



BILD © Victor S. Brigola

FAHRZEUGFLOTTEN ELEKTRISIEREN

Für die Etablierung der E-Mobilität in Deutschland spielen Fahrzeugflotten eine Schlüsselrolle. Doch den neuen Anforderungen durch E-Fahrzeuge sind bisherige Flottenmanagement-Systeme kaum gewachsen. Im Projekt eFlotte entwickeln Industrie und Wissenschaft gemeinsam Informations- und Kommunikationstechnologie-(IKT-) Konzepte für eine strategische Planung und ein Echtzeit-Flotten- und Lademanagement.

AUTOREN



DIONYSIOS SATIKIDIS M.SC.
ist Technischer Projektleiter Living Lab eFleet am Fraunhofer IAO in Stuttgart.



DIPL.-WIRTSCHAFTSGEOGRAPH CLAUSS-MICHAEL KEUN
ist e-Mobility Consultant bei der Ametras rentconcept GmbH in Baienfurt.



DIPL.-ING. (FH) PHILIPP LENZ M.SC.
ist Consultant bei der PTV Group in Karlsruhe.



DIPL.-ING. (FH) RALF PASCHNIK
ist Leiter des Bereichs Business Development & Innovation bei der Infoman AG in Stuttgart.



DIPL.-ING. (FH) STEFAN SOFARIU
ist Produktmanager bei der Daimler FleetBoard GmbH in Stuttgart.

PROJEKTZIELE

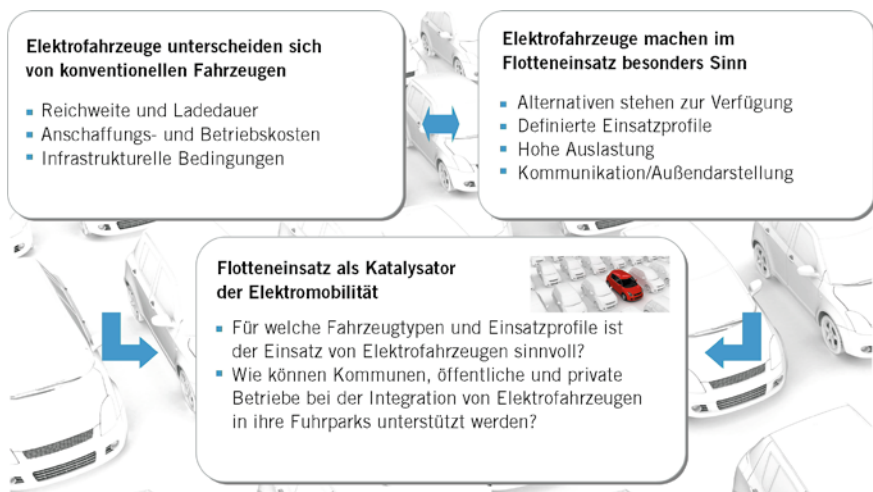
Die Elektromobilität ist ein relativ junges Gebiet, das im Vergleich zu konventionellen Antrieben vollkommen neue Eigenschaften und Anforderungen mit sich bringt. Dies sind vor allem Einschränkungen wie geringe Reichweiten, lange Ladedauer sowie hohe Investitionskosten, die nur durch eine starke Auslastung der Fahrzeuge über die Kilometerkosten kompensiert werden können. Den Fahrzeugflotten kommt daher für die Diffusion und den flächendeckenden Einsatz von Elektrofahrzeugen eine zentrale Bedeutung zu, **1**. Durch die Möglichkeit einer hohen Fahrzeugauslastung und definierter Einsatzprofile wird der Flotteneinsatz als Katalysator für die Etablierung der Elektromobilität fungieren.

Ferner bringen Elektrofahrzeuge einen Paradigmenwechsel mit sich, da sie mit lokal erzeugter Energie aus regenerativen Energiequellen geladen werden und damit einen Beitrag zur Energiewende leisten können. Das führt jedoch zu einem Zielkonflikt zwischen der Verfügbarkeit der Elektrofahrzeuge und einem optimalen Energiemanagement.

Aus ökologischen und ökonomischen Aspekten heraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die Bereiche der Disposition von gemischten oder reinen Elektrofahrzeugflotten sowie das Lademanagement gemeinsam betrachtet werden müssen. Bei einer solchen, integrierten Betrachtungsweise dürfen jedoch spezifische Flottenaspekte nicht außer Acht

gelassen werden. Im Projekt eFlotten- und Lademanagement (eFlotte) fließen aus diesem Grund spezifische Anforderungen der Anwendungsfelder Personenverkehr, Serviceeinsatzplanung und logistische Tourenplanung ein. Das spezielle Know-how wird im Forschungsprojekt eFlotte von den Industriepartnern eingebracht: AMETRAS rentconcept GmbH als etablierter Anbieter von Flottenmanagementlösungen im Mietwagen- und Carsharing-Bereich, Infoman AG als Beratungs- und IT-Lösungshaus für Hightech-Industrie und Dienstleister, PTV Group als weltweiter Lösungsanbieter für das Management von Logistikprozessen sowie die Daimler FleetBoard GmbH, eine 100-prozentige Daimler-Tochter und einer der europaweit marktführenden Anbieter von telematik-gestützten Internetdiensten für Lkw, Transporter und Busse. Das Fraunhofer IAO wirkt als Multiplikator, indem es Erfahrungen aus angrenzenden Forschungsprojekten einbringt und die Projekterkenntnisse wiederum in die universitäre Ausbildung einfließen lässt.

Das Projekt eFlotte ist eines von derzeit 13 Projekten des Spitzenclusters Elektromobilität Süd-West, das von der Bundesregierung gefördert wird. Im Rahmen des Projekts werden zukunftsweisende IKT-Konzepte entwickelt und Lösungen in Demonstratoren umgesetzt, die für eine strategische Planung und das Echtzeit-eFlotten- und Lademanagement eingesetzt werden können, **2**.



1 Flotteneinsatz als Katalysator für Elektromobilität

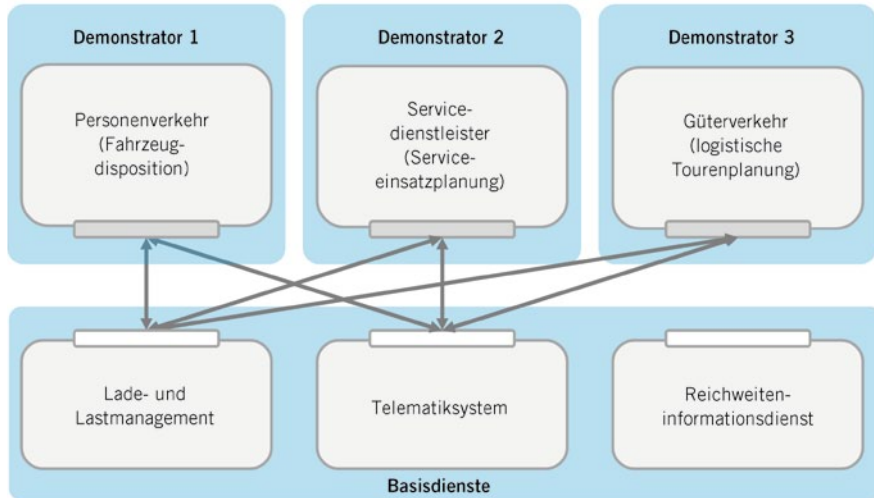
FAHRZEUGDISPOSITION IM PERSONENVERKEHR

Die Reichweitenbeschränkung eines Elektrofahrzeugs, die Rüstzeiten für das Laden der Fahrzeuge, die zusätzliche Verplanung der Ladeinfrastruktur sowie die vielen Einflussfaktoren für die exakte Energiebedarfsprognose einer geplanten Fahrzeugmiete stellen Flottenmanagementsysteme vor komplett neue Herausforderungen. Um eine dezidierte Aussage über eine optimale Durchdringung einer Flotte mit Elektrofahrzeugen treffen zu können, ist es für einen Fuhrparkmanager entscheidend, neben den gefahrenen Kilometern auch eine exakte Energiebedarfsprognose für die Fahrzeugmiete zu ermitteln. Hierzu bedarf es einer genauen Aussage über die Streckentopografie, den Ruhestromverbrauch des Fahrzeugs, etc. Zusätzlich unterstützt ein Analysetool auf Basis historischer Mietdaten einer Fahrzeugflotte, dem berechneten Energiebedarf sowie der geplanten Ladeinfrastruktur den maximal möglichen und den wirtschaftlich optimalen Durchdringungsgrad einer Fahrzeugflotte mit Elektrofahrzeugen zu ermitteln. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die Planung einer künftigen Flottenzusammensetzung und der dazugehörigen Ladeinfrastruktur.

Neue Algorithmen in der Verplanung des Fahrzeugpools ermöglichen eine individuelle Steuerung der Elektrofahrzeuge mit allen Restriktionen eines Fuhrparks. Zudem können durch eine Parametrisierung unterschiedliche Dispositionsmodelle für verschiedene Geschäftsfelder (zum Beispiel Carsharing, Kurzzeitmiete, Langzeitmiete, Business Carsharing oder free floating) dargestellt werden.

Es bedarf schon während des Buchungsvorgangs spezifischer Informationen vom jeweiligen Nutzer, um eine valide Aussage über den Energiebedarf der Fahrzeugmiete und damit eine zuverlässige Disposition von Elektrofahrzeugen zu ermöglichen. So wird die Fahrtstrecke abgefragt und mit der voraussichtlichen Temperatur und der Topografie abgeglichen. Bei Bestandskunden werden zusätzlich Erfahrungen zum Energieverbrauch aus bereits durchgeführten Mieten hinzugezogen.

Neben einer optimalen Disposition der Elektrofahrzeuge eines Fahrzeugpools stellt die effiziente Verplanung der Lade-



2 Im Projekt eFlotte geplante Demonstratoren

säulen eine weitere Herausforderung dar. Die teure Ladeinfrastruktur bedingt eine optimale, synchrone Disposition von Fahrzeug und Ladesäule, sodass sich die hohen Kosten für die Infrastruktur frühzeitig amortisieren. Ziel des intelligenten Lademanagements ist es, dem Fuhrparkmanager eine autarke Fahrzeugstation anzubieten, bei der durch Folgemieten zum optimalen Zeitpunkt die Ladesäule freigesetzt wird, um für die Ladung des nächsten Elektrofahrzeugs zur Verfügung zu stehen. Ein Umparken durch das Servicepersonal wird somit auf ein Minimum reduziert.

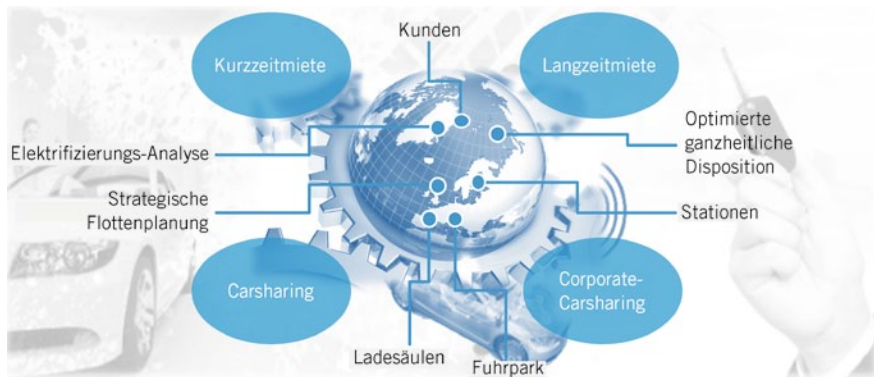
Das Störungsmanagement steht während des gesamten Miet- und Ladeprozesses in Interaktion mit der Fahrzeugtelematik und dem Dispositionsmanagement. So erkennt es frühzeitig auftretende Konflikte (etwa verspätete Rückgabe, deutliche Abweichung der geplanten Energie) und meldet diese an

die Dispositionskomponente. Die automatische Disposition wird selbstständig den Konflikt durch eine Umplanung und Änderung der geplanten Ladungen auflösen.

LOGISTISCHE TOURENPLANUNG

Auch in der Logistik beschäftigen sich viele Unternehmen mit der Elektromobilität. Gerade auf Ausliefertouren in der Feinverteilung sehen Transportdienstleister Potenzial für diese neue Antriebstechnik. Fahrzeughersteller haben diese Tendenz erkannt und bieten mittlerweile Elektrofahrzeuge mit Nutzlasten zwischen 300 und 2500 kg an. Prototypisch werden auch bereits 18-t-Fahrzeuge elektrifiziert, die eine Reichweite von 300 km und eine Nutzlast von etwa 10 t aufweisen.

Auf diesen Wandel muss sich natürlich auch die unterstützende Software ein-



3 Ganzheitlicher e-Mobility-Ansatz für Pkw-Flotten

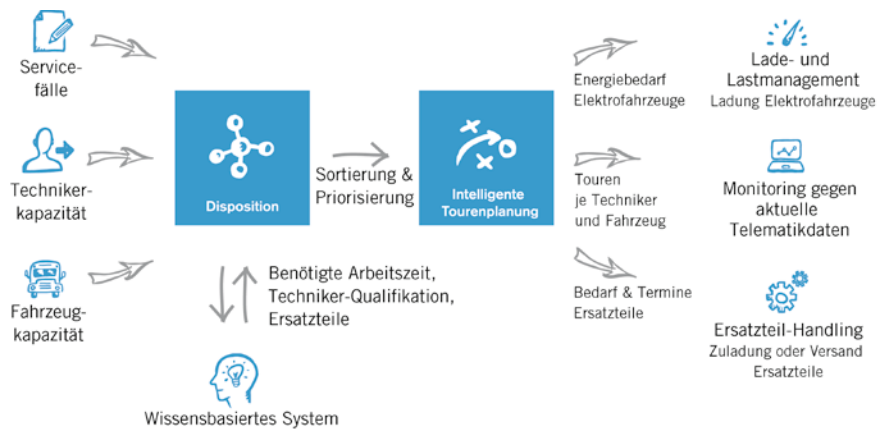
stellen. Bislang sind die meisten IT-basierten Tourenplanungsverfahren auf den Betrieb von konventionell angetriebenen Fahrzeugen ausgelegt. Im Rahmen von eFlotte werden nun die Kostenstrukturen und -arten von elektrisch betriebenen Fahrzeugen hinterlegt, um diese doch sehr unterschiedlichen Strukturen realitätsgetreu abbilden zu können.

Nach der Implementierung des Demonstrators zur logistischen Tourenplanung werden sich daraus verschiedene Aussagen ableiten lassen. Für einen konkreten Planungsfall lässt sich dann exakt bestimmen, welche Touren mit einem Elektrofahrzeug gefahren werden können und welche weiterhin von konventionell betriebenen Fahrzeugen erledigt werden. Zusätzlich lässt sich eine Aussage darüber treffen, ob sich die Anschaffung von Elektrofahrzeugen für ein Unternehmen lohnt und wie hoch der Anteil der Elektrofahrzeuge sein sollte.

Als erster Schritt der Umsetzung wurde mit dem Umbau von PTV Smartour zur parallelen Ausführung von Planungsabläufen begonnen und ein erster Verfahrensentwurf erstellt. Dieser Verfahrensentwurf besteht aus vier Schritten:

1. Identifikation unterschiedlicher Fahrzeugkategorien: Kriterien sind Kosten, Kapazität, Reichweite, etc.
2. Vehicle Routing Problem (VRP) pro Fahrzeugkategorie lösen: Hierbei wird von der Annahme ausgegangen, dass die Fahrzeuganzahl unbegrenzt ist.
3. Kostenbewertung der Touren: Die Touren aller Pläne werden jeweils mit allen Fahrzeugkategorien bewertet. Ungültige Touren sind einfach herauszufiltern, da sie unendliche Kosten erzeugen.
4. Lösen eines Set Covering Problem (SCP): In diesem Schritt werden mithilfe der mathematischen Modellierung eines Mengenüberdeckungsproblems die realen Fahrzeuganzahlen berücksichtigt. Per Algorithmus werden viele kostenminimale Teilmengen von Touren gebildet, sodass auch doppelte Besuche geschickt aufgelöst werden.

Das Verfahren wurde in einem ersten Schritt prototypisch umgesetzt. Mithilfe von erstellten Testdaten wurden erste Tests sowie eine Evaluation der Ergebnisse durchgeführt, die ein Kostensparpotenzial von bis zu 8 % ergaben.



4 Einsatzplanung für Service-Dienstleister

DISPOSITION FÜR DIE SERVICE-EINSATZPLANUNG

Für die Ermittlung der Verwendbarkeit von Elektrofahrzeugen für Service-Flotten ist es entscheidend, die Reichweitenbeschränkungen der Fahrzeuge zu beachten, Einflussfaktoren auf die Reichweite zu berücksichtigen und Maßnahmen zur Absicherung der Reichweite zu kennen. Systeme zur Disposition von Serviceeinsätzen müssen daher nicht nur Servicefälle, Techniker- und Fahrzeugkapazitäten koordinieren können sowie Disposition und intelligente Tourenplanung beherrschen. Sie müssen auch in der Lage sein, die Reichweiten von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren realitätsnah abzuschätzen und in die Verplanung mit einzubeziehen, 4.

Zu den wesentlichen Vorteilen von Elektrofahrzeugen gehören die vergleichsweise sehr geringen Energiekosten. Dafür ist ein intelligentes Lade- und Lastmanagement erforderlich, das die lokal vorhandenen Energieressourcen optimal für Ladeprozesse verwendet. Die sehr niedrigen Energiekosten machen sich in der Wirtschaftlichkeitsrechnung umso stärker bemerkbar, je größer die Fahrleistung des Elektrofahrzeugs ist. Doch genau bei der Reichweite besteht heute noch eine starke Einschränkung. Fahrzeuge, die für den Service-Außendienst geeignet sind, bieten Stand Anfang 2014 meist eine Reichweite von knapp über 150 km. Allerdings ist diese Reichweite eine Herstellerangabe, die nur bei optimalen Bedingungen erreicht werden kann.

Im praktischen Einsatz zeigt sich, dass die Reichweiten von Elektrofahrzeugen wesentlich unter den Herstellerangaben liegen. Der Grund hierfür liegt im erhöhten Stromverbrauch in der täglichen Praxis gegenüber einem idealen theoretischen Szenario. Das Fahrverhalten beeinflusst den Stromverbrauch sehr stark. Ein rasanter Fahrer erzielt weniger als die Hälfte der Reichweite im Vergleich zu einem langsameren und vorausschauenden Fahrer. Aber auch externe Einflüsse erhöhen den Stromverbrauch. Bei Elektrofahrzeugen müssen sowohl Heizung als auch Klimaanlage von der Fahrzeugbatterie gespeist werden. Dadurch erhöht sich der Stromverbrauch im Winter bei eingeschalteter Heizung und im Sommer bei eingeschalteter Klimaanlage. Diese klimabedingten Mehrverbräuche können die erzielbare Reichweite bis auf die Hälfte reduzieren.

Um Elektrofahrzeuge für Service-Flotten einsetzen zu können, müssen Fahrer in Schulungsmaßnahmen diese negativen Einflüssen des Fahrverhaltens vermittelt bekommen. Die Fahrer sollten die vom Fahrzeug errechnete Restreichweite beobachten und ihr Fahrverhalten und die Verbraucher so anpassen, dass die Restreichweite ihnen eine sichere Rückkehr an ihren Standort erlaubt. Wenn die tägliche Fahrleistung unter 100 km liegt, ist der Einsatz von 100-prozentig elektrisch betriebenen Fahrzeugen für den Service-Außendienst heute schon möglich und wirtschaftlich. In den nächsten Jahren ist eine Verdopplung dieser „sicheren“ Reichweite bei gleichen oder sogar niedrigeren Fahrzeugkosten zu erwarten.



5 Systemübersicht – operatives Lade- und Lastmanagement

LADE- UND LASTMANAGEMENTSYSTEM

Als Lade- und Lastmanagementsystem wird im Rahmen des Projekts eFlotte eine Softwareschicht bezeichnet, die es Buchungssystemen verschiedener Branchen ermöglicht, auf unterschiedliche Ladestationen diverser Hersteller (heterogene Ladeinfrastruktur) zuzugreifen. Ziel dieser Softwareschicht ist es, die Ladeinfrastruktur zu abstrahieren und Systemen wie der Personenfahrzeugdisposition, der Serviceeinsatzplanung oder der logistische Tourenplanung einen einheitlichen Zugriff zu ermöglichen. 5

Als Kernherausforderung ergibt sich die Übersetzung der Buchungssystem-Geschäftsprozesse über verschiedene Ebenen hin bis zu den einzelnen Ladestationen auf der Hardwareebene. Architektonisch wurde hierbei das Dependency-Inversion-Prinzip (DIP) angewandt. Die Kernforderung von DIP ist, dass ein System einer höheren Ebene nicht von einem System einer tieferen Ebene abhängig sein darf, und somit Änderungen in tieferen Ebenen nicht höhere Systeme beeinflussen dürfen [1].

Bei der Kommunikation von Backend-systemen mit Ladestationen existieren keine einheitlichen Standards. Je nach Hersteller und Anwendungsgebiet gibt es Ladestationen, die über Quasi-Standards wie OCPP [2] oder OICP [3] kommunizieren oder eigene proprietäre Kommunika-

tionsschnittstellen implementieren. Die sind oftmals nur teilweise offengelegt und unterstützen damit nur spezielle Backendsysteme.

Das in eFlotte konzipierte Lade- und Lastmanagementsystem basiert auf einer Softwarearchitektur, die spezielle Treiber für verschiedene Ladestationen zu einer Hardware-Abstraktionsschicht (siehe Hardware Abstraction Layer, HAL) zusammenfasst und auf eine einheitliche Schnittstelle abstrahiert. Damit ist die Integration verschiedener Ladestationen möglich, ohne die Kommunikation mit einem darüberliegenden Buchungssystem jedes Mal anpassen zu müssen.

Die Ladestrategie und -intelligenz an einem Standort wird im Modul der Lade- und Lastmanagementoptimierung realisiert, welche unter Berücksichtigung der gebuchten Ladeservices die Ladeprozesse über die HAL steuert und regelt. Damit können standortspezifische Anforderungen wie beispielsweise die Vermeidung von kostenintensiven Lastspitzen oder die Priorisierung des Ladens mittels Ökostrom eingehalten werden.

Getrieben wird dieses Konzept von der Tatsache, dass energetische Lastprofile verschiedene Ausprägungen haben. Die Erprobung von Lade- und Lastmanagementalgorithmen unter Berücksichtigung standortspezifischer, energetischer Lastprofile sowie Flotten- und Ladeinfrastrukturkonstellationen ermöglicht eine „E-Mobility-Simulations-Toolbox“. Diese

wurde im Rahmen des Projekts entwickelt und ermöglicht das Abbilden eines realen, elektrifizierten Mobilitätssystems. Die dadurch entstehenden Vorteile sind Reproduzierbarkeit sowie die beschleunigte, automatisierte Erprobung von Testszenarien im Vergleich zu Flottenversuchen.

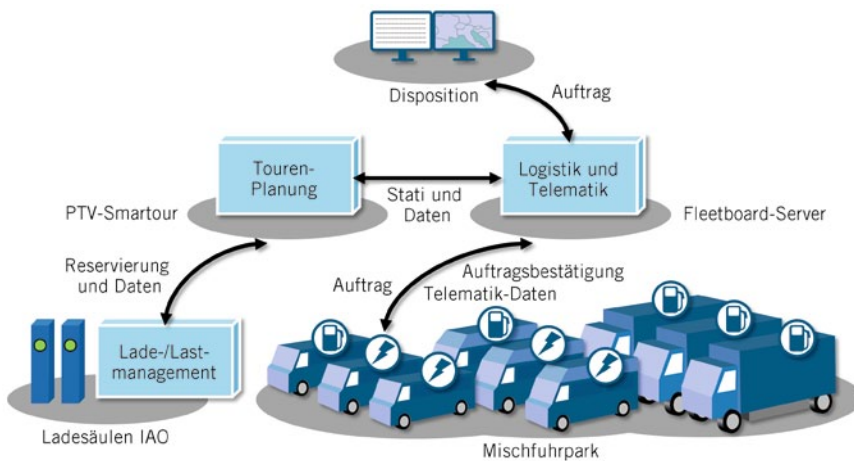
TELEMATIKSYSTEM

Das Telematiksystem gewinnt innerhalb von Unternehmen, die Logistikprozesse abbilden müssen, ständig an Bedeutung. Ein modernes Telematiksystem muss mit einer Fülle von Möglichkeiten und Einschränkungen rechnen. Der Fuhrpark wird in Zukunft aus differierenden Fahrzeugtypen bestehen mit verschiedenen Ladetypen, unterschiedlichen Verbrennungsmotoren und zusätzlichen Elektromotoren. Darüber hinaus schränken beispielsweise gesetzliche Vorgaben den Verkehr in Innenstädten ein.

All diese Vorgaben zwingen Unternehmen – insbesondere in Hinsicht auf die urbane Mobilität – effektiv, ökonomisch und nachhaltig zu wirtschaften. Bei dieser Aufgabe werden sie von einem integrativen Telematiksystem unterstützt, mithilfe dessen die Ressourcen durch einen Workflow verwaltet und von spezialisierten Algorithmen optimiert werden, 6.

FAZIT

IKT-Lösungen für das Managen von gemischten Fuhrparkflotten, insbesondere in Kombination mit einem intelligenten Management der Ladeprozesse, existieren heute nur in vereinzelten Domänen. Im Rahmen des Forschungsprojekts eFlotte werden Lösungen erforscht und umgesetzt, welche die Diffusion der Elektromobilität in unterschiedlichen Anwendungsfeldern wie



6 Integratives Telematiksystem im Zusammenspiel mit verschiedenen Systemen

beispielsweise Personenverkehr, Serviceeinsatzplanung und logistische Tourenplanung ermöglichen. Ein Einsatz von Elektrofahrzeugen vor allem im urbanen Verkehr ist heute schon möglich und in konkreten Einsatzfällen auch sinnvoll wie aktuelle Beispiele zeigen (car2go [4], DHL innerstädtische Verteilung [5]). Wichtig sind hierbei die Beachtung aller Randbedingungen sowie die Integration des Fahrers. Dafür sind IKT-Lösungen notwendig, die

- : alle Komponenten in Echtzeit integrieren (Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur, Nutzer)
- : die Spezifika der konkreten Fuhrparkflotten und Geschäftsbereiche abbilden und diese optimieren
- : neue Technologien vor allem zur Weiterleitung und Verarbeitung von Echtzeitdaten zum Einsatz bringen
- : ein intelligentes Lademanagement beinhalten, um Ladeinfrastrukturen zu einem stabilisierenden Element im Energienetz zu entwickeln und so den Ausbau erneuerbarer Energien zu fördern
- : die Schnittstelle zum Nutzer so gestalten, dass elektrisch Fahren zum positiven Erlebnis wird und das Bewusstsein der Nutzer für nachhaltige Mobilität fördert.

Die Zusammenarbeit von Forschung und Industrie bietet im Projekt eFlotte optimale Bedingungen, um zukunftsweisende Ideen zu erproben und in marktaugliche Lösungen zu überführen.

LITERATURHINWEISE

- [1] Martin, R. C.: Agile Software Development: Principles, Patterns and Practises. In: Pearson Education, 2003
- [2] Open Charge Alliance: Open Charge Point Protocol (OCPP) 1.5 und 2.0 CR, <http://www.ocppforum.net>
- [3] Hubeject GmbH: Open Intercharge Protocols (OICP), <http://www.hubeject.com>
- [4] <https://www.car2go.com/de/stuttgart/>
- [5] <https://www.dpdhl.com/de/verantwortung/umweltschutz.html>

HINWEIS

Das Projekt eFlotte ist Teil des Spitzenclusters Elektromobilität Süd-West.

Projektpartner:

- : PTV AG, Karlsruhe
- : Ametras rentconcept GmbH, Ettlingen
- : Daimler FleetBoard GmbH, Stuttgart
- : Fraunhofer IAO, Stuttgart
- : Infoman AG, Stuttgart



Begeisterung und Leidenschaft für Technik auf Rädern

Wir entwickeln Lösungen und Produkte zur Qualifizierung von Komponenten für verbrennungsmotorische und elektrische Antriebe:

- Entwicklung von Methoden, Tools und Testsystemen
- Integration und Test
- Betrieb automatisierter Prüfsysteme
- Datenerfassung, -aggregation und -analyse
- Lösungen zu Fehlerbehebung

CTC cartech company GmbH
Hanns-Klemm-Straße 40
71034 Böblingen
Telefon +49 (0)7031-2040 580
info@cartech-company.com

www.cartech-company.com