

Einsatz von Smartphones zur Erfassung von mobilitätsrelevanten Daten in Flottenversuchen

Mobilitätsuntersuchungen mit Elektrofahrzeugen

M.Sc. **J. Ritzer**, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, München;
Dipl.-Ing. **T. Pesce**, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, München;
Dipl.-Ing. **S. Schickram**, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, München;
Prof. Dr.-Ing. **M. Lienkamp**, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, München;

Kurzfassung

Die Nutzung von Smartphones mit aktueller Sensorik, mobiler Datenübertragung und Servern zur Datenabspeicherung und -auswertung eröffnet neue Möglichkeiten im Bereich der Mobilität. Der Einsatz dieses Systems schafft mit einer ganzheitlichen, individuellen Erfassung des Mobilitätsverhaltens über das Fahrzeug hinaus die Basis für ein bedarfsgerechtes Mobilitätsangebot. Die Rechenkraft auf einem Smartphone erlaubt zudem eine echtzeitnahe Simulation von Elektrofahrzeugkonzepten und einer dazu passenden Infrastruktur. Die unmittelbare Einbindung des Nutzers durch das Smartphone sorgt für ein realitätsnahes Nutzungsverhalten von virtuellem Fahrzeug und Infrastruktur. Mit der nachgelagerten Betrachtung von Fahrprofilen auf einem Server lassen sich Optima für den mobilen Alltag ableiten. Es ergibt sich eine Vielzahl weiterer Nutzungsmöglichkeiten des genannten Systemverbundes.

Abstract

The usage of smartphones featuring modern sensors, mobile data transfer and servers for data storage and evaluation creates new opportunities in the fields of mobility. The application of this system allows mobility behavior tracking of individuals in a holistic approach. The results will be the basis to provide mobility solutions meeting the customer demands. Furthermore the performance of current smartphones allows a real-time simulation of electric vehicle concepts and a corresponding infrastructure. The direct involvement of the users via the smartphone ensures a realistic usage behavior of the virtual vehicle and infrastructure. By analyzing the driving profiles on the server, mobility of daily life may be optimized. Examples of further uses of the system are also described.

1. Einleitung

Die Nutzung von GPS-fähigen Smartphones eröffnet neue Möglichkeiten bei der Erfassung mobilitätsrelevanter Daten. In Kombination mit einem Server und der Datenübertragung via Mobilfunknetz entstehen Einsatzszenarien, die für OEMs, Energieversorger und Städteplaner hilfreich sind.

Insbesondere die näherrückende verbreitete Einführung von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen bringt eine Reihe offener Fragen mit sich. Bisher ist noch niemand in der Lage vorherzusagen, ob und in welcher Art sich das Mobilitätsverhalten potentieller Nutzer ändern wird, wenn sie auf elektrische Fahrzeuge umsteigen. Für eine nahtlose Mobilität bedeuten Änderungen im Nutzungsverhalten des Fahrzeuges ebenfalls Einflüsse auf die Verwendung der Angebote des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs. Einher geht die immer wiederkehrende Problematik einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur und kundennaher Fahrzeugkonzepte, die bisher lediglich auf bereits vorliegenden Daten und Untersuchungen beruhen, ohne jedoch die tatsächliche Akzeptanz zu kennen.

Bisherige Ansätze zur Erfassung bzw. Analyse des Mobilitätsverhaltens setzen auf eine Aufzeichnung der GPS-Daten eines Fahrzeuges. Das so ermittelte Fahrprofil kann nachgelagert für Analysen und Auswertungen herangezogen werden [1]. Auch zu diesen Zwecken werden bereits die Vorteile von Smartphones eingesetzt. Diverse Anbieter vertreiben verschiedenste Applikationen auf den jeweiligen Smartphone-Plattformen, mit denen der Nutzer sein Bewegungsprofil verfolgen kann.

Die genannten Ansätze stellen allerdings meist nur Insellösungen vor. Das hier vorgestellte System, bestehend aus einem Smartphone der aktuellen Generation, einem zentralen Server und der kabellosen Datenübertragung, nutzt deren Möglichkeiten und Synergien, um ein umfassendes Mobilitätsbild unter Berücksichtigung aller Verkehrsmittel der Nutzer zu erstellen. In Ergänzung dazu kann dem Nutzer über quasi-Echtzeitmodelle von neuen Fahrzeugkonzepten auf dem Smartphone das entsprechende Fahrzeug simuliert werden. Unter Einbeziehung einer virtuellen Infrastruktur wird der Nutzer in ein realitätsnahes Szenario eingebunden und so sein Verhalten und die Akzeptanz der neuen Fahrzeugtechnologie mit der dazugehörigen Infrastruktur ermittelt.

2. Stand der Technik

Die Entwicklung von Smartphones mit einer Vielzahl von Sensoren gibt Forschern neue Möglichkeiten der Informationssammlung. Anhand der Sensoren in mobilen Endgeräten können Bewegungs- und Beschleunigungsprofile der Nutzer, sowie Bild-daten aufgezeichnet werden. Anwendungsprogramme zur Steuerung der Datenaufzeichnung können durch einen im Betriebssystem des Smartphones integrierten Onlineshop bezogen und direkt auf dem Smartphone installiert werden.

In ersten Forschungsarbeiten entwickelten Forscher des Massachusetts Institute of Technology (MIT) Algorithmen zur Verkehrsüberwachung sowie zu Stauvorhersagen und Fahrzeitberechnung anhand von Bewegungsdaten von Smartphones [2, 3]. Von Microsoft wurden Verfahren zur Bestimmung des Fahrbahnzustandes anhand der gemessenen vertikalen Beschleunigungen eines Smartphones entwickelt [4]. Wiederum Forscher des MIT erkennen aus den Beschleunigungsdaten des Smartphones das Verkehrsmittel, mit dem sich der Nutzer gerade bewegt. Anhand dieser Daten berechneten sie den aktuellen CO₂ Ausstoß jedes Nutzers [5].

3. Sensorik aktueller Smartphones

Im hier vorgestellten Konzept wird zur Datenakquise ein iPhone 4 von Apple mit dem aktuellen Betriebssystem iOS 4.2 verwendet. Grund hierfür ist die große Verbreitung des iPhones sowie die umfangreiche Ausstattung mit Messsensoren. Die in dieser Arbeit entwickelte Systematik kann aber in gleicher Weise auf jedem anderen Smartphone mit GPS-Sensor, Beschleunigungssensoren, UMTS-Modul sowie einer Kamera eingesetzt werden.

Zur Positionsbestimmung über GPS verwendet das iPhone 4 einen BROADCOM Chip, welcher Abtastraten von 1 Hz zulässt. Neben den GPS-Positionsdaten werden auch A-GPS Informationen von Mobilfunkmasten und WLAN-Access-Points verwendet, um die Positionsbestimmung auch ohne GPS zu ermöglichen [6]. Zur Messung von Beschleunigungen ist im Gerät ein Drei-Achs-Beschleunigungssensor verbaut, der Abtastraten von 1 kHz erlaubt. Da das Betriebssystem des iPhones nicht echtzeitfähig ist, können diese Abtastraten je nach Systemauslastung nicht immer erreicht werden. Zusätzlich verfügt das iPhone 4 über einen Gyrosensor zur Messung von Winkelbeschleunigungen. Die Digitalkamera des iPhone 4 kann Fotos mit einer

Auflösung von 2592×1936 Pixel und Videos mit einer Auflösung von 1280×720 Pixeln aufnehmen und verfügt über einen LED-Blitz.

Zur Bewertung der Genauigkeit der Sensoren wurden vorab Vergleichsmessungen durchgeführt. In mehreren Testfahrten wurde die Sensorik des iPhones mit der hochgenauen Sensorik der Messplattform RT3003 der Firma Oxts verglichen. Beispielsweise werden in Bild 1 die gemessenen Längsbeschleunigungen eines Fahrzeugs dargestellt.

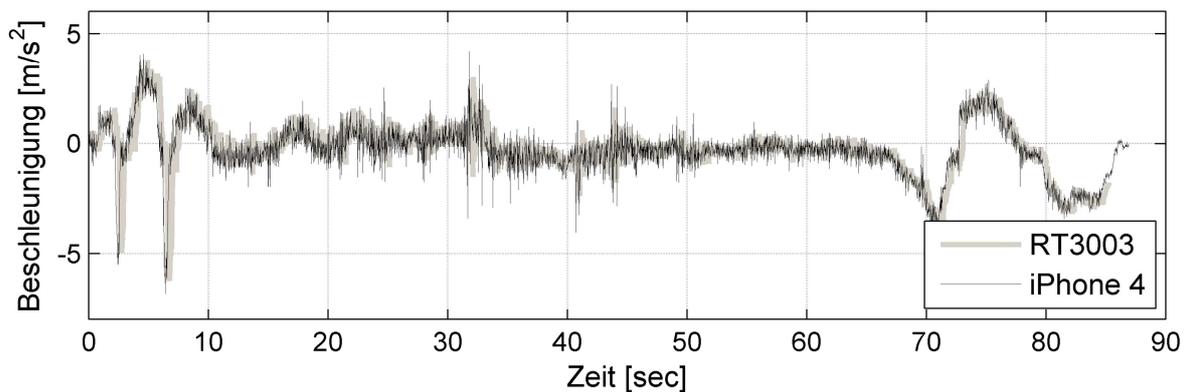


Bild 1: Gemessene Beschleunigungen mit iPhone 4 und RT3003

Die gleiche Messung nach Anwendung des Savitzky-Golay-Filters zur Kompensation des Messrauschens zeigt Bild 2. Es besteht eine sehr gute Übereinstimmung der beiden Graphen. Die maximale Abweichung ist kleiner als 5%.

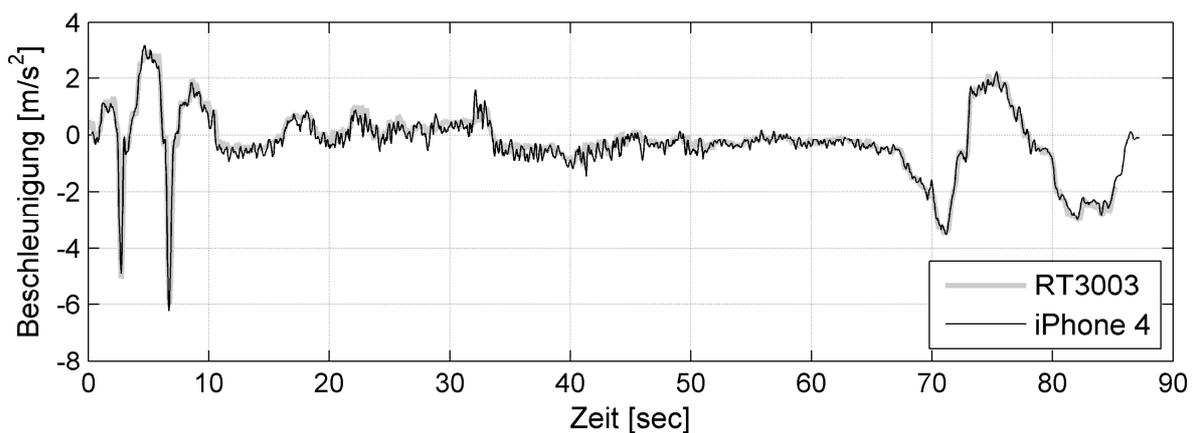


Bild 2: Gemessene Beschleunigungen mit iPhone 4 und RT3003 nach Filterung

4. Erfassung des Mobilitätsverhaltens

Zur Potentialuntersuchung alternativer Fortbewegungsmittel und neuartiger Mobilitätslösungen ist eine fundierte Kenntnis über das aktuelle und prädiktive Mobilitätsverhalten in einem betrachteten räumlichen Umfeld nötig.

Unter der Prämisse das holistische Mobilitäts- und Fahrverhalten von privaten Nutzern mit Elektrofahrzeugen aufzuzeichnen und zu interpretieren, ergeben sich mehrere in sich autonome Teilaspekte, welche mittels verschiedener Messmethodiken erfasst werden können.

4.1 Untersuchungsziele

Die Untersuchung des *Mobilitätsverhaltens* deckt das Bewegungsprofil von einer betrachteten Nutzergruppe auf. Dabei beantwortet es ganz allgemein die Frage, welche Strecken zu welchen Zeitpunkten zurückgelegt und welche Verkehrsmittel dafür ausgewählt werden.

Unter *Fahrverhalten* wird in diesem Kontext das aktive Fahren mit dem elektrischen Antriebskonzept verstanden. Hierbei wird untersucht, ob und inwieweit sich die fahrrelevanten Charakteristika eines Elektrofahrzeugs auf das Beschleunigungs-, Brems- und Geschwindigkeitsprofil der Nutzer auswirkt.

Unter dem Begriff *Ladeverhalten* werden die Untersuchungen zusammengefasst, zu welchen Zeiten und an welchen Orten der Nutzer sein Fahrzeug lädt bzw. gerne laden würde.

4.2 Datenerfassung

Hauptsächliches Element zur Datenerfassung stellt das Smartphone dar, in diesem Fall das in Kapitel 3 beschriebene iPhone 4, welches der Nutzer während des Versuchs stets mit sich trägt. Die vom Smartphone aufgezeichneten Daten werden paketweise an einen Server verschickt und dort ausgewertet. Eine Administrator-Oberfläche bietet jederzeit die Möglichkeit die aufgezeichneten Daten einzusehen, sowie die Einstellungen und Anzeigen auf den Smartphones zu editieren. Bild 3 veranschaulicht das vorgestellte Prinzip.

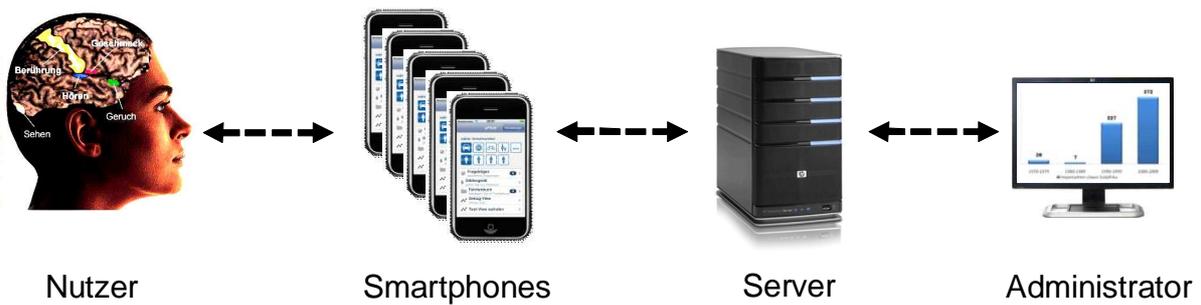


Bild 3: Schematische Darstellung der Datenerfassung

Die Erfassung des *Mobilitätsverhaltens* basiert grundlegend auf der Aufzeichnung und Auswertung von GPS-Daten. In Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit des Nutzers werden hierfür die GPS-Signale mit einer Frequenz von bis zu 1 Hz aufgezeichnet und an den Server geschickt. Durch das stete Mitführen des Smartphones ist es möglich, das intermodale Bewegungsprofil des Nutzers aufzuzeichnen. In Abhängigkeit vom GPS-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsprofil wird auf dem Server jeweils automatisch das gewählte Verkehrsmittel erkannt.

Während der Fahrt in seinem persönlichen Elektrofahrzeug steckt der Nutzer sein Smartphone in eine KFZ-Halterung, hier ein TomTom Car KIT. Durch die Anbindung mit der Halterung interpretiert das Smartphone den Beginn einer Fahrt. Daraufhin werden zusätzlich zum GPS-Signal die Signale der Beschleunigungs- sowie Gyrosensoren des Smartphones mit einer Frequenz von 10 Hz aufgezeichnet und verschickt. Hieraus können die relevanten Daten für die Analyse des *Fahrverhaltens* gewonnen werden. Zudem besteht die Möglichkeit ein System zur On-Board-Diagnose (OBD) im Fahrzeug zu installieren. Dieses kann Fahrbetriebsdaten und Steuergerätsignale mittels WLAN oder Bluetooth an das Smartphone schicken, welche von dort wiederum weiter an den Server übertragen werden. Das direkte Auslesen von auf dem CAN-BUS liegenden Fahrzeugdaten ist ebenfalls realisierbar. Für die Übersetzung der zu übertragenden Daten ist hierfür jedoch eine Kooperation mit den entsprechenden Automobilherstellern nötig.

Zur Auswertung des *Ladeverhaltens* wird ebenfalls auf die GPS-Daten zur Auswertung der Ladestandpunkte und –zeiten zurückgegriffen. Für detailliertere Daten zum Laden, wie zum Beispiel Ladezustand der Batterie oder Ladestromfluss, ist eine Kooperation mit Fahrzeugherstellern und Energieversorgern nötig.

In der KFZ-Halterung ist die Digitalkamera des Smartphones auf die Straße gerichtet. Hierdurch können vom Smartphone durch die Windschutzscheibe Fotos und Videos von der aktuellen Verkehrslage gemacht werden. Die Auslösung der Kamera erfolgt ereignisgesteuert. Trigger, die die Kamerafunktionalität auslösen, sind erhöhte Messwerte der Beschleunigungssensoren. Bei starkem Bremsen oder Beschleunigen des Fahrers wird von der aktuellen Situation ein Foto geschossen und an den Server gesendet. Auf dem Server wird das Bild anschließend analysiert.

Diese Funktion ist vor dem Hintergrund, dass Elektroautos im Vergleich zu Autos mit Verbrennungsmotor leiser sind, interessant. Dadurch besteht die Gefahr, dass Fußgänger herannahende Fahrzeuge nicht bemerken. Ob und wie oft nun Fahrer von Elektrofahrzeugen wegen Fußgängern häufiger bremsen müssen, kann mit dem vorgestellten Ansatz untersucht werden.

4.3 Nutzerbefragung

Zusätzlich zur Erfassung von messtechnischen Größen werden im Versuch Nutzerbefragungen durchgeführt. Abhängig von der Probandenanzahl können die hier gewonnen Ergebnisse statistisch repräsentativ sein oder sind als rein qualitative Erkenntnisse zu interpretieren. Thematisch befasst sich die Befragung mit Fragestellungen primär zum *Mobilitäts-* und *Ladeverhalten*. Des Weiteren stellt ein großer Aspekt die Nutzungsakzeptanz zu Elektrofahrzeugen dar.

Aus technischer Sicht wird die Nutzerbefragung mittels zwei Medien durchgeführt. Für längere Fragebögen, welche zu festgelegten Zeitpunkte über die Versuchslaufzeit verteilt gestellt werden, wird auf eine kommerzielle Online-Plattform zurückgegriffen. Die Besonderheit in dem hier vorgestellten Konzept dagegen besteht erneut in der Ausnutzung der Möglichkeiten, die das Smartphone bietet. Durch die Serveranbindung erlaubt es einen direkten Kontakt zwischen Versuchsleitung und Probanden, wobei hierbei eine eigens entwickelte iPhone Applikation die zentrale Schnittstelle darstellt. Mittels dieser Applikation können dem Nutzer Fragen gestellt werden, deren Erscheinen auf dem Display automatisch vom Server entweder zeit- oder ereignisabhängig gesteuert wird. So sind beispielsweise wöchentlich jeweils ein kurzer Fragebogen zu beantworten, sowie vereinzelte Fragestellungen bei Beginn und Ende einer Fahrt. Zu jedem Zeitpunkt hat der Nutzer darüber hinaus die Möglichkeit ein

Feedback einzureichen. Dies kann per Sprachaufzeichnung sowie Texteingabe erfolgen. Desweiteren bekommt der Nutzer am Ende jeden Tages sein individuelles *Fahrtenbuch* mit seinen letzten aufgezeichneten Strecken auf das iPhone zugesendet. Jederzeit hat er hierbei die Möglichkeit, eventuell fehlerhafte Verkehrsmittel-dektionen zu korrigieren. Bild 4 zeigt Impressionen der vorgestellten iPhone Applikation.



Bild 4: Impressionen der iPhone Applikation

5. Simulation von Fahrzeugkonzepten und Infrastruktur

Neben der Erfassung und Auswertung des Mobilitätsverhaltens eignet sich der Systemverbund aus Smartphone, kabelloser Datenübertragung und Server auch für Untersuchungen von neuen Fahrzeugkonzepten mit zugehöriger Infrastruktur.

Die Entwicklung und der Aufbau neuer Fahrzeuge ist sehr kostenintensiv. Zudem ist das Risiko gegeben ein Fahrzeugkonzept zu generieren, das bei der Technik und/oder bei der Akzeptanz scheitert.

Diese Problematik lässt sich mit der heutigen Generation an Smartphones nahezu beheben. Rechenleistung und Sensorik der mobilen Geräte ermöglichen zusammen mit realen Fahrzeugdaten die Simulation verschiedenster Fahrzeugmodelle. Hierbei sind unter anderem Antriebsart (Typ und Leistung), Energiespeicher (Typ und Kapazität), Range Extender (Typ und Leistung) und Fahrzeuggröße (Sitzplätze und Zula-

dung) veränderbare Parameter, um so ein breites Spektrum an möglichen Fahrzeugmodellen abzubilden. Für eine realitätsnahe Untersuchung von Antriebskonzepten mit nicht-fossilen Energieträgern muss ebenfalls eine virtuelle Infrastruktur basierend auf Navigationskarten in die Simulation eingebunden werden. Abhängig vom Fahrzeugkonzept ist das zum Beispiel eine konventionelle Batterieladestation, eine Schnellladestation, Induktionsladung, oder eine Batteriewechselstation.

Der Nutzer erhält demnach eine iPhone Applikation, welches das Verhalten eines Elektrofahrzeuges simuliert. Dieses zeigt ihm bei der Fahrt mit einem konventionellen Fahrzeug realistisch den aktuellen Ladezustand eines virtuellen Hochvoltspeichers an. Die Gesamtstruktur ist in Bild 5 ersichtlich.



Bild 5: Gesamtstruktur einer virtuellen Fahrzeug- und Infrastrukturuntersuchung

Auf dem Smartphone ist zum einen das virtuelle Fahrzeug mit der aktuell zu untersuchenden Architektur und zum anderen die dafür benötigte virtuelle Infrastruktur implementiert. Die integrierte Sensorik des Gerätes verwendet die GPS-Position, respektive die Momentangeschwindigkeit sowie die Beschleunigungswerte des realen Fahrzeuges als Eingangsgrößen der Simulation. Das Modell errechnet

daraus Ausgangsgrößen, wie zum Beispiel die aktuelle Batteriekapazität oder die Restreichweite, die dem Fahrer auf dem Smartphone mitgeteilt werden. Je nach Modellierungstiefe können weitere Verbraucher wie Klimaanlage, Heizung oder Radio für eine exaktere Berechnung des Energieverbrauchs mit einbezogen werden. Die Standorte der entsprechenden Infrastruktur sind auf dem Gerät hinterlegt und können über eine Kartendarstellung angezeigt werden. Über einen Vergleich der aktuellen GPS-Position des Fahrzeugs mit den hinterlegten GPS-Daten der Infrastruktur wird automatisch eine Batterieladung initiiert, sobald die beiden Punkte einen vorgegebenen Mindestabstand unter- und eine Mindestdauer überschreiten. Abhängig von der Standzeit an der entsprechenden Infrastruktur wird die geladene Energiemenge bestimmt.

Der Verlauf des Versuchs mit Aufzeichnungen der Fahrwege, der Energieverbräuche und der genutzten Infrastruktur wird regelmäßig auf einen zentralen Server übertragen. Dort werden diese Daten weiterverarbeitet, um zum Beispiel das Nutzerverhalten, die Emissionen, die Akzeptanz und die Wirtschaftlichkeit der Fahrzeug-Infrastruktur-Kombination zu bestimmen und zu analysieren. Ausgehend von Zwischenergebnissen erlaubt die Flexibilität des Systems eine kurzfristige und zügige Anpassung der Konfiguration. So sind beispielsweise Änderungen der Batteriekapazität oder der Sitzplatzanzahl denkbar. Auch der Nutzer selbst besitzt hier die Möglichkeit Einfluss auf sein virtuelles Fahrzeug zu nehmen, indem er etwa eine andere Range Extender Technologie auswählt oder einen neuen Standort für eine Ladesäule vorschlägt.

Über die Verbreitung des Systems werden schließlich Rückschlüsse möglich, die einer bestimmten Nutzergruppe ein optimiertes Fahrzeugkonzept zuordnen. Aufgrund der tatsächlich genutzten, virtuellen Infrastruktur ergibt sich eine bedarfsgerechte Verteilung. Mit einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann das jeweilige Kosten zu Nutzen Verhältnis ebenfalls bewertet werden.

6. Potential der Erfassung von Mobilitätsdaten über Smartphones

In gleicher Weise wie in Abschnitt 4 und 5 dargestellt können anhand entsprechender Applikationen auf Smartphones weitere interessante Themengebiete erforscht werden

6.1 Automatisierte Fahrzeugkonzeptentwicklung auf Basis von Nutzerdaten

Am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der TU München wird an einem Prozess gearbeitet, der die Erstellung und Ausarbeitung von neuen Fahrzeugkonzepten begleiten soll. Dabei wird nicht nur das Fahrzeug an sich, sondern auch die Kombination mit anderen Verkehrsmitteln untersucht. Es werden die unterschiedlichen Verkehrsmittel mit ihren spezifischen Vor- und Nachteilen so kombiniert, dass in Summe der höchste Kundennutzen entsteht. Als Datenbasis dienen mittels Smartphones aufgezeichnete Nutzerprofile. Diese Nutzerprofile werden in einem virtuellen Modell des Fahrzeuges in Zusammenspiel mit dessen Umwelt und Infrastruktur implementiert. Durch Optimierung der Eigenschaften Kosten und Nutzen wird für jeden Kunden das optimale Mobilitätspaket ermittelt. Dieses kann aus einer Kombination von privatem PKW, Car Sharing Angeboten und dem öffentlichen Nahverkehr bestehen. In einem zweiten Optimierungsschritt wird das gefundene Fahrzeugkonzept bis auf Komponentenebene ausgearbeitet.

6.2 Regionsspezifische Anforderungsdefinition von Elektrofahrzeugen

Eine weitere Arbeit am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der TU München befasst sich mit der Entwicklung einer automatisierten, regionsspezifischen Anforderungsdefinition von Elektrofahrzeugen mit Fokus auf Großstädte und Megacities. Ausgangsbasis hierfür ist ein abstrahiertes Modell, welches durch individuelle Parametrierung aller elektromobilitätsrelevanten Einflussgrößen jede beliebig zu betrachtende urbane Region abbilden kann. Die Eingangsgrößen zur Quantifizierung des Mobilitätsverhaltens werden mit Hilfe des hier vorgestellten Flottenversuchs mit Smartphones gewonnen. Die jeweils parametrisierten Modelle können anschließend unter Einbeziehung von Randbedingungen und Zielvorgaben aus Politik und Wirtschaft in konkrete Anforderungsdefinitionen von Elektrofahrzeugen übersetzt werden, welche den Nutzungsbedürfnissen der betrachteten Regionen und Märkte genau entsprechen. Im Rahmen

dieser Arbeit wird die beschriebene Methodik in Deutschland sowie im südostasiatischen Raum angewendet und verifiziert werden.

6.3 Optimierung des Mobilitätsverhaltens jedes Verkehrsteilnehmers

Anhand von Smartphones wird das Mobilitätsverhalten jedes Nutzers aufgezeichnet. Durch Vergleich der gewonnenen Daten sind Synergiemöglichkeiten im Mobilitätsverhalten der Nutzer festzustellen. Bei Übereinstimmung des Mobilitätsverhaltens auf einer bestimmten Strecke könnten Nutzer dazu bewegt werden, gemeinsam mit dem Auto zu fahren, anstatt alleine. In Bezug auf die Verkehrsmittelwahl kann anhand von Mobilitätsdaten für jeden Nutzer und jeden Zweck das günstigste oder schnellste Verkehrsmittel errechnet werden. Hierdurch kann die Mobilität jedes einzelnen optimiert werden.

6.4 Erkennen von Verkehrshindernissen

Durch Vergleich einer Vielzahl von Bewegungs- und Beschleunigungsdaten von verschiedenen Nutzern können Unregelmäßigkeiten, wie erhöhte Beschleunigungen an bestimmten Stellen erkannt werden. Diese unregelmäßigen Beschleunigungen können Hinweise auf gefährliche Situationen wie z.B. Verkehrshindernisse oder einen plötzlich auftretenden Stau liefern. Andere Fahrer, die auf dem gleichen Streckenabschnitt unterwegs sind, können über das Smartphone rechtzeitig gewarnt werden. Durch die frühzeitige Warnung nachfolgender Verkehrsteilnehmer können z.B. gefährliche Ausweichmanöver verhindert werden. Dies kann aktuelle Ansätze der Car2Car-Kommunikation nahezu vollständig ersetzen.

6.5 Bewertung der Fahrweise von Autofahrern

Die Sensordaten von Smartphones besitzen eine ausreichende Genauigkeit um die Fahrweise jedes Fahrers bewerten zu können. Durch Sensordatenfusion von GPS-Daten und den Werten des Gyrosensors um die Fahrzeughochachse lassen sich die gefahrenen Kurvenradien hinreichend genau reproduzieren. Die Fahrzeuggeschwindigkeit kann aus dem GPS-Signal des Smartphones errechnet werden. Dies ermöglicht Vergleiche der Geschwindigkeit in Abhängigkeit des Kurvenradius. Die Fahrzeugbeschleunigungen werden von den Beschleunigungssensoren des Smartpho-

nes aufgenommen und gefiltert. Hieraus lassen sich Vergleiche der Beschleunigungen in Fahrzeuginnenrichtung und –querrichtung in Abhängigkeit von Kurvenradien und der Geschwindigkeit generieren. Die Nick-, Wank- und Rollbewegungen, gemessen vom Gyrosensor spiegeln die Wirkungsweise der Translationsbeschleunigungen auf das Fahrzeug und somit auf den Fahrer wieder. Die aufgezeichneten Fahrprofile können untereinander verglichen werden. Die Fahrweisen der Fahrer können anhand des Vergleichs kategorisiert und in Hinblick auf Sicherheit und Energieeffizienz bewertet werden.

Befindet sich das Smartphone hinter der Windschutzscheibe wird diese Bewertung anhand der Digitalkamera des Smartphones noch verbessert. Durch Filmen des vorausfahrenden Verkehrs kann der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug abgeschätzt werden.

Anhand der OBD-Daten des Fahrzeugs werden die genauen Verbrauchswerte des Fahrzeugs ausgelesen und an das Smartphone per WLAN oder Bluetooth gesendet. Dies ermöglicht wiederum eine noch genauere Bewertung der Fahrweise hinsichtlich der Energieeffizienz.

Nach Auswertung der Daten können dem Fahrer Vorschläge gemacht werden, wie er seine Fahrweise verbessern kann. Die Bewertung der Fahrweise in Hinblick auf Sicherheit wäre zudem besonders für Versicherungen interessant. Auf Grundlage derer könnte eine Festsetzung des Versicherungstarifs erfolgen. Die Bewertung der Fahrweise hinsichtlich Energieeffizienz wäre wiederum für jeden Nutzer von Vorteil, um Geld und auch Zeit zu sparen.

7. Zusammenfassung

Die vorgestellte Kombination von aktuellem Smartphone, mobiler Datenübertragung und zentralem Server zeigt, welche Möglichkeit und Vielfalt in diesem System steckt. Bereits das ständige Mitführen des Smartphones, auf dem eine entsprechende Applikation implementiert ist, erlaubt eine detaillierte Erfassung des Mobilitätsverhaltens. Ausgeweitet auf eine repräsentative Anzahl an Nutzern entsteht ein genaues Mobilitätsbild. Daraus lässt sich der sogenannte Modalsplit, das heißt welches Verkehrsmittel in welchem Maße genutzt wird, äußerst präzise ableiten und infolgedessen Verbesserungspotentiale identifiziert werden. Erweitert wird das über die interak-

tive Simulation von neuartigen Fahrzeugkonzepten mit entsprechender Infrastruktur auf dem Smartphone des Nutzers. Über Nutzungsuntersuchungen und Auswertungen von Fahrprofilen auf dem Server lässt sich sowohl ein individuell-optimales Fahrzeugkonzept als auch eine bedarfsgerechte Infrastruktur ermitteln. Neben der Anwendung auf Fahrzeuge können ebenfalls Verbesserungspotentiale in der gesamten Mobilität von Individuen, Familien oder ganzen Firmenflotten identifiziert werden. Basierend auf der Datenbank von den unterschiedlichsten Fahr- und Bewegungsprofilen ergibt sich noch eine Vielzahl weiterer Anwendungsfälle, die den mobilen Alltag unterstützen und verbessern.

8. Danksagung

Ein Teil der in dieser Veröffentlichung gezeigten Ergebnisse entstammt aus dem Verbundprojekt „Online-Analyse des Nutz- und Ladeverhaltens von Elektrofahrzeugen im Flottenversuch“, das durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) gefördert und durch den Projektträger Jülich begleitet wird. Dafür möchten wir uns bedanken.

- [1] Köll, L., Mezger, T., Rasilier, T., & Sellmair, R. (2011). Analysemethoden zur Auslegung von Elektrofahrzeugen. ATZ, 113(02), S. 152-155.
- [2] Bychkovsky, K., et al. (2006). The CarTel Mobile Sensor Computing System. MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory.
- [3] Thiagarajan, A., et al. (2009). Accurate, Energy-Aware Road Traffic Delay Estimation Using Mobile Phones.
- [4] Mohan, P., Padmanabhan, V., Ramjee R. (2008). Rich Monitoring of Road and Traffic Conditions using Mobile Smartphones. Microsoft Research India, Bangalore.
- [5] Manzoni, V., et al. (2011). Transportation mode identification and real-time CO₂ emission estimation using smartphones. Senseable City Lab, MIT, Cambridge, Massachusetts.
- [6] <http://www.apple.de> (24.02.2011)