

EFLOG

Wirkungspotenziale der Leistungsangebote neuer Fahrzeugtechnologien für die Bedienungsangebote der Logistikdienstleister

Eine F&E Dienstleistung finanziert im Rahmen der 1. Ausschreibung
des Programms **Mobilität der Zukunft** - Gütermobilität

Ergebnisse und Empfehlungen

Soll die Gütermobilität der Zukunft an den Zielen der Nachhaltigkeit ausgerichtet werden, wie es das Forschungsförderungsprogramm „Mobilität der Zukunft“ vorsieht, sind überzeugende Argumente ins Treffen zu führen, die von der Tourenpraxis der Logistik- und Transportdienstleister ausgehen. Dazu muss die Teilnahme der Nutzfahrzeuge im werktäglichen Verkehrsgeschehen in den Blick genommen werden, um beurteilen zu können, welche Fahrzeugtechnologien im Güterverkehr zu einer weiteren Absenkung des fossilen Kraftstoffverbrauches und zu einer Entlastung der Atemluft sowie zu einer Minderung der Treibhauswirkung durch den Straßenverkehr beitragen können.

Kooperatives Milieu aufbauen

Dazu wird es erforderlich sein, über Fachgrenzen und Berufsinteressen hinweg, eine übergreifende Zusammenschau von logistikwirtschaftlichen, verkehrsplanerischen und fahrzeugtechnischen Zugängen zu pflegen, um eine nachhaltigere Gestaltung der Gütermobilität zu erreichen. Solche Brückenschläge, die mit dem Begriff „Intelligente Verkehrslogistik“ trefflich zu bezeichnen sind, würden einen Verbund von neuen Fahrzeugantriebs- und Automatisierungstechnologien, intelligenten Verkehrssystemen und innovativen Logistikkonzepten im Sinne des „Vernetzungszeitalters 4.0“ bilden. Eine Voraussetzung wird jedenfalls die fach- und berufsübergreifende Dialogbereitschaft sein, der noch der Weg gebahnt werden muss. Das Vorhaben EFLOG hat versucht, dazu Ansätze zu eröffnen und Grundlagen zu entwickeln.

Antriebstechnologie für eine gesündere Umwelt

Große Hoffnungen werden in die marktreife Entwicklung und in die Verbreitung von Nutzfahrzeugen gelegt, die imstande sind, noch emissionsärmer oder überhaupt emissionsfrei ihre Gütertransporte zu fahren. Dafür gibt es bereits eine Reihe von technisch weitgehend ausgereiften Antriebskonzepten, die in unterschiedlichen Fahrzeugmodellen eingebaut den fuhrparkbetreibenden Unternehmen bereits angeboten werden oder vor der Markteinführung stehen. Die Weichenstellung, welche dieser Antriebsvarianten sich in absehbarer Zeit erfolgreich am Nutzfahrzeugmarkt durchsetzen lassen, hängt letztlich von der Wirtschaftlichkeit ihrer Anschaffung und ihres Einsatzes in der Transportlogistik ab. Das umso mehr, als am Güterverkehrsmarkt ein beinhardter Wettbewerb herrscht, sodass bewährte Technik, wie es der Dieselantrieb ist, und berechenbare Fahrzeugkosten für die Anbieter von Transportleistungen unabdingbar sind.

Es ist also an der Zeit, den Blick auf die Einsatzbedingungen der Güterverkehrsmittel zu lenken, um alternative Fahrzeugmodelle auf ihre wirtschaftliche Alltagstauglichkeit hin zu prüfen. Da gegenwärtig noch zu wenige solcher Fahrzeugmodelle im Kfz-Bestand vertreten und damit im Straßennetz unterwegs sind, braucht es zumindest Simulationsrechnungen, die auf regelmäßigen Bedienungsfahrten zur Warenversorgung der Bevölkerung und der regionalen Wirtschaft beruhen. Dazu dienen sogenannte Fahrzyklen, das sind Fahrstrecken, wo der Motor bzw. der Antriebsstrang unterschiedlichen Anforderungen aufgrund der Fahrverhältnisse im Straßennetz und der Gewichtsverhältnisse des Nutzfahrzeuges (mit wechselndem Beladungszustand) ausgesetzt ist. Dafür wurde ein Modell zur Erzeugung von Eingangsdaten entwickelt, das als erstes Schlüsselergebnis von EFLOG gelten kann.

Mit der darauf aufbauenden Simulation von Fahrzyklen wird bezweckt, Daten über den Energie- bzw. Kraftstoffverbrauch sowie den Schadstoff- und Treibhausgasausstoß unter den vielfältigen Lastanforderungen an den Fahrzeugantrieb zu gewinnen. Umgekehrt sollen dadurch auch Aussagen über den Fahrweg ermöglicht werden, mit welcher Antriebsart eine bestimmte Wegstrecke, das betrifft vor allem das städtische Straßennetz, am umweltfreundlichsten zurückgelegt werden kann und allenfalls welche baulichen Verbesserungen am Fahrweg vorgenommen werden könnten. Dabei besteht noch Forschungsbedarf.

Technologien für die Zukunft

Die Bandbreite an, zum herkömmlichen Dieselantrieb, alternativen Antrieben ist sehr vielfältig. Das betrifft unterschiedliche Formen der Hybridisierung, darunter kann ein

ergänzender („Mikro-bzw. Mild-Hybride“) oder ein hauptsächlichlicher Einsatz (bei Voll-Hybride) einer Elektromaschine, weil als Motor und als Generator wirksam, im Antriebsstrang zur Fortbewegung des Fahrzeuges verstanden werden, wovon es für leichtere Nutzfahrzeug-Modelle schon Marktangebote gibt.

Das kann ferner auf längere Sicht die *Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologie* sein, wofür aber eine Betankungsinfrastruktur europaweit erst aufgebaut werden muss. Des Weiteren kommen Fahrzeuge in Betracht, deren Antriebe entweder mit zweierlei fossilen Kraftstoffen („Dual-Fuel“-Varianten), wie z.B. Diesel mit verflüssigtem (LNG) oder verdichtetem (CNG), oder mit einer erneuerbaren Antriebsenergie (grüner Strom oder Biodiesel) versorgt werden („Alternative Fuel“-Varianten).

Von besonderer Bedeutung sind „Dual-Energy“- oder „Hybrid“-Varianten, in denen Verbrennungsmotor und Elektromaschine sowie Kraftstofftank und Batterie unterschiedlicher Antriebs- und Speicherleistung kombiniert werden. Mikro- und Mild-Hybrid-Fahrzeuge sparen vor allem im Stadtverkehr durch die Start-Stopp-Funktion, das ist eine Abschalt- und Wiederstart-Automatik bei Stillstand eines Fahrzeuges, schon erheblich an fossilem Kraftstoff ein. Voll-Hybrid-Fahrzeuge erlauben über gewisse Strecken rein elektrisches Fahren, z.B. um immissionsgefährdete Siedlungsräumen zu entlasten. Diese können für das leitungsgebundene Aufladen der Batterie mittels eines Steckers („Plug-in“) ausgestattet sein, um neben der Energierückgewinnung während der Fahrt („Rekuperation“) auch während eines längeren Aufenthalts, z.B. an einer Lieferstation, Strom aus dem Netz aufzunehmen. Damit kann die Reichweite für das elektrische Fahren wesentlich gesteigert werden. Das muss aber mit einem steigenden Gewicht der Batterie, was wiederum die Nutzlast für die Zuladung reduziert, und mit einer stärkeren Leitungsbelastung des Stromnetzes bezahlt werden.

Schließlich stellen die *rein batteriegestützten Elektrofahrzeuge* („BEV“) beim Stand der Batterietechnologie in absehbarer Zeit nur für den Leistungsbedarf der leichteren und mittelschweren Nutzfahrzeuge als Alternative bereit. Sie sind allerdings die für den Gütertransport innerhalb von Ballungsräumen bevorzugten Verkehrsmittel, sofern die erforderliche Einsatz-Reichweite, eventuell zusätzlich abgesichert durch eine Batterie-Ladeinfrastruktur im Bedienungsgebiet, gewährleistet werden kann.

Grundlagenwissen vertiefen und verbreitern

In einem ersten Durchgang der Fahrzyklen-Simulation wurden nur dieselangetriebene Nutzfahrzeuge verschiedener Gewichtsklassen unter verschiedenen Verkehrsbedingungen

(freier Verkehrsfluss, lockerer Fließverkehr, stockender Verkehr) gerechnet, die zu bestimmten Tageszeiten für bestimmte Lieferverkehre (z.B. bei Abendanlieferung, Fahrt außerhalb der Tagesverkehrsspitzen, Terminlieferung in der Morgenverkehrsspitze) Touren im großstädtischen Autobahn- und Straßennetz befahren. Dabei ergab sich wenig überraschend, dass der lockere Fließverkehr dem Gütertransport aller Nutzfahrzeugklassen in Hinblick auf einen sparsamen Kraftstoffverbrauch am besten entgegenkommt.

Die Spannweite des Dieserverbrauches hat sich dabei allerdings als beachtlich herausgestellt, so weist eine Lieferfahrt, die bei gestautem Verkehrsfluss stattfindet, einen 2,6-fachen (bei einem Leicht-Lkw) bis zu einen 5,6-fachen (bei einem Lastzug) Mehrverbrauch auf. Aber auch bei freiem Verkehrsfluss, also unter weitgehender Ausnutzung der zulässigen Geschwindigkeiten durch das Fahrpersonal, ist mit bis zu 30% Mehrverbrauch zu rechnen. Das spricht sowohl für weitere fahrzeugseitige Innovationen sowie für eine umfassende Fahrausbildung des Personals als auch für ein öffentliches Verkehrsmanagement, das für eine Optimierung der Verkehrsflüsse auf den Hauptstraßen im Tagesablauf sorgt.

Darauf folgte als Herzstück die eigentliche Fahrzyklensimulation, in welcher 32 Antriebsvarianten verteilt auf drei Nutzfahrzeuggewichtsklassen für regelmäßige werktägliche Liefertouren von Logistiklagern im Umland zu einem innerstädtischen Lieferbezirk in Hinblick auf ihren Energieverbrauch und ihre Emissionsmenge berechnet wurden. Dabei ergaben sich bemerkenswerte Reduktionspotenziale für die jeweils für die Logistikfahrten grundsätzlich einsatzfähigen hybriden Antriebsformen gegenüber den diesel- oder gasbetriebenen Ausgangsvarianten. So zeigt sich, dass schon kleinere technologische Maßnahmen, wie die Start-Stopp-Funktion (Micro Hybrid), über alle Nutzfahrzeugklassen zwischen 11% und 39% Reduktionspotenzial beim Energieverbrauch erzielen. Eine volle Hybridisierung mit einem „Dual-Energy-Concept“, das konventionelles mit elektrischem Fahren kombinieren lässt, könnte sogar bis zu 75% Energie- und ähnliche Emissionseinsparungen erbringen.

In Hinblick auf Energieeffizienz und mit dem Vorteil von Nullemission sind reine Elektrofahrzeuge kaum zu übertreffen, aber ihre Einsatzfähigkeit ist aufgrund der Reichweiten- und Leistungsanforderungen von Güterverkehren noch eng begrenzt und daher auf leichtere Lkw im fixen Touren-Einsatz beschränkt. Die Möglichkeit zur Energierückgewinnung (Rekuperation) ist sowohl ein Argument für den Einsatz reiner Elektrofahrzeuge als auch von entsprechend ausgerüsteten Hybridfahrzeugen, die eine umweltempfindliche Strecke emissionsfrei zurücklegen können. Der Einsatz der Brennstoffzellentechnologie im Güterverkehr ist schon wegen der schwierigen

Wasserstoffversorgung derzeit außerhalb des realistischen Betrachtungszeitraumes angesiedelt.

Außerdem muss angemerkt werden, dass der Schlüssel für eine Marktdurchsetzung alternativ angetriebener Fahrzeugmodelle bei den fuhrparkbetreibenden Unternehmen in der Gesamtkostenbetrachtung liegt. Die kostenwirksamen Energieeinsparungen während der Einsatzzeit müssen im Verhältnis zu den Anschaffungskosten gesehen werden. Dabei sind einige Fahrzeugkomponenten, insbesondere die Energiespeicher, wie die Batterie, noch Kostentreiber. Dort sind technologische Fortschritte ebenso noch zu erzielen, wie Geschäftsmodelle für die Fahrzeugnutzung nachgefragt sind, die dem Kunden am Fahrzeugmarkt das wirtschaftliche Risiko abnehmen helfen.

Kenngrößen für mehr Nachhaltigkeit in der Gütermobilität

Um für eine Umstellungsstrategie zu werben, reicht es jedoch nicht aus, die Verbrauchs- und Emissionskennwerte für einzelne Touren und für einzelne Nutzfahrzeugmuster zu bestimmen. Vielmehr stellt sich die Aufgabe, nicht nur eine Vergleichbarkeit der Antriebsvarianten in Hinblick auf ihre Reduktionspotenziale innerhalb einer Fahrzeugklasse und einer typischen Logistik-Tour herzustellen, sondern auch Kennwerte für eine übergreifende Bewertung aufzustellen.

Dazu eignet sich das in der Transportkette verändernde Gesamtfahrzeuggewicht (FzG) als Maßstab, z.B. wenn eine Abschichtung der Zuladung während einer Tour passiert, und die Umrechnung in darauf bezogene Tonnenkilometer für den zu leistenden Transportaufwand, der auf der Straße landet. Wegen der unterschiedlichen Antriebsenergien wurden der Energieverbrauch in Mega-Joule (MJ) sowie die Emissionsmenge in Gramm CO₂-Äquivalenten bezogen auf Tonnenkilometer äquivalentem Fahrzeuggesamtwicht ausgedrückt. Damit wurde eine Indikatorentafel zur Evaluierung der Nachhaltigkeit von Transportläufen vorgelegt, die für weitere Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen Fahrzeugeinsatz, Verkehrsteilnahme in den Straßennetzen und Bedienungsformen zur Warenversorgung von Gütersenken hilfreich sein soll.

Unbestritten ist der Erfolg der motoreseitigen Abgasvorschriften der EURO-Klassen, die rechtzeitig erlassen wurden und die uns vor Smog-Ereignissen, wie sie aus außereuropäischen Mega-Cities regelmäßig berichtet werden, verschont hat. Diese EU-Regulationen haben einen Technologieschub sowie eine nie dagewesene Dynamik in der Flottenerneuerung in Gang gesetzt. Allerdings scheint mit EURO VI bei den herkömmlichen Antrieben ein gewisser Plafond erreicht worden zu sein. Es ist jedoch zu beobachten, dass

das heutige Fuhrparkmanagement in kürzeren Zeiträumen auf höhere Fahrleistungen abzielt, womit negative Auswirkungen auf die benützte Verkehrsinfrastruktur und die belastete Umwelt verbunden sein können, die zunehmen, auch wenn das einzelne Fahrzeug und die Flotten der Transportunternehmen im Durchschnitt deutlich weniger Energie verbrauchen und weniger an die Umwelt emittieren als früher. Diese Systembetrachtung der Gütermobilität ist noch wenig ausgeprägt und ins Bewusstsein übergegangen.

Voraussetzungen für eine Umstellungsstrategie

Der gebremste Innovationsprozess signalisiert, dass noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht, der sich insbesondere mit den systemischen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen der Innovationsverbreitung befassen sollte, nämlich mit

- dem **Bedarf** an geeigneten Transportmitteln am Fahrzeugmarkt und am Logistikmarkt,
- der **Nützlichkeit** im Sinne der Ziele einer nachhaltigen Verkehrsabwicklung und Güterversorgung,
- der **Wirtschaftlichkeit** des Fahrzeugeinsatzes für fuhrparkbetreibende Unternehmen und
- der **Einsetzbarkeit** in Hinblick auf den begleitenden Ausbau der Energieversorgungsinfrastruktur.

Diese Kriterien sind dafür maßgeblich, dass die technologischen Innovationen in die „Köpfe“ der entscheidenden Personen einziehen können. Das gilt in ganz besonderem Maße für den Nutzfahrzeugbereich, wo Wirtschaftssubjekte überzeugt sein müssen, um sich auf alternative Technologien im Gütertransport einzulassen. Für die Migration dieser Fahrzeugtechnologien auf dem Nutzfahrzeugmarkt ist es auch wesentlich, dass sich die emissionsarme Gütermobilität in der öffentlichen und in der in privater Verantwortung einzurichtenden Infrastruktur sowie in der regionalen Verkehrsorganisation wiederfindet.

Gründe zur Umstellung des Fuhrparks in der Transport- und Logistik-Branche können einerseits sowohl die Motivation seitens des nutzfahrzeughaltenden Unternehmens als auch der Wunsch der vertraglich zu bedienenden Kundschaft sein, möglichst emissionsarm über die gesamte Transportkette die Waren auszuliefern. Andererseits kann die Setzung lokal wirksamer rechtlicher Rahmenbedingungen der straßenerhaltenden Gebietskörperschaft in bestimmten Orts- oder Stadtteilen ein Auslöser für den Einsatz alternativ angetriebener Nutzfahrzeuge sein. Solcherart wird der Innovationsprozess dann von mehreren Seiten ausgelöst und mit gestaltet.

Kontaktdaten:

arp – planning.consulting.research

1090 Wien, Alser Straße 34/33
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. Heinz DÖRR
Tel.: +43 (0)1 319 67 82
E-Mail: heinz.doerr@arp.co.at
Website: www.arp.co.at



AVL List GmbH

8020 Graz, Hans-List-Platz 1
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Dr. Peter PRENNINGER
Tel.: +43 (0)316 787-1484
E-Mail: peter.prenninger@avl.com
Website: www.avl.com



TU Wien – Department für Raumplanung – Fachbereich Verkehrssystemplanung

1040 Wien, Erzherzog-Johann-Platz 1/280-5
Ansprechpartner: Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.
Bardo HÖRL
Tel.: +43 (0)1 58801 26916
E-Mail: bardo.hoerl@tuwien.ac.at
Website: <http://info.tuwien.ac.at/ivs/>



EnergyComment

22337 Hamburg,
Fuhlsbüttler Straße 584
Ansprechpartner: Dr. Steffen BUKOLD
Tel.: +49 (0)40 20911848
Email: bukold@energycomment.de
Website: www.energycomment.de

