierte Verkehrsinformationen untersucht, um durch eine bessere Einschätzung der Verkehrslage eine Reichweitenangst potenzieller Nutzer elektrifizierter Fahrzeuge zu reduzieren. Durch weitere Mehrwertdienste im Projekt wird ein wirkungsvoller und eindrucksvoll öffentlich erlebbarer Beitrag zur Förderung der Elektromobilität geleistet.



© Alphabet

Laufzeit: 01/2014 – 05/2017

ZE: Universität der Bundeswehr München

Förderkennzeichen: 16EM2015-5



**BMW
GROUP**



der Bundeswehr
Universität  München



1. Zusammenfassung

Im Verbundprojekt „PREMIUM“ wurde versucht, die Attraktivität elektrischer Fahrzeuge zu hinterfragen und weiter zu steigern. Auf Basis etlicher elektrisch betriebener Privat- und Dienstfahrzeuge wurden aus verkehrlicher Sicht relevante Informationen ermittelt, die es erlauben, den Energiebedarf einer Fahrt zu prognostizieren und somit eine möglichst exakte Angabe über den zu erwartenden Energieverbrauch zu machen.

Insgesamt wurden 40 Privatfahrzeuge des Typs BMW i3 (23 Fahrzeuge mit rein elektrischem Antrieb, 17 Fahrzeuge mit zusätzlichem Range Extender), 20 BMW PHEV-Fahrzeuge sowie mehrere Hundert Flottenfahrzeuge mit Datenloggern ausgestattet. Diese Logger erlauben es, während der Fahrt gewisse Informationen mitzuschreiben und zur Auswertung weiter zu versenden. Durch die Universität der Bundeswehr München konnten diese Daten dann analysiert werden.

Daten, die dabei aufgezeichnet wurden, waren z.B. die Geschwindigkeit, die Außentemperatur, die angeschalteten Nebenverbraucher wie etwa die Klimaanlage oder die Heizung, die eingestellte Stärke des Abblendlichts, die Krümmung der Straße bzw. die Neigung des Fahrzeugs oder eine Angabe zum Beifahrergurt. Insgesamt wurden so etwa zwei Dutzend Signale aufgezeichnet. Dabei war ein wichtiges Ergebnis, welche Faktoren Einfluss auf den Energiebedarf haben und wie diese zu quantifizieren sind. Die Krümmung der Straße gibt etwa an, in welchem Maße Energie rekuperiert werden kann.

Dabei wurden im Wesentlichen drei Haupteinflussfaktoren identifiziert: Die Längsneigung der Straße, die Geschwindigkeit und der Status der Klimaanlage/der Heizung. Wie diese Größen genau in den geschätzten Energiebedarf eingehen, wurde im Projekt erforscht. Neben den Hauptgrößen gibt es auch noch etliche Nebeneinflussgrößen. In Summe wurde somit ein Energieverbrauchsmodell entwickelt, das es erlaubt – ex-post, also aus Daten der Vergangenheit – den Energiebedarf zu ermitteln.

In einem weiteren Schritt wurde danach unterschieden, welche Daten bei Fahrtantritt bekannt sind und welche erst im Verlauf der Fahrt ermittelt werden können. Etwa das Fahrzeuggewicht oder die Effizienz des Elektromotors ist schon bei Beginn der Fahrt bekannt. Auch die Route kann dem Fahrer und damit dem Fahrzeug bekannt sein und etwa Aufschluss über die Straßensteigungen bzw. auftretendes Gefälle geben. Andere Kenngrößen sind zu Beginn noch nicht bekannt, beispielsweise die Geschwindigkeit. Diese ist maßgeblich von der vorherrschenden Verkehrssituation abhängig. In einer Stausituation muss mit anderen auftretenden Geschwindigkeiten gerechnet werden als im freien Verkehr.

Diese Informationen über die aktuelle Verkehrslage, so genannte Verkehrsinformationen, gibt es bereits für Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb. Im Projekt wurden Verkehrsinformationen für Elektrofahrzeuge diskutiert und entwickelt. Diese sehen vor, dass vor Fahrtbeginn und fortlaufend während der Fahrt statische und dynamische – soweit bekannt – Einflussfaktoren als Parameter in das Energieverbrauchsmodell eingelesen werden und der mögliche Energiebedarf einer Fahrt abgeschätzt werden kann.

Bei prototypischen Testfahrten wurde die Qualität des Energieverbrauchsmodells erprobt und die Machbarkeit einer elektrospezifischen Verkehrsinformation sichergestellt.

Zwei der wesentlichen Erkenntnisse sind, dass Reichweitenangst unbegründet ist: Die durchschnittliche BEV-/REX-Fahrdistanz zwischen zwei Ladevorgängen beträgt ca. 50 km, die

Reichweite des BMW i3 ca. 150 km. Außerdem kann Reichweitenangst durch Verkehrsinformationen mit Angaben über die Restreichweite, auch bei unvorhergesehenen Verkehrssituationen (z.B. Stau), reduziert werden. Durch eine realistische Einschätzung der Reichweite des Elektrofahrzeugs können geeignete Maßnahmen ergriffen werden (z.B. (zeitliche) Stauumfahrung, Zwischenstopp an einer Lademöglichkeit, Umplanen auf energieeffizientere Route).

2. Zielstellung des Projekts

Das Ziel dieses Forschungsprojekts war es, Verkehrsinformationen für Elektrofahrzeuge zu entwickeln. Eine Verkehrsinformation ist eine Information über die aktuelle Verkehrslage. Für Fahrzeuge ohne Reichweitenbegrenzung (im Wesentlichen alle konventionellen Fahrzeuge, bei denen die Reichweite nicht eingeschränkt ist, weil der Kraftstofftank groß genug ist und in sehr kurzer Zeit Kraftstoff nachgetankt werden kann) kann so eine Verkehrsinformation z.B. sein, dass in einer bevorstehenden Stausituation eine Verzögerung um eine gewisse Zeitdauer auftreten wird. Für Elektrofahrzeuge ist der Zeitfaktor nicht so wesentlich, es spielt eher die begrenzte Reichweite eine Rolle. Die Verkehrsinformation, dass in der bevorstehenden Stausituation eine gewisse Energiemenge zusätzlich benötigt werden wird, ist relevanter. In diesem Projekt wurden daher Verkehrsinformationen speziell für Elektrofahrzeuge entwickelt, die dann als Basis für energieeffizientes Routing hergenommen werden können. Die Bordelektronik kann dem Fahrer bei knapper Restreichweite mitteilen, dass und wo eine Lademöglichkeit angesteuert werden soll, oder dass ein Stau zeitlich (z.B. durch Warten auf einem Parkplatz) umfahren werden kann. Alternativ kann auch die Route umgeplant werden, so dass sie energieeffizienter als die Route durch den Stau wird.

Insgesamt ist somit das Ziel, dass unter Zuhilfenahme von elektrospezifischen Verkehrsinformationen die Reichweitenangst durch eine genaue Berechnung des erwarteten Energiebedarfs bekämpft wird und der Fahrer eine Reichweitensicherheit erlebt.

Das konkrete Ziel der Universität der Bundeswehr München war es, den Inhalt der elektrospezifischen Verkehrsinformation zu entwickeln. A priori ist es nicht klar, welche Informationen zur Verfügung stehen müssen (entweder im Fahrzeug oder zu ermittelnde Daten), damit der Energiebedarf möglichst genau berechnet werden kann. Mittels mathematischer Modelle kann die Energieeffizienz einer Route abgeschätzt werden.

3. Ausführliche Darstellung der erzielten Ergebnisse

AP 7000 Makroskopischer Verkehrskontext der Fahrten und Entwicklung von modellspezifischen, energieverbrauchsoptimierten Verkehrsinformationen

Die Zielsetzung laut Gesamtvorhabenbeschreibung war der Verbau von Datenloggern in Fahrzeugen und die systematische Sammlung relevanter Fahrt- und Fahrzeugdaten. Anschließend sollten die Daten in einen übergeordneten Verkehrskontext einsortiert werden, um basierend darauf energieverbrauchsorientierte Verkehrsinformationen zu erhalten und eine optimierte Routenführung für Elektrofahrzeuge anzubieten.

Es wurden 40 i3-Fahrzeuge von BMW-Privatkunden (BEV-/REX-Fahrzeuge) mit CAN-Loggern aufgerüstet. Diese Logger senden kontinuierlich während einer Fahrt Daten. So entstand eine

umfangreiche Datenbank, die mithilfe der Software Matlab verwaltet wurde. Durch die Vermessungsdauer von ca. 1 Jahr pro Fahrzeug bei den Privatfahrzeugen (BMW i3) wurden mehr als 63.000 Fahrten aufgezeichnet. Nach der Datenbereinigung (kurze Fahrten mit einer Strecke weniger als 100 Meter oder kürzer als 10 Sekunden wurden nicht betrachtet) blieben allein für die BEV- und REX-Fahrzeuge zusammen etwa 55.000 Fahrten übrig. All diese wurden in die Software eingelesen und datentechnisch sowie mathematisch verarbeitet.

Nach Abschluss der BEV- und REX-Fahrzeugvermessung wurden auch 20 PHEV-Fahrzeuge von BMW mit den Datenloggern ausgestattet. Aufgrund der verspäteten Markteinführung der PHEV-Fahrzeuge konnten die Aufrüstungen mit den Loggern allerdings erst im Dezember 2016 starten. Zu Projektende im Mai 2017 sind daher noch die Logger im Einsatz und der vollständige Datensatz der PHEV-Fahrzeuge kann erst nach Projektende verarbeitet werden.

AP 7100 Überlagerung der Fahrzeugdaten mit den korrespondierenden dynamischen Verkehrs- informationen, Einordnung der Fahrten in den entsprechenden makroskopischen Verkehrskontext und statistische Auswertungen

Zur Einordnung der Fahrten in den makroskopischen Verkehrskontext wurden die regionalen Verkehrsdaten aufgezeichnet. Dazu wurde ein TMC-Recorder installiert, der fortlaufend alle gesendeten Verkehrsdaten des Bayerischen Rundfunks aufzeichnet. Parallel dazu wurden auch von einem privaten Verkehrsdatenanbieter Daten aus dem Münchner Umland empfangen und gespeichert. Zur Auswertung dieser Daten wurden verschiedene Algorithmen implementiert und Statistiken erzeugt.

Anders als ursprünglich geplant wurden die Daten nicht in einem übergeordneten Gesamtverkehrskontext einsortiert und mit korrespondierenden dynamischen Verkehrsdaten belegt, da aus Datenschutzgründen bei den BMW Privatkunden keine Übermittlung des aktuellen Aufenthaltsorts (GPS-Position) stattgefunden hat. Daher ist nicht klar, wo in Deutschland die Fahrzeuge unterwegs waren bzw. sind und der Standort kann nicht mit einer verkehrlichen Information überlagert werden. Es wurde versucht, aus den aufgezeichneten mikroskopischen, fahrzeugfeinen Daten so weit wie möglich auch auf die jeweilige Verkehrssituation zu schließen und damit die Einflussfaktoren auszuwerten. Dabei wurden Werte wie die Geschwindigkeit und der aktuelle Straßentyp verwendet.

Bei der Datenauswertung wurden etliche Statistiken bzgl. der Nutzung der Elektrofahrzeuge und dem Ladeverhalten erstellt. Diese finden sich gesammelt im veröffentlichten Artikel „Mobility Patterns and Charging Behavior of BMW i3 Customers“ (Kessler und Bogenberger), der auch auf der Konferenz „IEEE ITSC 2016“ im November 2016 in Rio de Janeiro in Brasilien vorgestellt wurde.

Im Folgenden stehen die wesentlichen statistischen Auswertungen ohne GPS-Position der Fahrzeuge, wie sie auch im oben erwähnten Artikel beschrieben sind. Bzgl. der Fahrdauern der vermessenen Elektrofahrzeuge wurde identifiziert, dass eine Fahrt im Durchschnitt 14,5 min dauert (27% der Fahrten max. 5 min, 24% zwischen 6 und 10 min). In Summe dauern 76% der Fahrten max. 20 min und 88% max. 30 min. Analog sieht es auch bei den Fahrtstrecke aus: Eine Fahrt umfasst durchschnittlich eine Strecke von 11,1 km (16% der Fahrten max. 1 km, 20% zwischen 1 und 3 km). In Summe decken die Fahrzeuge zu 48% max. 5 km und zu 67% max. 10 km ab.

Weiterhin wurden Auswertungen zur zeitlichen Nutzung der Fahrzeuge erstellt. Im Wesentlichen ist das Ergebnis, dass tagsüber deutlich mehr Fahrten stattfinden als nachts, wobei hier kein signifikanter Peak in den Morgenstunden und ein weiterer in den Abendstunden zu erkennen ist, wie man es von gewöhnlichen Tagesganglinien erwartet, sondern sich die Fahrzeugnutzung etwa zwischen 10 und 20 Uhr konstant verhält. Bei den Wochentagen wird der i3 nur am Sonntag seltener verwendet; auf die Tage Montag – Samstag entfallen etwa gleich viele Fahrten. Eine saisonale Abhängigkeit konnte nicht identifiziert werden.

Die Verteilung der Fahrten auf Straßentypen (innerorts, außerorts, Autobahn; bekannt aus dem Navigationsgerät des i3) zeigt, dass nur 11% der Fahrten (teilweise) auf Autobahnen stattfinden, die übrigen Fahrten finden meist innerorts statt.

Im Artikel wurde auch das Ladeverhalten der Nutzer analysiert. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 22,8% wird nach einer Fahrt das Fahrzeug geladen, wobei hier auffällig ist, dass BEV-Fahrer nur zu 20,8% und REX-Fahrer zu 25,5% laden. Die meisten Ladevorgänge starten abends und in den Nachtstunden, so dass das Fahrzeug am nächsten Morgen aufgeladen zur Verfügung steht. Ein Ladevorgang startet bei durchschnittlich 55% Restladestand und ist meistens ein Komplettladevorgang.

Zwischen zwei Ladevorgängen werden im Mittel etwa 50 km zurückgelegt, was deutlich unter der verfügbaren Reichweite eines i3 von 150 km (Herstellerangabe) liegt. Durch eine Analyse der Fahrertypen und insbesondere der Lade-Typen wurde herausgestellt, dass 58% der Fahrer ihr Fahrzeug risikolos einschätzen (sie fahren ca. 50 km und laden das Fahrzeug bei ca. 55% Restladestand wieder auf). 15% der Fahrer sind dagegen sehr vorsichtig und laden ihr Fahrzeug bei weniger als 40 km gefahrener Distanz und mehr als 65% Akkuladestand. Nur 28% der Fahrer schätzen ihr Fahrzeug realistisch ein und fahren zwischen zwei Ladevorgängen mehr als 60 km und laden erst bei einem Ladestand von unter 45%.

Das bedeutet, dass im Allgemeinen kein Fahrer Reichweitenangst haben müsste, da die meisten Fahrten (Fahrtdistanz im Mittel 11 km) sehr gut mit der verfügbaren Reichweite abgedeckt sind.

AP 7200 Entwicklung modellspezifischer, energieverbrauchsoptimierter, dynamischer Verkehrs- informationen

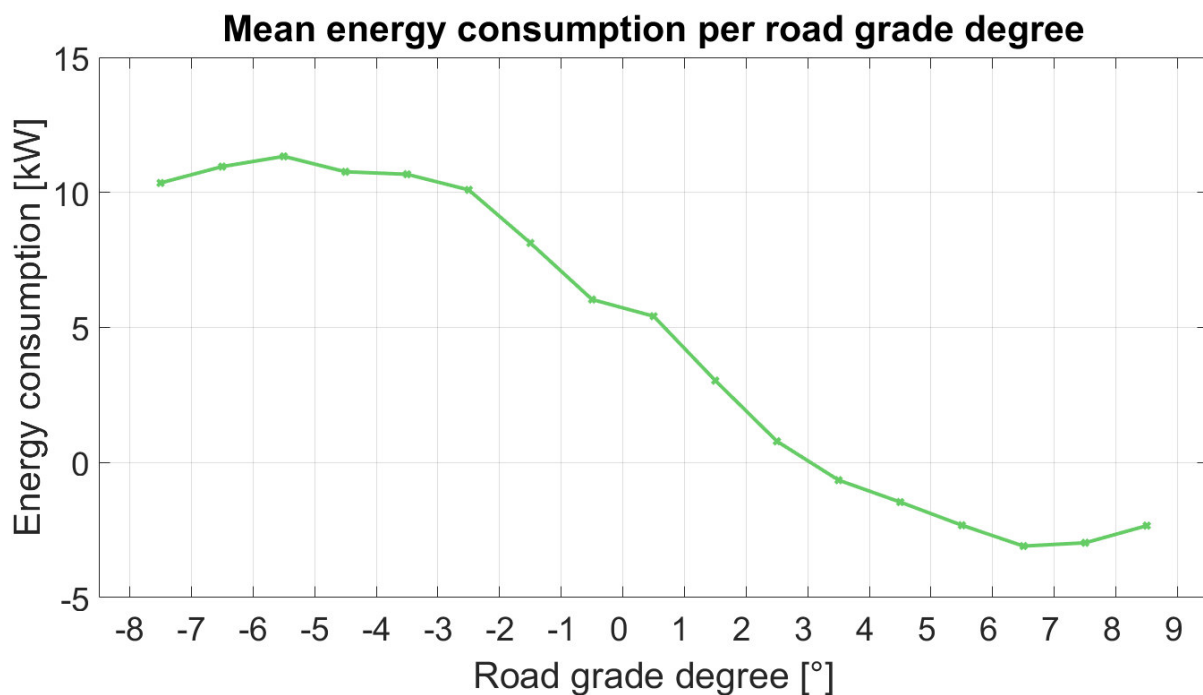
Es kommt besonders auf die Quantität von Einflussfaktoren auf den Energiebedarf während einer Fahrt an: Es wurde herausgestellt, welche Faktoren den Energiebedarf während einer Fahrt maßgeblich beeinflussen und in welchem Umfang. Die wesentlichen Ergebnisse finden sich im Artikel „Forecast of the Energy Consumption of BEV Based on Dynamic Traffic Information“ (Kessler und Bogenberger), vorgestellt auf der Konferenz „mobil.TUM 2015“ im Juni 2015 in München.

Beide Artikel umfassen neben den Nutzungs- und Ladestatistiken auch Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch. Unterschieden wurde dabei zwischen statischen und dynamischen Einflussfaktoren. Statische Faktoren sind solche, die zu Fahrtbeginn schon bekannt, wohingegen dynamische Faktoren z.B. wetter- oder geschwindigkeitsabhängig sind und über einen externen Datenanbieter eingelesen werden müssen.

Statische Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch sind z.B. die Streckeneigenschaften wie die Straßenneigung, die Straßenoberflächenbeschaffenheit oder der Straßentyp (functional road class, form of way), die Fahrzeugeigenschaften wie die Fahrzeuggeometrie oder das Fahrzeuggewicht und die Eigenschaften des Elektromotors wie der Wirkungsgrad der Rekuperation oder der aktuelle Ladestand. Die Entwicklung der Restreichweite verhält sich nichtlinear im Vergleich zur Fahrdauer.

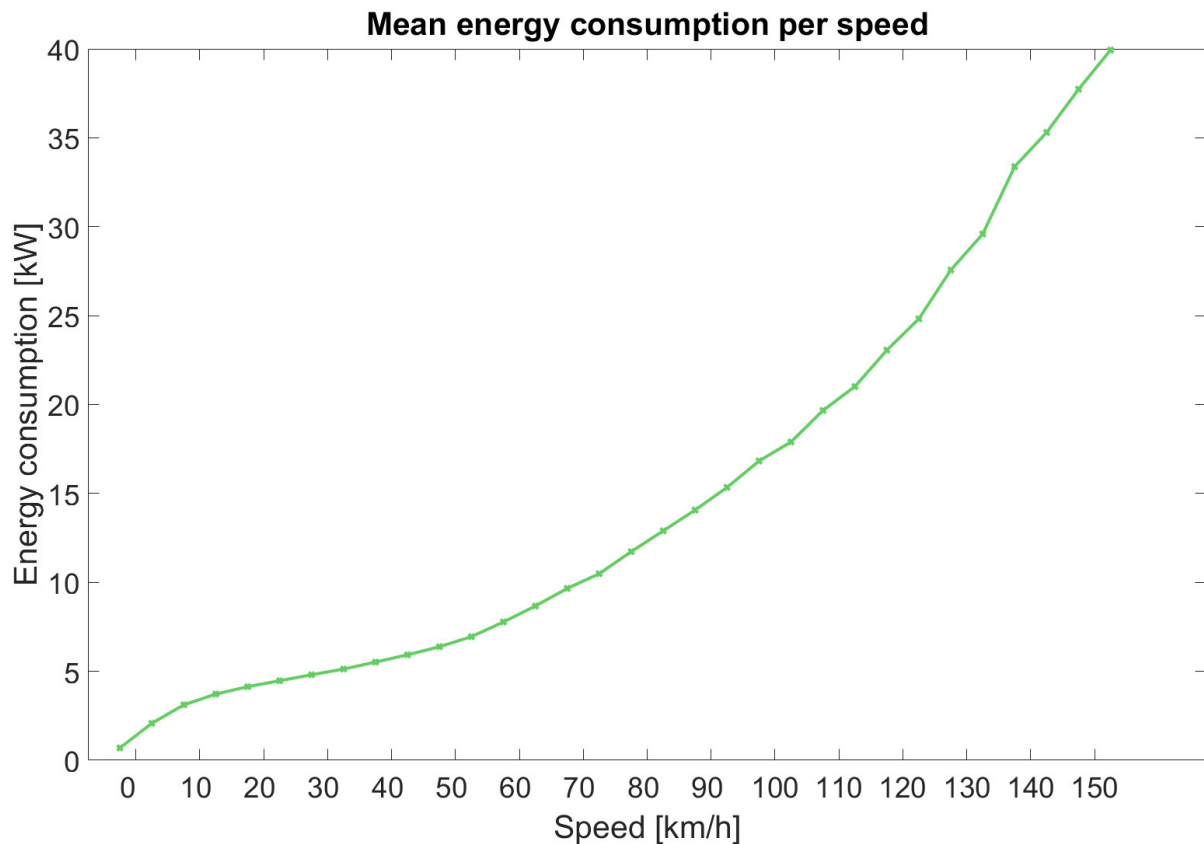
Dynamische Einflussfaktoren sind z.B. Fahrer- bzw. Verkehrseigenschaften wie ein detailliertes Geschwindigkeits- bzw. Beschleunigungsprofil in einer hohen raum-zeitlichen Auflösung. Damit ist die prognostizierte Verkehrslage basierend auf historischen Geschwindigkeitsdaten gemeint, die um die Anzahl der Starts bzw. Stopps an Lichtsignalanlagen oder Stoppzeichen erweitert ist. Dazu sind der Status der am Weg liegenden Lichtsignalanlagen, möglicher grüner Wellen und variable Geschwindigkeitsanzeigen relevant. Weiterhin sind auch Wetterinformationen wie die Außentemperatur, Niederschlag oder Windwiderstand dynamische Einflussfaktoren. Die Hauptergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst.

Zu den statischen Eigenschaften zählt z.B. die Straßenneigung. Dabei wurde die Längsneigung des Fahrzeugs gemessen.



Deutlich zu erkennen ist der nichtlineare Zusammenhang zwischen steigender Straße (negative Gradzahlen) und fallender Straße (positive Gradzahlen). Ab ca. 3° ist der Energieverbrauch aufgrund der Rekuperation sogar negativ.

Ein dynamischer Einflussfaktor ist die Geschwindigkeit, diskretisiert in 5 km/h-Schritten:



Das Modell zur Energieverbrauchsschätzung enthält zum einen Angaben dazu, welche Informationen auf einer bekannten Strecke statisch im Fahrzeug verfügbar sind und wie diese den Energiebedarf beeinflussen, zum anderen, welche Daten (z.B. Niederschlagserwartung, Außentemperatur, erwartete Verkehrslage, etc.) bekannt sein sollten (und von einem externen Datenanbieter eingekauft werden könnten).

Die in der Gesamtvorhabensbeschreibung erwähnte Diskussion der statischen und dynamischen Parameter hinsichtlich Risk-Averse Routing, also der Energieverbrauchssicherheit, die eine möglichst kleine Varianz des Energiebedarfs fordert, wurde über Energiepuffer realisiert. Hierzu sei auch auf den Artikel von Huber, Van Lint und Bogenberger: „Concept for Estimating Energy Buffer Size for Battery Electric Vehicles to Account for Error-prone Traffic Predictions“, Transportation Research Board 95rd Annual Meeting (2016) verwiesen. Über die Einführung der Energiepuffer kann die benötigte Gesamtmenge an Energie reduziert werden und die Reichweite pro Streckensegment noch genauer bestimmt werden.

AP 7300 Aufbau und Test eines Prototyps für modellspezifische, energieverbrauchsoptimierte Verkehrsinformation

Nach Fertigstellung des Energieverbrauchsmodells konnte ein Prototyp für energieverbrauchsbasierte Verkehrsinformationen etabliert werden. Dieser sieht vor, wie eine elektrospezifische Verkehrsinformation aussieht. Hierzu sei wieder auf den Artikel „Mobility Patterns and Charging Behavior of BMW i3 Customers“ (Kessler und Bogenberger) verwiesen. Daten, die als dynamische

Einflussfaktoren in das Modell eingehen, wurden zum einen über einen Verkehrslageschätz-Dienstanbieter, zum anderen über Wetterdatenaufzeichnungen hinzugenommen.

Im Anschluss wurde dieser Prototyp getestet. Im Rahmen von betreuten Studierendenarbeiten wurden Testfahrten unternommen, die den Energieverbrauch während der Fahrt aufzeichnen. So konnte ein Abgleich zwischen vorher ermitteltem Energiebedarf gemäß des Energieverbrauchsmodells und tatsächlichem Energieverbrauch durchgeführt werden. Statische Angaben wie die Streckensteigungen, der aktuelle Ladestand des Fahrzeugs etc. war vor Fahrtbeginn jeweils bekannt und gingen als Parameter in das Modell ein.

Das Ergebnis war, dass der Energieverbrauch gut abgeschätzt werden konnte. Durch die bis Projektende noch nicht so große Zahl an Vergleichsfahrten konnten bislang nur wenige belastbare Aussagen erstellt werden. Im Anschluss an das Projektende wurden und werden die Testfahrten in erweitertem Umfang weitergeführt, und so kann eine umfangreiche Datenbank aufgebaut werden. Das Testfahrzeug war ein BMW i3, wie auch die mit den Datenloggern ausgerüsteten Fahrzeuge. Nach Ende der PHEV-Vermessung Ende 2017 kann das Energieverbrauchsmodell auch für Hybridfahrzeuge angepasst werden.

Die ersten Ergebnisse haben schon leichte Anpassungen für das Energieverbrauchsmodell als Basis für die elektrospezifische Verkehrsinformation gezeigt. Darauf basierend erfolgt nun ein Wechsel zwischen Testfahrten und weiterer Modelloptimierung, bis schlussendlich das optimierte Energiebedarfsmodell, auch mit PHEV-spezifischen Parametern sowie das finale Aussehen der energieverbrauchsbasierten Verkehrsinformation feststehen.

AP 7400 Abgleich der Messdaten mit subjektiven Befragungsdaten zur Ermittlung der Kundenwahrnehmung

Seitens BMW wurden zusammen mit der Universität Passau Gegenüberstellungen bzgl. BEV-/REX-Fahrzeugen sowie PHEV-Fahrzeugen angefertigt.

4. Darstellung wesentlicher Abweichungen zum Arbeitsplan

Aufgrund der späten Übermittlung der aufbereiteten BMW-Daten (i3-Daten März 2016) und der noch ausstehenden Übermittlung der PHEV-Daten (geplant Ende 2017) konnten die Analysen nicht in dem Maß durchgeführt werden wie zunächst geplant. Daher wurde das Projekt über 2016 hinaus verlängert bis Mai 2017. In dieser Zeit wurden die Analysen zur CAN-Logger-Erfassung der 40 i3-Fahrzeuge und ein Teil der Auswertungen der PHEV-Fahrzeuge abgeschlossen. Abgesehen von der zeitlichen Verschiebung wurden alle ursprünglichen Projektziele erfolgreich durchgeführt.

5. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses und der Erfahrungen

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten werden positiv beurteilt. Die Inhalte der dynamischen Verkehrsinformationen für Elektrofahrzeuge und die Einflussfaktoren zur Reduktion der Reichweitenangst wurden identifiziert, und jetzt können Fahrzeughersteller sowie die Politik sich dieser

annehmen und potenziellen Käufern von Elektrofahrzeugen eine verbesserte Reichweitengarantie mitgeben. Auch eine Routenplanung bzw. -führung ist mithilfe der besseren Abschätzung des konkreten Energiebedarfs für eine Fahrt möglich.

Die energieverbrauchsbasierten Verkehrsinformationen können beispielsweise im Navigationsgerät des Fahrzeugs zur Verfügung stehen und dabei zu einer Verbesserung der Routenplanung führen. Es lässt sich eine energieeffiziente Route zur Erreichung des Zielorts ermitteln und die Reichweitenangst als Reichweitesicherheit beherrschen. Falls der Zielort mit der aktuell verfügbaren Restenergie nicht erreicht werden kann, soll das Navigationsgerät eine entsprechende Maßnahme ergreifen. Diese könnte z.B. die Routenumplanung oder das Ansteuern einer Lademöglichkeit sein. Außerdem kann so eine zuverlässige Angabe einer Reichweitenkarte als „Spinnennetz“ gegeben werden.

Weiterhin werden die Projektergebnisse in den Vorlesungen der Universität der Bundeswehr München zum Einsatz kommen. Etwa in Veranstaltungen wie „Verkehrstechnik“, „Transportinformatik“ und „Intelligente Fahrzeuge“ werden die elektrospezifischen Verkehrsinformationen diskutiert werden.

6. Darstellung der erfolgten oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses

Die Ergebnisse wurden bislang in zwei Artikeln veröffentlicht:

1. Kessler, Lisa und Bogenberger, Klaus: „Forecast of the Energy Consumption of BEV Based on Dynamic Traffic Information“, vorgestellt auf der Konferenz „mobil.TUM 2015“ in München
2. Kessler, Lisa und Bogenberger, Klaus: „Mobility Patterns and Charging Behavior of BMW i3 Customers“, veröffentlicht in „2016 19th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)“, 2016, pp. 1994-1999, online verfügbar unter <http://ieeexplore.ieee.org/document/7795878/>

Unter Zuhilfenahme der hier beschriebenen Ergebnisse wurden bzw. werden die folgenden beiden Artikel veröffentlicht:

1. Rempe, Felix und Kessler, Lisa und Bogenberger, Klaus: „Fusing probe speed and flow data for robust short-term congestion front forecasts“, veröffentlicht in “2017 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)“, 2017, pp. 31-36, online verfügbar unter <http://ieeexplore.ieee.org/document/8005695/>
2. Kessler, Lisa und Huber, Gerhard und Kesting, Arne und Bogenberger, Klaus: „Comparison of Floating-Car Based Speed Data With Stationary Detector Data“, geplante Vorstellung bei der Konferenz 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Januar 2018 in Washington D.C.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Plug-In-, Range-Extender- und Elektrofahrzeuge unter realen Mobilitätsbedingungen: Infrastruktur, Umweltbedingungen und Marktakzeptanz (PREMIUM); Teilprojekt: Dynamische Verkehrsinformationen für Elektrofahrzeuge als Basis für die energieeffiziente Routenplanung	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Kessler, Lisa Bogenberger, Klaus	5. Abschlussdatum des Vorhabens Mai 2017
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Institut für Verkehrswesen und Raumplanung Universität der Bundeswehr München Werner-Heisenberg-Weg 39 85577 Neubiberg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 16EM2015-5
	11. Seitenzahl 10
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) Stresemannstraße 128 - 130 10117 Berlin	13. Literaturangaben 4
	14. Tabellen 0
	15. Abbildungen 2
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Technische Informationsbibliothek Hannover, 30.11.2017	
18. Kurzfassung Basierend auf vermessenen Privat- und Flottenfahrzeugen mit elektrischem Antrieb wurden Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch ermittelt, die es erlauben, den Energiebedarf während einer Fahrt abzuschätzen. Diese Faktoren sind Bestandteil einer neu entwickelten dynamischen Verkehrsinformation für Elektrofahrzeuge. Die elektro-spezifische Verkehrsinformation hilft, die energieeffiziente Routenplanung für Elektrofahrzeuge zu verbessern.	
19. Schlagwörter Dynamische Verkehrsinformationen, energieeffiziente Routenplanung, Energieverbrauch	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN unpublished	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Plug-In-, Range-Extender- and Electric Vehicles and their mobility behavior: Infrastructure, environmental conditions and market acceptance (PREMIUM); Project part: dynamic traffic information for electric vehicles as a basis for energy-efficient routing	
4. author(s) (family name, first name(s)) Kessler, Lisa Bogenberger, Klaus	5. end of project May 2017
	6. publication date -
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Institut für Verkehrswesen und Raumplanung Universität der Bundeswehr München Werner-Heisenberg-Weg 39 85577 Neubiberg	9. originator's report no.
	10. reference no. 16EM2015-5
	11. no. of pages 10
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) Stresemannstraße 128 - 130 10117 Berlin	13. no. of references 4
	14. no. of tables 0
	15. no. of figures 2
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Technische Informationsbibliothek Hannover, 30.11.2017	
18. abstract Based on measured data from private and company electric vehicles, impact factors on the energy consumption have been identified. These factors allow for estimating the energy consumption during the trip. A newly developed dynamic traffic information consists of all relevant influence factors and supports the optimization of energy-efficient routing for electric vehicles.	
19. keywords Dynamic traffic information, energy-efficient routing, energy consumption	
20. publisher	21. price

Erfolgskontrollbericht

(wird nicht veröffentlicht)

<p>1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms</p>	<p>Im Verbundprojekt Premium wurden umfassend Nutzer von Elektromobilität untersucht. Zum einen wurden durch Befragungen die subjektiven Empfindungen gegenüber dieses Antriebskonzeptes ermittelt, zum anderen durch Vermessung auch objektive Daten aufgezeichnet. Durch die Universität der Bundeswehr München wurden energieverbrauchsbasierte Verkehrsinformationen erforscht, die zu einer dynamischen Verkehrsinformation für Elektrofahrzeuge führen.</p>
<p>2. Wissenschaftlicher und/oder technischer Erfolg des Vorhabens, erreichte Nebenergebnisse und gesammelte wesentliche Erfahrungen</p>	<p>Neben der dynamischen Verkehrsinformation für Elektrofahrzeuge wurden auch Qualitätsuntersuchungen dynamischer Verkehrsinformationen im Allgemeinen durchgeführt. Nur durch eine sicherzustellende Qualität der Verkehrsinformationen auch für konventionelle Fahrzeuge können die Informationen auch für Elektrofahrzeuge erweitert werden.</p>
<p>3. Vom Zuwendungsempfänger oder von am Vorhaben Beteiligten gemachte oder in Anspruch genommene Erfindungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte sowie deren Verwertung</p>	<p>-</p>
<p>4. Einhaltung des Finanzierungs- und Zeitplans (ggf. Erläuterung von Abweichungen)</p>	<p>Die Inhalte des ursprünglichen Zeitplans wurden einhalten, nur später als geplant durchgeführt. Dies liegt zum einen an der verspäteten Markteinführung der PHEV-Fahrzeuge seitens BMW, zum anderen an der späteren Bereitstellung der vermessenen Fahrzeugdaten. Die Einordnung der Fahrten in den makroskopischen Verkehrskontext konnte nicht durchgeführt werden, da für die Privatkunden von BMW keine GPS-Position übergeben wurde.</p>
<p>5. Arbeiten, die zu keiner Lösung führten</p>	<p>-</p>
<p>6. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte</p>	<p>Einführung der dynamischen Verkehrsinformationen auf der Fahrzeugplattform von Elektrofahrzeugen, energieeffiziente Routenplanung</p>

Kurzfassung zum aktuellen Verwertungsplan

zur Erfüllung der Ausübungs- bzw. Verwertungspflicht durch den ZE gemäß den Nebenbestimmungen zum Zuwendungsbescheid

Zuwendungsempfänger: Universität der Bundeswehr München
Verbundprojekt: Premium
Förderkennzeichen: 16EM2015-5
Bewilligungszeitraum: 01/2014 – 05/2017

Erfüllung der Ausübungs- bzw. Verwertungspflicht des einzelnen Teilvorhabens durch...

...Projektergebnisse	...bis zum derzeitigen Zeitpunkt	...innerhalb der nächsten zwei Jahre
Schutzrechte: z. B. Patente, Lizenzen...	-	-
Produkt: z. B. Komponentenverbesserung, Erweiterung des Produktportfolios...	Entwicklung energieverbrauchsbasierter Verkehrsinformationen	
Technologie: z. B. verbesserter Fertigungsprozess, Messverfahren...	Beitrag zur energieeffizienteren Routenplanung	
Dienstleistung: z. B. erweiterte Beratungs- und Zuliefermöglichkeiten...	Beitrag zur energieeffizienteren Routenplanung	
Know-how Transfer: z. B. in interdisziplinäre Bereiche...		
Wissenstransfer: z. B. durch Verbesserung von Forschung und Lehre, Veröffentlichungen,...	Verbesserung von Forschung und Lehre an der Universität der Bundeswehr München, bereits 2 veröffentlichte Artikel, 2 weitere eingereicht, noch keine Antwort erhalten	

Gemäß Nr. 4.2 BNBest-BMBF 98 / Nr. 9.2 NKBF 98, die dem Zuwendungsbescheid zugrunde liegen, hat der Zuwendungsempfänger eine Ausübungs- bzw. Verwertungspflicht des Vorhabenergebnisses. Mit dem Verwendungsnachweis ist ein Erfolgskontrollbericht vorzulegen, der einen fortgeschriebenen Verwertungsplan einschließt.

Das Recht auf die ausschließliche Nutzung der im Projekt erzielten Ergebnisse durch den Zuwendungsempfänger ist nur dann gegeben, wenn der Zuwendungsempfänger seiner Ausübungs- und Verwertungspflicht nachkommt. Können zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussagen über die Verwertung der Projektergebnisse gemacht werden, haben Sie die Möglichkeit dies bis 2 Jahre nach Beendigung des Vorhabens nachzureichen. Danach erlischt das Recht der ausschließlichen Nutzung. Wird der Ausübungs- bzw. Verwertungspflicht bereits bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt hinreichend nachgekommen und das in obiger Übersicht dokumentiert, haben Sie Ihre Verwertungspflicht erfüllt.

(Datum, Unterschrift)