

# 1. Omnibustage: ÖPNV- als Basis für Fahrzeug-Elektrifizierung

Vom 9. bis 11. September 2012 fand an der Hochschule Landshut die erfolgreiche Premiere der „Landshuter Omnibustage“ statt, eine internationale Fachtagung, die ausschließlich der Omnibustechnik in allen ihren Aspekten gewidmet ist und zukünftig jährlich stattfinden wird. Die von Prof. Dr. Ralph Pütz, Fachgebiet Nutzfahrzeugtechnik in der Fakultät Maschinenbau der Hochschule Landshut, konzipierte Veranstaltung führte zahlreiche renommierte Fachleute aus der internationalen Fahrzeug- und Zulieferindustrie sowie von Verkehrsunternehmen zusammen. Namhafte Referenten aus Industrie und Verkehrsunternehmen informierten ein internationales Fachpublikum und stellten sich engagierten Diskussionen. Die Landshuter Omnibustage widmeten sich bei ihrer Auftaktveranstaltung dem aktuellen Entwicklungsstand der Antriebs- und Kraftstofftechnik für Omnibusse der kommenden Grenzwertstufe EURO VI und gaben auch bereits einen Ausblick auf die Zukunft mit der Zielvorstellung einer Batterie-Elektromobilität. Organisiert wurde das Symposium gemeinsam von der Hochschule Landshut und der VDV-Akademie.



Bei seiner Begrüßung der Teilnehmer/innen betonte Hochschulpräsident Prof. Dr. Karl Stoffel vor dem Hintergrund der Umweltdiskussion die vielfältigen Herausforderungen im Bereich Automotive bzw. effizienter Fahrzeugtechnik, einem wichtigen Lehr- und Forschungsschwerpunkt der Hochschule Landshut. Der wissenschaftliche Leiter der Tagung, Prof. Dr. Ralph Pütz, gab eine Einführung in die Thematik und erläuterte, dass im Rahmen der Umweltdiskussion eine ständige Verbesserung der verkehrsbedingten, lokalen Schadstoffemissionen durch sukzessive Steigerung der Grenzwerte gefordert wird, jedoch parallel dazu soll auch eine Reduzierung der globalen Emissionen mit Steigerung der Energieeffizienz erfolgen. Diesen beiden diametralen Anforderungen gleichermaßen lokaler und globaler Emissionssenkung werde die Stufe EURO VI für Motoren schwerer Nfz keinesfalls gerecht, denn die hierzu erforderlichen technischen Maßnahmen führten unweigerlich zu einem Verbrauchs- und damit CO<sub>2</sub>-Anstieg. Deshalb müssten komplementäre Maßnahmen zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs die Stufe EURO VI begleiten, z.B. konsequente Senkung des Energieverbrauchs der Nebenaggregate, Downsizing der Verbrennungskraftmaschine, Hybridkonzepte mit phlegmatisiertem Motorbetrieb im Kraftstoffverbrauchsbestpunkt, Start-Stopp-Einrichtungen etc. Ebenso könne der Einsatz biogener Kraftstoffe der 2. und 3. Generation zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung zielführend sein.

## ÖPNV-Infrastruktur nutzen für Elektrifizierung

Vor der Behandlung der konventionellen Verbrennungsmotortechnik zur Einhaltung der Grenzwertstufe EURO VI widmete sich zunächst Prof. Dr. Adolf Müller-Hellmann, wegweisender Vordenker der Elektromobilität im ÖPNV, in seinem Plenarvortrag der Analyse, ob und wann aussichtsreiche Optionen der Elektromobilität eine ernstzunehmende Konkurrenz zu den etablierten Diesel- oder Erdgas-Verbrennungsmotoren darstellen können. In seinem mitreißendem Beitrag zeichnete er auf, dass heute mit Schienenbahnen bereits zwei Drittel des ÖPNV elektrisch betrieben werden und die Schienenbahn-Infrastruktur aufgrund des idealen Spannungsniveaus das Rückgrat der Elektrifizierung weiterer Verkehrsträger – vom Individualverkehr über das Taxi bis hin zu Omnibussen – bilden könne. Dies impliziert die überragende Bedeutung der ÖPNV-Infrastruktur vor allem für den Erfolg der Elektromobilität im Individualverkehr.



Prof. Dr. Pütz bestätigte auf der Basis einer Studie der Hochschule Landshut, die von der EU-Kommission beauftragt wurde, dass bereits heute weitgehend leitungsbundene Optionen für Linienbus-Systeme mit rein elektrischem Fahrbetrieb für komplette Umläufe für Nischenanwendungen im Stadtverkehr durchaus zielführend darstellbar sind. Ausgehend von diesen Nischenanwendungen ist der von Prof. Dr. Müller-Hellmann aufgezeigte Paradigmenwechsel hin zur Elektromobilität im Stadtbus unaufhaltsam eingeleitet, allerdings könne es bis zur weitgehenden Ablösung des Verbrennungsmotors durchaus noch bis zum Jahr 2030 dauern. Die Zielvorstellung Elektromobilität im Stadtbus ist unstrittig, über die Zeitachse bis zu deren Verwirklichung herrschen indes noch unterschiedliche Auffassungen.



## Euro VI und verschiedene Konzepte für Verbrennungsmotoren

Nach dem auf die mittel- bis langfristige Zukunft der Omnibusantriebstechnik ausgerichteten Plenarvortrag befassten sich die folgenden Vorträge wieder mit der konventionellen Busantriebstechnik mit Verbrennungsmotoren. Einleitend erläuterte Dipl.-Ing. Martin Kleinebrahm (TÜV Nord Mobilität) die Implikationen der kommenden Grenzwertstufe EURO VI. Mit einer Stickoxidreduzierung auf ein Fünftel des EURO-V-Grenzwertes und einer Partikelmassereduzierung auf die Hälfte des EURO-V-Grenzwertes in Verbindung mit neuerdings limitierter Teilchenzahl sowie neuen, „kälteren“ Typprüfzyklen werden enorme Anforderungen gestellt, die zu hochkomplexen Motorkonzepten führen. Neben der signifikanten Senkung der Grenzwerte in Bezug auf die Vorgänger-Stufe EURO V schilderte er weitere Verschärfungen der On-Board-Diagnose (OBD) und hinsichtlich der Emissionsstabilität im Betrieb, die von den Fahrzeugherstellern stetig evaluiert werden muss.

Im Anschluss behandelte Prof. Dr. Uwe Gärtner (Motorenentwicklung der Daimler AG, Stuttgart) detailliert die einsatzspezifischen Besonderheiten von Dieselpartikelfiltern und ihrer Regeneration. Dabei war einerseits ersichtlich, wie zielgerichtet die Maßnahmen der Partikelfilterregeneration auf die linienbustypischen Fahrzyklen mit Stop-and-Go-Charakteristik und niedrigen Abgastemperaturen ausgelegt sein müssen, und andererseits wie limitiert die Verträglichkeit der Abgasnachbehandlung auf biogene Kraftstoffe über zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung aufgrund ihres Phosphor-Gehalts ist.

Dipl.-Ing. Jan van Malsen (DAF Trucks) analysierte nachfolgend detailliert alle aussichtsreichen Antriebs- und Kraftstoffoptionen für Omnibusse und kommt zu dem Fazit, dass zukünftig hybridisierte Dieselmotoren in Verbindung mit einem biogenen Kraftstoffanteil von maximal 30 Prozent (B30) die optimale Lösung für gleichermaßen lokale und globale Emissionsverbesserungen bieten. EURO-VI-Dieselmotoren für Linienbusse verfügen bei den meisten Herstellern über eine zweistufige Turboaufladung mit Zwischenkühlung, gekühlte Short-Route-Abgasrückführung mit Zwischenkühlung zur Stickoxidreduzierung, umfangreiche Abgasnachbehandlung durch Oxidations-Katalysator, Partikelfilter, HC-Eindüsung zur exothermen Regeneration, Hydrolyse-Maßnahmen zur NH<sub>3</sub> (Ammoniak)-Generierung aus dem Reduktionsmittel AdBlue zur weiteren Stickoxidreduzierung im SCR-Katalysator (SCR=Selektive katalytische Regeneration) und schließlich Ammoniak-Schlupf-Katalysator. Prof. Dr. Pütz betonte, dass der erhöhte Kapitaldienst für die EURO-VI-Technik in Verbindung mit erhöhten Instandhaltungskosten und zunehmendem Kraftstoffverbrauch zu signifikanten Erhöhungen der Total Cost of Ownership (TCO) bzw. LCC für die Verkehrsunternehmen führen werden.

	Elektro	Hybrid	Diesel	Erdgas	Bio	Wasserstoff	andere
CO <sub>2</sub>	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Stickoxide	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Partikel	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Wasserstoff	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
andere	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green

## Hybridtechnik als Herausforderung

Prof. Dr. Edward Jobson (Environmental Director von Volvo Bus, Göteborg), betonte in seinem Vortrag die Bedeutung der Hybridtechnik für Linienbusanwendungen in Verbindung auch mit EURO-VI-Motoren. Er hob hervor, dass die Rückgewinnung der Bremsenergie nur eine Funktionalität der Hybridtechnik ist, die durch weitere Funktionalitäten wie Start-Stop-Funktion, Downsizing des Verbrennungsmotors, Elektrifizierung der Nebenaggregate etc. unterstützt werden müsse, um das Potenzial der Hybridtechnik ausschöpfen zu können. Jean-Marc Boucheret, Verantwortlicher der Entwicklung ÖPNV-Bus von Irisbus-Iveco, Lyon, betonte ebenfalls die Bedeutung der Hybridtechnik für die kommende Grenzwertstufe. Anders als die übrigen Motorenhersteller verzichtet Iveco bei EURO VI auf den Einsatz einer Abgasrückführung und setzt stattdessen auf ein größer dimensioniertes SCR-System zur Stickoxidreduzierung.



Dipl.-Ing. Axel Middendorf (HJS, Menden) propagierte anschließend die Notwendigkeit einer Nachrüstung der bestehenden Busflotte mit Partikelfilter und stickoxidreduzierenden Maßnahmen, um die Anforderungen der Weltgesundheitsorganisation WHO zu erfüllen. Das Plenum war sich jedoch einig, dass vor einer eventuellen Nachrüstung der explizite Nachweis geführt werden müsse, dass die Abgasnachbehandlungssysteme auch vor Ort des jeweiligen Verkehrsunternehmens eine ausreichende Effizienz aufweisen.

## Nutzfahrzeuglabor der Hochschule Landshut eingeweiht

Im Rahmen der diesjährigen Landshuter Omnibustage fand am ersten Tag des Symposiums auch die Einweihung des neuen Nutzfahrzeuginstrumentariums der Hochschule Landshut statt. Der Dekan der Fakultät Maschinenbau, Prof. Dr. Wolfgang Reimann, und der Leiter des Nutzfahrzeuginstrumentariums, Prof. Dr. Ralph Pütz, informierten über die moderne Ausstattung des Labors und die zahlreichen Forschungsaktivitäten der Hochschule Landshut im Bereich konventioneller Antriebstechnik und Elektromobilität im Linienbus- und Off-Road-Bereich. Zum Ausklang des ersten Tages fand schließlich ein Festessen im Zeughaus der Landshuter Hochzeit an der Grieserwiese statt.



## Antriebskonzepte und Emissionswerte nach EURO VI

Der zweite Sitzungstag beschäftigte sich zunächst mit der Erdgasmotorentechnik für EURO VI. Dipl.-Ing. Herbert Knorr (Leiter der Gasmotoren-Entwicklung von MAN, Nürnberg) und Dipl.-Ing. Manfred Kuchlmayr (Leiter der Unternehmenskommunikation von Irisbus-Iveco, FIAT), berichteten über die Strategien ihrer Unternehmen bei Erdgasmotoren. Beide Unternehmen favorisieren für EURO-VI-Erdgasmotoren den stöchiometrischen Motorbetrieb ( $\lambda=1$ ) und Abgasnachbehandlung mittels 3-Wege-Katalysator statt eines verbrauchsoptimierten Magerbetriebs mit der dann notwendigen SCR-Abgasnachbehandlung.

Für den leider erkrankten Dipl.-Ing. Peter Wiesinger (Bustechnik-Chef des Verkehrsunternehmens der Stadt Wien), trug Prof. Dr. Pütz zu den Emissionsmessungen bei Diesel-Solo- und Gelenkbussen, Diesel-Solo- und Gelenk-Hybridbussen sowie Erdgas-Solo- und Gelenkbussen im realen Betrieb auf ausgewählten Linien der Stadt Wien vor. Es zeigte sich, dass a priori keine Präferenz für die Diesel-, Diesel-Hybrid- oder Erdgasteknik abgegeben werden kann, da im Spannungsfeld einer signifikanten Absenkung von gleichermaßen lokalen wie globalen Emissionen zurzeit lediglich herstellereigenspezifische Vorzüge – mit letztendlich marginalen Vorteilen für die Dieselelektrifizierung – identifiziert werden können.



Die Dipl.-Ing. Henrik Wilckens und Frank Hilbert (beide Shell, Hamburg) informierten schließlich über die spezifischen Anforderungen der EURO-VI-Technik an Kraft- und Schmierstoffe. Insbesondere der hochverfügbare Kraftstoff GTL (Gas-to-Liquids), ein flüssiger, hochsauerer schwefel- und aromatenfreier Dieselpartikelfilter hoher Cetanzahl aus Erdgas hat das Potenzial, unabhängig von der Grenzwertstufe zu weiteren Emissionsenkungen zu führen. Das Haus Shell wird in einem gemeinsamen Forschungsprojekt mit dem Fachgebiet Nutzfahrzeuge der Hochschule Landshut und dem Wiesbadener Verkehrsunternehmen ESWE das Potenzial von GTL im realen Linienbetrieb verifizieren.

Zum Abschluss der Tagung schloss sich der Themenkreis wieder in Richtung langfristige Optionen für eine nachhaltige Linienbusantriebstechnik. Dipl.-Ing. Burkhard Eberwein (Technikchef Bus des größten

deutschen Verkehrsunternehmens BVG Berlin) berichtete über die kontinuierlichen Forschungsprojekte der BVG bis hin zum aktuellen Projekt, bei dem fünf Wasserstoff-Hybridbusse mit Verbrennungsmotor als Zubringer zum neuen Großflughafen Berlin-Brandenburg (BER) eingesetzt werden sollen. Die Wasserstoff-Verbrennungsmotorentechnik kombiniert niedrigste Emissionen, die die EURO-VI-Grenzwerte bereits um mehr als 50 Prozent unterschreiten, mit den Kostenvorteilen der etablierten Produktion von Großserienhubkolbenmaschinen. Die Brennstoffzellentechnologie sei im Vergleich hierzu wirtschaftlich noch nicht konkurrenzfähig.

Den Schlussvortrag der Konferenz hielt Dipl.-Ing. Christian Vana, (Leiter der Vorentwicklung von Viseon Bus, Pilsting und Projektpartner der Hochschule Landshut), der die Anregungen aus dem Plenarvortrag von Prof. Dr. Müller-Hellmann aufgriff, weiterentwickelte und nach gründlicher Analyse schließlich das ideale Einstiegsszenario zur Omnibus-Elektromobilität skizzierte: den Flughafenbus.

Unterstützt wurden die Landshuter Omnibustage durch zahlreiche exklusive Exponate. So waren ein EURO-VI-Linienbus von MAN, ein EURO-VI-Motor von MAN sowie ein serieller Hybridbus von Irisbus-Iveco und ein Parallelhybridbus von Volvo zu besichtigen, allesamt Fahrzeuge, die auf dem Weg zur IAA in Hannover – teilweise in Weltpremiere – in Landshut Station machten. Das Konzept der Landshuter Omnibustage erwies sich als voller Erfolg. Der Fortsetzung im nächsten Jahr – voraussichtlich in Verbindung mit der nur alle vier Jahre stattfindenden, weltbekannten Landshuter Hochzeit als Rahmenprogramm – steht nichts mehr im Wege.

