



Forschung & Innovation

Hybridautobusse mit intelligentem Energiemanagement

In Zusammenarbeit mit dem Schweizer Carrosserieunternehmen Hess AG haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der ETH Zürich mathematische Modelle zur Verbesserung der Energieeffizienz von Hybridbussen entwickelt. Verglichen mit den traditionellen Dieselfahrzeugen sind Energieeinsparungen in der Grössenordnung von 25 bis 30 Prozent möglich. Das Projekt ist von der Kommission für Technologie und Innovation sowie vom Bundesamt für Energie unterstützt worden.

2008 zeichnete das Bundesamt für Energie BFE die Firma Hess AG mit dem Watt d'Or in der Kategorie «Energieeffiziente Mobilität» aus, weil sie den ersten Doppelgelenk-Hybridbus der Welt auf den Markt gebracht hatte. Das Fahrzeug funktionierte tadellos und kam unter realen Bedingungen auf verschiedenen Routen des öffentlichen Verkehrs zum Einsatz. Könnte die Energieeffizienz mit Hilfe eines innovativen intelligenten Energiemanagements noch verbessert werden? Aus dieser einfachen Frage entstand Ende 2008 das Projekt AHEAD («Advanced Hybrid Electric Autobus Design»).

Die Carrosserie Hess AG besteht seit über 130 Jahren und hat sich immer an der Spitze der technologischen Entwicklung behaupten können. Die Firma pflegt regelmässigen Kontakt mit den Ingenieuren des Instituts für Dynamische Systeme und Regelungstechnik (IDSC) der ETH Zürich. Im Oktober 2008 wurde beschlossen, gemeinsam das Forschungsprojekt AHEAD zu lancieren, um die Energieeffizienz der von der Hess AG vermarkteten Hybridautobusse noch weiter zu verbessern.

Die Kommission für Technologie und Innovation (KTI) unterstützte das Projekt von Anfang an. Später folgte dann auch das Bundesamt für Energie.

Rückgewinnung der Bremsenergie

Die mit der Hybrid-Technik ausgestatteten Fahrzeuge sind unter anderem dank der Rückgewinnung von Bremsenergie sehr energieeffizient. Personenwagen mit Hybrid-Technologie liegen regelmässig auf den vordersten Rängen der Umweltliste des VCS und gehören damit zu den umweltfreundlichsten Fahrzeugen. Für Busse im öffentlichen Verkehr ist die Hybrid-Technologie besonders gut geeignet, denn im Stadtverkehr fällt durch das häufige Anfahren und Bremsen besonders viel Bremsenergie an.

«Die Hybridbusse der Carrosserie Hess AG sind mit leistungsstarken Elektromotoren für den Antrieb ausgestattet», erklärt Christopher Onder, Projektleiter an der ETH Zürich. Die Bremsenergie wird in Superkondensatoren gespeichert. Sie wird von der elektrischen Energie des Dieselgenerators im Heck

ergänzt. Diese Technik nutzt einerseits den Vorteil des elektrischen Antriebs, welcher ansonsten nur von Trolley-Bussen bekannt ist, andererseits arbeitet der Dieselgenerator praktisch ausschliesslich auf seiner Bestlinie.

GPS an Bord

«Mit welchen Komponenten sollte ein Hybridbus, der auf einer ganz bestimmten Fahrstrecke zirkuliert, am besten ausgestattet sein?» Der Ingenieur Philipp Elbert stellt eine der beiden Schlüsselfragen, die dem Forschungsprojekt AHEAD zugrunde liegen, ein Projekt, über das der junge Ingenieur seine Doktorarbeit bei der ETH Zürich geschrieben hat.

«In der Regel wird bei der Auslegung von Dieselnissen primär die maximal benötigte Motorenleistung berücksichtigt. Bei Hybridbussen haben zusätzlich Parameter wie beispielsweise die Grösse des Energiespeichers einen sehr grossen Einfluss auf die Gesamtenergieeffizienz sowie die Produktionskosten des Fahrzeugs. Ein grösserer Energiespeicher führt tendenziell zu einem geringeren Treibstoffverbrauch jedoch zu höheren Kosten und

umgekehrt bewirkt ein kleinerer Energiespeicher zwar geringere Kosten aber einen erhöhten Verbrauch. Für jede vorgegebene Strecke gibt es eine entsprechend optimale Dimensionierung des Energiespeichers», erklärt Philipp Elbert. «Weil ein Stadtbus in der Regel immer auf gegebenen Linien-Strecken eingesetzt wird, können die Komponenten des Fahrzeugs entsprechend der Fahrstrecken optimiert werden.»

Ist die erste Frage beantwortet und die optimierte Komponentenkonfiguration ausgewählt, geht es an die Beantwortung der zweiten Frage. «Was ist das optimale Energiemanagement für eine gegebene Strecke? Wann genau muss der Verbrennungsmotor eingeschaltet werden, wann genau muss im rein elektrischen Modus gefahren werden, damit der Treibstoffverbrauch minimiert werden kann? Wenn man die Fahrstrecke im Voraus kennt und mit Hilfe eines GPS genau weiss, wo sich der Bus auf der Strecke im Moment befindet, kann der Energieverbrauch durch den Einsatz eines prädiktiven Energiemanagements minimiert werden», ergänzt der Ingenieur (siehe Grafik).

Optimierung per Computersimulation

Die Wissenschaftler des IDSC der ETH Zürich haben mathematische Modelle entwickelt, mit denen die Energieflüsse im Antriebsstrang des Busses simuliert werden können.

Die Modelle wurden anhand von Messungen auf mehreren von der Firma Hess AG gebauten Bussen validiert. Aufgrund der validierten Modelle sind zwei Simulationstools entwickelt worden. Die beiden Tools werden heute schon von den Ingenieuren der Carrosserie Hess AG verwendet. Das erste hilft dem Konstrukteur, die bestmögliche Fahrzeugkonfiguration für die vorgesehene Buslinie zu wählen. Das zweite erlaubt nach der Fertigstellung des Hybridbusses, die Energieeffizienz des Fahrzeugs dank eines prädiktiven Energiemanagements zu maximieren.

Effizienzsteigerung von fast 30 Prozent

Die ersten Praxistests zeigen, dass der neu entwickelte 12m-Hybridbus im innerstädtischen Betrieb gegenüber einem herkömmlichen Dieselfahrzeug beachtliche 27,5 Prozent Treibstoff einsparen kann. Auf einer ländlichen Strecke fällt die Energieeinsparung mit 17,5 Prozent etwas geringer aus. Diese Beobachtung bestätigt, dass im Stadtverkehr gute Voraussetzungen für die Hybrid-Technologie gegeben sind. Durch die vielen Bremsvorgänge kann viel Bremsenergie zurückgewonnen werden, welche bei herkömmlichen Dieselfahrzeugen dissipiert werden müsste. Seit September 2013 wird der neue Hybridbus unter realen Bedingungen auf einer Strecke im öffentlichen Verkehr in Heidenheim, Deutschland, getestet. «Die Zusammenarbeit mit der Hess AG ist ein Erfolg», freut

sich Christopher Onder. Und führt weiter aus: «Für die ETH Zürich ist der enge Kontakt mit Schweizer Industrieunternehmen sehr wichtig. Kooperationen wie diese erlauben es, neuste wissenschaftliche Resultate in der Praxis umzusetzen. Ausserdem ist das IDSC auf hervorragenden Nachwuchs angewiesen. Durch ein solch spannendes und praxisnahes Projekt konnten sehr viele gute und motivierte Studenten zur Mitarbeit begeistert werden. Im Rahmen von AHEAD sind eine Doktorarbeit, fünf Masterarbeiten, sechs Semesterarbeiten, zwei Bachelorarbeiten und sechs Praktika durchgeführt worden.»

Die im AHEAD Projekt gewonnenen Erkenntnisse sind auch in ein anderes Mobilitätsprojekt eingeflossen, so dass der erste fahrleistungslose und vollelektrische Nahverkehrsbus in Betrieb genommen werden konnte (Projekt TOSA - «Trolleybus Optimisation Systeme Alimentation»). Der ebenfalls von der Hess AG gebaute Bus fährt seit Mai 2013 für die öffentlichen Verkehrsbetriebe Genf auf der Testlinie zwischen Palexpo und Genfer Flughafen. Der Strom wird in Batterien von relativ geringer Grösse gespeichert. Eine partielle Batterieladung erfolgt an den Haltestellen in der Rekordzeit von 15 Sekunden. Eine umfangreichere Ladung dauert drei bis vier Minuten und erfolgt an der Endstation. (bum)

