

Effizienter fahren durch kooperative Systeme

Ziel des europäischen Forschungsprojekts eCoMove ist die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und die Verringerung der CO₂-Emissionen um 20%. Mithilfe von Fahrerinformationssystemen soll der Fahrer aktiv und nachhaltig unterstützt werden, eine effizientere Fahrweise zu erreichen. Neben fahrzeugseitigen Anwendungen kommen kooperative Systeme zum Einsatz, die durch die Kommunikation zwischen Fahrzeugen untereinander und mit der Infrastruktur auf eine effizientere Steuerung des Verkehrsflusses zielen. Systemaufbau und Ergebnisse einer ersten Nutzerakzeptanz-Untersuchung werden im Folgenden dargestellt.

Die Autoren: **Philipp Gilka, Stefan Trommer, Arne Höltl**

Immer noch ist der Straßenverkehr einer der größten CO₂-Emittenten der Welt. Trotz effizienterer Motoren und sukzessive strengerer Abgasnormen werden Verbesserungen durch einen stetig steigenden Mobilitätsbedarf und durch die Zunahme des Fahrzeugbestandes kompensiert. Erhebliches Einsparpotenzial von Kraftstoff und Luftschadstoffen, unabhängig vom Fahrzeug, liegt in einer effizienteren Fahrweise. In speziellen, auf Verbrauchsreduzierung orientierten Fahrtrainings wurden Reduzierungen des Kraftstoffverbrauchs um 25% gemessen [1]. Zunächst bestehen vor Fahrtantritt Möglichkeiten, Quellen eines erhöhten Verbrauchs durch den Fahrer zu überprüfen. So steigt beispielsweise der Rollwiderstand proportional zur Fahrzeugmasse an und kann durch korrekten Reifenluftdruck reduziert werden. Relevante Reduzierungen lassen sich während der Fahrt insbesondere bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen erzielen. Dies gilt vor allem im Stadtverkehr, wo viele Beschleunigungs- und Bremsvorgänge stattfinden. Eine vorausschauende Fahrweise, bei der Bremsvorgänge minimiert und die Bewegungsenergie zum *Gleiten* genutzt werden, unterstützt dabei eine effiziente Fahrweise. Weitere Maßnahmen, die der Fahrer beeinflussen kann, bestehen in der überlegten Nutzung von Zusatzverbrauchern. So erhöht die Klimaanlage den Verbrauch um ca. 0,1–2,1 l/100 km [2]; sie abzuschalten, kann einen wesentlichen Beitrag leisten (*Tabelle 1*).

Fahrerinformationssysteme können das Potenzial weiter steigern. In Versuchen mit Navigationssystemen mit ökonomischer Routenwahl konnten gegenüber herkömmlichen Routenoptionen Einsparungen von bis zu 13 Prozent [3] gemessen werden. Weitere, noch nicht genutzte Einsparmöglichkeiten, liegen in der Verkehrsinfrastruktur und der Bereitstellung entsprechender Informationen für den Fahrer. So bieten zeitlich synchronisierte Lichtsignalanlagen (LSA) die Möglichkeit, die Wartezeit um bis zu 21 Prozent zu reduzieren [4]. Der dadurch verbesserte Verkehrsfluss führt zu geringerem Verbrauch und weniger Schadstoffemissionen [5].

Die Potenziale zur Energieeinsparung im Straßenverkehr sind hoch und lassen sich durch einen breiten Ansatz realisieren. In der Vision von eCoMove (*Bild 1*) sind der Energieverbrauch eines „perfekten Fahrers“ und die verschwendeten Energien durch die bereits genannten Ineffizienzen dargestellt. Die integrierten Lösungen in eCoMove basieren auf diesen Einsparpotenzialen mit Fokus auf den PKW, den LKW und das Verkehrsmanagement. Im Ergebnis lassen sich Kraftstoffeinsparungen von mehr als 20% erzielen.

Integrativer Ansatz

Das Projekt eCoMove hat das Ziel, durch die Kombination der einzelnen Maßnahmen und den Austausch von Fahrzeug- und Infrastrukturdaten durch kooperative Systeme den vom Fahr-

			
Klimaanlage, andere Zusatzverbraucher	Effizientes Routing	Geschwindigkeits- und Abstands-Informationen	Zuladung, Reifendruck, Dachgepäckträger

Tabelle 1: Einflussmöglichkeiten gegen erhöhten Verbrauch (Beispiele)

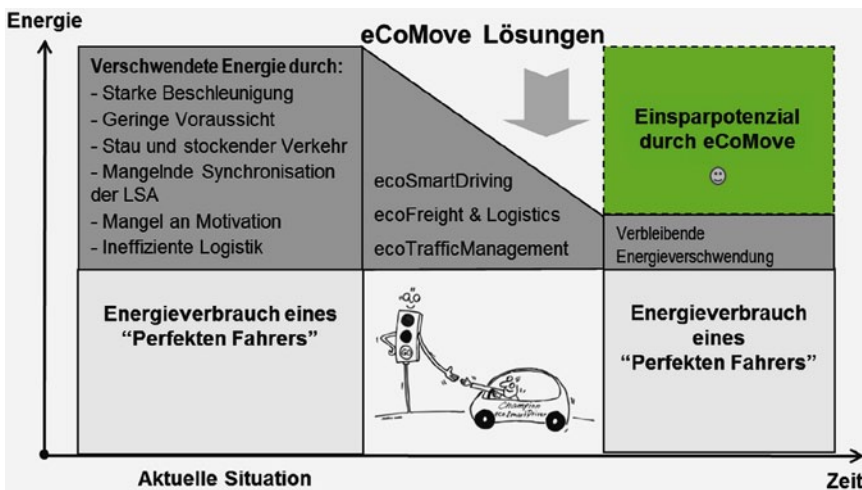


Bild 1: Vision eines energieeffizienten Straßenverkehrs

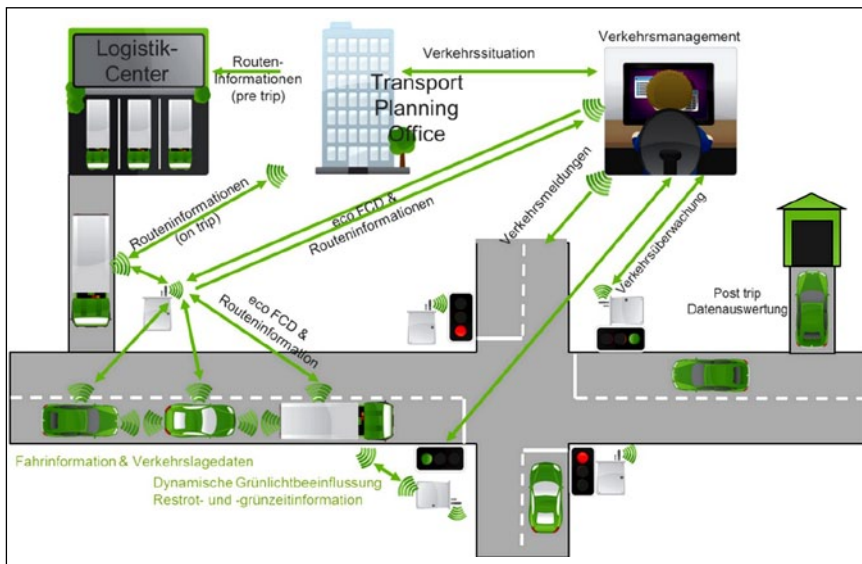


Bild 2: System eines kooperativen Verkehrsmanagements

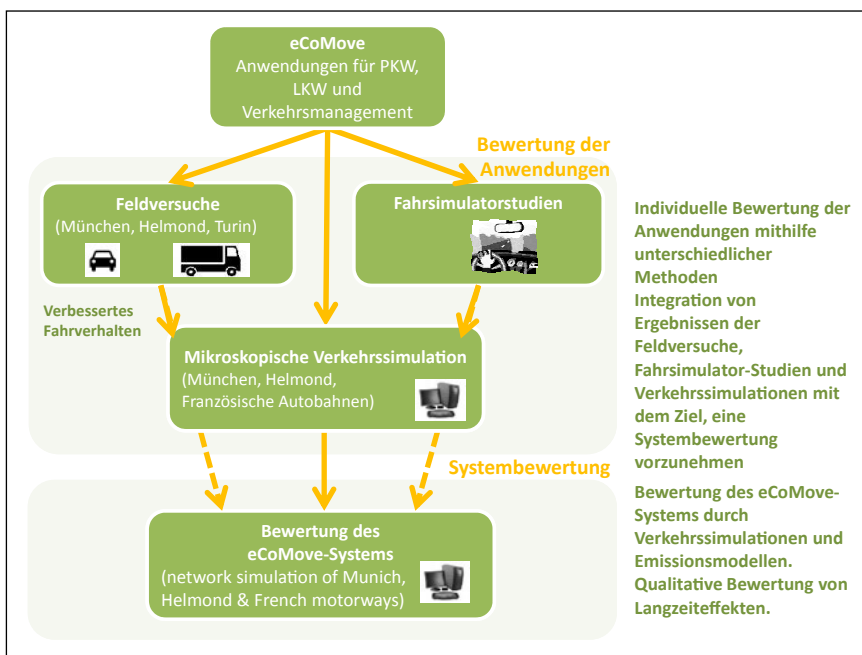


Bild 3: Bewertungsmethodik des eCoMove-Projekts

verhalten abhängigen Verbrauch zu reduzieren. Dem kooperativen Datenaustausch wird ein hohes Potenzial zur effizienten Nutzung des Straßenraums zugesprochen. Aus Echtzeitdaten zur Verkehrslage, zu Unfällen und zur LSA-Signalisierung etc. können Routenempfehlungen, Warnungen oder Informationen zur optimalen Geschwindigkeit ausgegeben werden.

Im Rahmen des Projekts werden durch ein Konsortium von mehr als 30 europäischen Partnern verschiedene Applikationen entwickelt, die sowohl den Fahrer und sein Fahrverhalten als auch das Verkehrsmanagement umfassen und auf drei Feldern wirken:

- Optimierung der Routenwahl (Pre-Trip)
- Effiziente Navigation (On-Trip) und
- Informieren des Fahrers zur Fahrweise (Post-Trip).

Bild 2 zeigt zusammenfassend die Vision des integrierten Ansatzes eines kooperativen und energieeffizienten Verkehrsmanagements [6]. Verkehrsinformationen werden vor Fahrtantritt zur Kalkulation der Route berücksichtigt (Pre-Trip) und kontinuierlich während der Fahrt überprüft. Unterwegs (On-Trip) erhält der Fahrer auf Grundlage des Fahrprofils und der Verkehrslage Empfehlungen zur optimalen Geschwindigkeit. Parallel erfüllen die Fahrzeuge die Funktion eines Sensors: Daten des Fahrzeugs, wie Position, Geschwindigkeit und geplante Route werden anonym an die Verkehrsmanagementzentrale gesandt.

Die so erzielte Datengrundlage verbessert die Qualität der Informationen und versetzt das Verkehrsmanagement in die Lage, den Verkehr effizienter zu steuern. Zudem sind die Fahrzeuge fähig, lokale Informationen untereinander auszutauschen und mit der Infrastruktur zu kommunizieren, um die verbleibenden Rot- bzw. Grünzeiten der LSA zu erhalten. Der weitere Schritt zur dynamischen LSA-Beeinflussung ist in diesem Zusammenhang besonders für Einsatzfahrzeuge relevant.

Nach der Fahrt (Post-Trip) werden dem Fahrer Informationen zum Fahrverhalten gegeben. Dabei liegt der Fokus der Fahrverhaltensanalyse auf dem Vergleich des gefahrenen Profils mit einem optimal energieeffizienten Fahrverhalten unter Berücksichtigung der gegebenen Verkehrssituation. Für die Analyse werden diverse Fahrdaten wie Geschwindigkeit, Beschleunigungsverhalten und Gangwechselzeitpunkt sowie Karten- und Routeninformationen ausgewertet.

Ineffiziente Zustände der fahrzeugeigenen Systeme wie elektrische Zusatzverbraucher, niedriger Reifendruck oder offene Fenster werden kontinuierlich durch Sensoren im Fahrzeug überwacht, der Fahrer über Zustandsänderungen informiert. Basierend auf diesen Systemen wurden Konzepte für die LKW-Logistik angepasst. Sie ermöglichen auf Grundlage der vorhandenen Verkehrslagedaten eine optimale Tourenplanung

und navigieren den Fahrer energieeffizient zum Ziel. Zusätzlich werden die Fahrprofile analysiert und ermöglichen ein verbrauchsreduzierendes Training für den Fahrer [7]. Neben fahrzeugseitigen PKW-LKW-Anwendungen werden im Rahmen des Projekts auch Verkehrsmanagementanwendungen entwickelt. Dabei handelt es sich um Management- und Kontrollsysteme, die eine Schnittstelle zum Fahrzeugsystem bereitstellen. Das so geschaffene kooperative System zielt auf eine strategische, taktische und operationelle Steuerung des Verkehrs. Die Nachfrage im Netz, der Region oder auf lokaler Ebene kann dann besser an die verfügbaren Kapazitäten angepasst werden.

Bewertungsmethodik

Die Methodik zur Bewertung des entwickelten kooperativen Systems wurde wesentlich durch das DLR erstellt. Das innovative Konzept zur Messung der Wirkungen basiert auf dem methodischen Ansatz des FESTA-Handbuches [8] und berücksichtigt darüber hinaus die besonderen Bedingungen des Projektes, vor allem die nur eingeschränkten Möglichkeiten für Feldversuche. Aufgrund des im Projekt verfolgten parallelen Ansatzes durch Fahrerinformations- und Verkehrsmanagementsystemen auf die Emissionsreduzierung zu wirken, ist die Entwicklung einer innovativen Bewertungsmethodik notwendig, um das Potenzial der verbrauchsreduzierenden Wirkungen sowohl für die einzelnen Applikationen als auch für das gesamte System, bei skalierten Ausstattungsraten, abzuschätzen. In Bild 3 ist die Bewertungsmethodik [9, 10] dargestellt.

Für die Analyse werden unterschiedliche Quellen als Datengrundlage genutzt:

- Fahr Simulatorversuche,
- Feldversuche und
- Mikroskopische Verkehrssimulation.

Zunächst werden mithilfe von Fahr Simulatoren unterschiedliche Szenarien und Systeme getestet. Die Durchführung von Simulatorstudien bietet die Möglichkeit, erste Akzeptanzanalysen hinsichtlich des Designs der Benutzeroberfläche und der Meldeungsstrategie zu erhalten sowie Tendenzen eines veränderten Fahrverhaltens zu identifizieren. Die Feldversuche gehören zu den wesentlichsten Informationslieferanten, speziell für die technische Verifikation und die Analyse der Abhängigkeiten im realen Verkehr. Zwar sind Feldversuche im Gegensatz zu Simulatorversuchen grundsätzlich schwerer zu reproduzieren, der Vorteil des Feldversuchs besteht aber darin, dass die Untersuchung unter realen Bedingun-

gen durchgeführt werden. Als Input für die mikroskopische Verkehrssimulation ist der Mehrwert der Feldtests – anders als bei Simulatorstudien unter Laborbedingungen – vor allem aufgrund der geringen Anzahl an Fahrten und der beschränkten Fahrerauswahl jedoch begrenzt. Mit den gewonnenen Daten wird anschließend das Fahrermodell der mikroskopischen Verkehrssimulation, die das Fahrverhalten der Fahrzeuge in der Simulation beeinflusst, kalibriert und Szenarien mit unterschiedlichen Befolgungsraten simuliert. Die Kombination der unterschiedlichen Datenquellen ist ein innovativer Ansatz und verspricht die Ermittlung von Wirkungen auf Verkehrsnetzebene. Ergänzt werden die Analysen durch den Einsatz des Emissionsmodells EnViVer, das anhand von VISSIM-Fahrzeugprotokollaten CO₂-, NO_x- und PM10-Emissionen räumlich detailliert analysiert.

Ergebnisse und Ausblick

Erste umfangreiche Befragungen durch das DLR und den spanischen Automobilclub RACC haben gezeigt, dass die 5800 Befragten den Systemen gegenüber überwiegend positiv eingestellt sind [9]. Interessante Ergebnisse betreffen nationale Unterschiede in der Akzeptanz von Assistenzsystemen und den höher eingeschätzten Nutzen von informativen gegenüber automatisierten Funktionen. Die Erwartungen an die Systeme, damit den Verbrauch zu reduzieren, sind insgesamt sehr hoch. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch, dass die Wirkungen derartiger Anwendungen auf das Gesamtsystem nicht unabhängig von den Kosten betrachtet werden dürfen. Denn die Bereitschaft zur Investition in diese Anwendungen ist seitens der Nutzer insgesamt sehr niedrig. Potenzielle Umwelteffekte zeigen sich aber erst bei hohen Ausstattungsraten, die jedoch in Abhängigkeit von den Kosten des Systems und damit verbunden auch von der Implementierungsdauer stehen.

Darüber hinaus muss auch die Reisezeit, als Paradigma für die optimale Verkehrssteuerung, unter Berücksichtigung der Qualitätskriterien Verkehrssicherheit, Verlässlichkeit und insbesondere der CO₂-optimalen Steuerung des Verkehrs neu bewertet werden. ■

Der Beitrag basiert auf dem Projekt eCoMove (Cooperative Mobility Systems and Services for Energy Efficiency) und ist durch die Europäische Kommission im 7. Forschungsrahmenprogramm – Information society technologies for clean and efficient mobility – ko-finanziert.

QUELLEN

- [1] Deutsche Energie-Agentur Dena zeichnet Ford-Spritspartraining „Eco-Driving“ aus, Presseinformation, Ford, Köln, 2010
- [2] www.ADAC.de
- [3] Eco-driving uncovered, Online-Firmenbericht, Fiat, 2010
- [4] STAUCH, O., STEIN, F. und STROBEL, A.: Wissen, wo's langgeht. 01/2009. Naviconet 2009
- [5] BRAUN, R., KEMPER, C., MENIG, C., BUSCH, F., HILDEBRANDT, R., PAULUS, I., PRESSLEIN-LEHLE, R. u. WEICHENMEIER, F.: TRAVOLUTION – Netzweite Optimierung der Lichtsignalsteuerung und LSA-Fahrzeug-Kommunikation. Straßenverkehrstechnik 06/2009. Bonn: FGSV Kirschbaum Verlag, 2009
- [6] KATWIJK, V. R., et. al.: Use cases & System requirements, D5.1, S.19ff, 2010
- [7] SCHMITS, TIJN: High level Architecture, eCoMove Deliverable SP2 WP3, S.29, 2011
- [8] FESTA Handbook, (www.fot-net.eu/en/library/deliverables/)
- [9] ISASI DE LA IGLESIA, L.: Validation and Evaluation Plan, eCoMove Deliverable D6.2 (to be published)
- [10] TROMMER, S., HÖTL, A.: Perceived usefulness of eco-driving assistance systems in Europe; IET Intelligent Transport Systems, p.145–152, Volume 6, Issue 2, 2012



Philipp Gilka, Dr.-Ing.
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),
Verkehrsforschung, Berlin
philipp.gilka@dlr.de



Stefan Trommer, Dipl.-Geogr.
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),
Verkehrsforschung, Berlin
stefan.trommer@dlr.de



Arne Höttl, Dipl.-Wirtschaftsing.
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),
Verkehrsforschung, Berlin
arne.hoeltl@dlr.de