



HOFBURG

34. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPIOSIUM 25. UND 26. APRIL 2013

WIENER
MOTORENSYMPIOSIUM

VIENNA
MOTOR SYMPOSIUM

34TH INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM APRIL 25TH AND 26TH, 2013

Von/By

Hans Peter Lenz

MTZextra

MTZ Motortechnische Zeitschrift 74 (2013), Nr. 9 | Springer Vieweg | Wiesbaden | Germany



34. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPIOSIUM

Zum 34. Internationalen Wiener Motorensymposiums am 25. und 26. April 2013 trafen sich wie jedes Jahr über 1000 führende Ingenieure der Motorenentwicklung und Wissenschaftler aus aller Welt. Sie präsentierten ihre neuesten Entwicklungen und gaben Ausblicke auf zukünftige Trends. Der vorliegende Bericht stellt zum Teil gekürzte Zusammenfassungen der Vorträge der einzelnen Autoren vor.



**UNIV.-PROF. DR. TECHN.
HANS PETER LENZ**

ist Vorsitzender des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) in Wien (Österreich).

EINLEITUNG

Nach der Begrüßungsfanfare des Orchesters der Technischen Universität begrüßte **Professor Lenz**, **1**, die Teilnehmer des ausgebuchten 34. Internationalen Wiener Motorensymposiums, **2**.

Alle Vorträge sind wieder in den VDI-Fortschritt-Berichten, einschließlich einer CD mit den Texten in englischer Sprache, enthalten. Die Vorträge aus dem universitären Bereich wurden – soweit gewünscht – einem Peer-Review-Verfahren durch die Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motortechnik e.V. (WKM) unterzogen. Professor Lenz wies auch auf das Suchsystem des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik hin, das die Möglichkeit bietet, mithilfe von Suchbegriffen die Vortragstitel, Autoren und Firmen der vorangegangenen Motorensymposien und auch sonst gehaltener Vorträge zu finden. Insgesamt sind über 1400 Vorträge seit 1985 in dieser Datenbank enthalten.

Professor Lenz führte einleitend aus: „Wir stehen vor verbesserten oder neuen Antriebskonzepten. Im vergangenen Jahr sagte ich hier: ‚Es war noch nie so spannend in der Entwicklung der Automobilantriebe wie heute‘. Ich kann das nur wiederholen. Noch nie hatten wir durch die Fortschritte der Technik so große Möglichkeiten der Verbesserungen.“

Unser Ziel, nachhaltige Mobilität sicher zu stellen, werden wir auch in Zukunft erreichen, dabei setzen wir weniger auf revolutionäre Prozesse als auf Evolution, langjährige Entwicklungsprozesse“.

Nach Einschätzung von Professor Lenz stehen wir aber auch vor zum Teil übergroßen Erwartungshaltungen an die neuen Antriebskonzepte, wie die reine Elektromobilität. Dies sei mittlerweile durch sachliche Berichterstattung ersetzt worden.

Dennoch gebe es unterschiedliche Auffassungen: Aktivitäten zur Einführung von E-Mobilen auf der einen Seite, Rückzug von geplanten reinen E-Modellen auf der anderen Seite. Interessant und erfreulich sei jedenfalls, dass Verbesserungen an Verbrennungsmotoren wieder stärker das Interesse der Medien finden. „Wer hätte gedacht, dass sich der Verbrennungsmotor auch nach über 100 Jahren Entwicklungsarbeit als so ungeheuer anpassungsfähig an die neuen Anforderungen erweisen würde. Keiner braucht

ein schlechtes Gewissen zu haben – wie es von manchen Kreisen suggeriert wird – wenn er ein neues Auto kauft“, so Professor Lenz.

Die Fortschritte bei Verbrennungsmotoren seien auch heute noch von Modellreihe zu Modellreihe groß, 15 bis 20 % Verbrauchsabsenkung seien keine Seltenheit.

Alternative Kraftstoffe werden vermehrt Anwendung finden. Öl werde aber noch für Dekaden die Hauptquelle unserer Kraftstoffe sein. Kraftstoffe hätten in manchen Ländern oft unzureichende Qualität und damit eine negative Wechselwirkung auf unsere Verbrennungsmotoren. Schwefelfreier Otto-Kraftstoff über Europa hinaus würde zum Beispiel die Einführung magerbetriebener Ottomotoren ermöglichen. Eine globale Koordination der Kraftstoffqualität sei dringend erforderlich. Darüber hinaus möchte man sich wünschen, so Professor Lenz, „dass Erdgas – das in genügender Menge zur Verfügung steht – mehr Anklang findet“.

Nach der gemeinsamen Plenar-Eröffnungssektion, **3**, folgten in zwei Parallelsektionen, **4** und **5**, die Fachvorträge unter der Leitung der Professoren **G. Brasseur, B. Geringer, G. Hohenberg, G. Jürgens** und **H. P. Lenz**. Eine umfassende und eindrucksvolle Ausstellung neuer Motoren, Komponenten und Fahrzeuge ergänzte die Vorträge, **6**, **7** und **8**.



1 Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz



② Eröffnung mit Fanfare

Die Begleitpersonen erlebten ein kulturell anspruchsvolles Rahmenprogramm mit einer Fahrt ins romantische Waldviertel in Niederösterreich, einer Besichtigung der Ernst-Fuchs-Villa und einem Besuch von Schloss Schönbrunn. Den Abend verbrachten die Teilnehmer beim Heurigen auf Einladung des Bürgermeisters von Wien.

PLENAR-ERÖFFNUNGSSEKTION

Dr. Volkmar Denner, , Vorsitzender der Geschäftsführung, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: „Zukunft gestalten – Innovationen für effiziente Mobilität“:

Die zukünftigen CO₂-Emissionsziele für die Jahre 2015 und 2020 erfordern ambitionierte technische Fortschritte. In einer umfangreichen Analyse auf Basis der „Best-in-Class“-Fahrzeuge des Jahres 2012 wurden für die Fahrzeugsegmente Subkompakt, Kompakt sowie Large/SUV mögliche Lösungsstrategien erarbeitet.

In der Subkompakt-Klasse werden sowohl Otto- als auch Diesel-Antriebsstränge das CO₂-Ziel für das Jahr 2020

ohne Elektrifizierung, die über die bereits eingeführten Start-Stopp-Systeme hinausgeht, erreichen.

In der Kompaktklasse werden innermotorische Optimierungen die CO₂-Emissionen bei Ottomotoren in den Bereich von 95 g/km bringen. Zur weiteren CO₂-Reduzierung und Komfortverbesserung stehen Einstiegshybridisierungen wie das Boost Recuperation System (BRS) zur Verfügung. Dieselmotoren werden das Ziel ohne Elektrifizierung deutlich unterschreiten können.

Im Flottenmix der Hersteller dienen diese „Best-in-Class“-Fahrzeuge mit günstigstem CO₂-Gewichts-Verhältnis der Kompensation schwererer oder höher motorisierter Fahrzeuge und somit der Erreichung des CO₂-Flottenziels.

Fahrzeuge der Large/SUV-Klasse werden das CO₂-Ziel für das Jahr 2020 durch eine reine Optimierung des Verbrennungsmotors nicht erreichen können. Neben weiterführenden Fahrzeugmaßnahmen, wie zum Beispiel Reduktion von Fahrwiderständen und/oder Gewicht, wird eine stärkere Elektrifizierung zwingend erforder-

lich sein. Mittels Plug-In-Hybrid-Systemen sind aber auch für diese Fahrzeugantriebe geringste CO₂-Emissionen realisierbar. Auf Grund der Elektrifizierung ist in dieser Fahrzeugklasse jedoch mit höheren Zusatzkosten zu rechnen.

CNG-Antriebe haben in allen Fahrzeugklassen durch ihre gute CO₂-Bilanz bei vergleichsweise niedrigen Zusatzkosten die Chance, in den nächsten Jahren ihren Marktanteil auszubauen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die heute noch vorhandenen Mehrkosten durch Skaleneffekte reduziert und die notwendigen Infrastrukturen deutlich ausgebaut werden.

Toshiaki Tanaka, , Head of Advanced Engine Development and Energy Research, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: „Globale Herausforderungen im Energie- und Umweltbereich, reflektiert in Toyotas Antriebsstrangvorentwicklung“:

Die Themen Umwelt und Energie tragen heute zur Diversifizierung der Energieressourcen bei. Gleichzeitig steigen die Herausforderungen an das Automobil für immer geringeren Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen.

Alternative Kraftstoffe finden wegen der begrenzten Ölressourcen vermehrt Verbreitung, weshalb Automobilhersteller Entwicklungen in mehrere Kraftstoffrichtungen betreiben müssen. Dennoch wird Öl auch in den nächsten Dekaden als Hauptquelle unserer Kraftstoffe dienen. Daher bleibt die kontinuierliche Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors eine wichtige Herausforderung. Darüber hinaus kann erwartet werden, dass Hybridtechnologie und Plug-in-Hybridtechnologie zur Reduktion des Gesamtölverbrauchs beitragen werden. In diesem Zusammenhang ist aber auch die Elektrizitätserzeugung mit geringem CO₂-Ausstoß und die Entwicklung von Batterien mit höherer Energiedichte erforderlich.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Luftverschmutzung. Während die Abgasgesetzgebung kontinuierlich verschärft wurde, gibt es weltweit einen Widerspruch zwischen Abgasgesetzgebung und Kraftstoffqualität. Da es einige Zeit in Anspruch nehmen kann, bis die entsprechende Kraftstoffqualität angeboten wird, sind Entwicklungen seitens der Automobilhersteller erforderlich, um die Kunden vor Problemen in der Mobilität zu bewahren. Die globale Koordination von Kraftstoffqualität ist enorm wichtig, um Luftqualität lokal und global verbessern zu können.

Dr.-Ing. Herbert Diess, , Mitglied des Vorstands, Entwicklung, BMW AG, München: „BMW gestaltet die Zukunft der Mobilität. Heute“:

Das Automobil, wie wir es kennen, entwickelt sich radikal weiter. Seine Industrialisierung befindet sich in einem technologischen Umbruch. Nicht nur fortschreitende Innovationen, sondern vor allem auch Umweltauflagen, steigende Kraftstoffpreise und die Urbanisierung prägen diesen Systemwechsel und damit die Entwicklungsarbeit. Die sprichwörtliche „Freude am Fahren“ bei geringstmöglichem Energieeinsatz auch in Zukunft zu realisieren, ist die zentrale Aufgabe der Forschungs- und Ingenieursarbeit der BMW Group. Eine entscheidende Rolle hierbei spielt die Motoren- und Antriebstechnik. Antworten auf die umweltpolitischen und selbst gesteckten Ziele sind neue Technologien: Plug-in-Hybride und Elektrofahrzeuge.

Als eine Antwort auf die genannten Anforderungen hat der Hersteller eine neue Submarke gegründet, BMW i. Zur

Markteinführung werden zwei Fahrzeuge angeboten: BMW i3 und BMW i8.

Durch Einsatz von CFK wird das Batteriegewicht kompensiert. Der BMW i3 ist ein Elektrofahrzeug mit Range Extender, der BMW i8 ist ein Sportwagen mit dem modifizierten E-Motor des i3 an der Vorderachse und einem 1,5-l-Dreizylinder-Ottomotor mit BMW TwinPower-Turbo-Technologie an der Hinterachse.

NEUE OTTOMOTOREN I

Dipl.-Ing. N. Klauer, Dr.-Ing. M. Klütting, Dr.-Ing. E. Schünemann, Prof. Dr.-Ing. C. Schwarz (Vortragender), **Ing. F. Steinparzer**, BMW Group, München:

„Die BMW TwinPower Turbo Ottomotoren Technologie als Enabler zur Erfüllung weltweiter Emissionsanforderungen“:

Die konsequente Umsetzung weiterer Potenziale am Verbrennungsmotor, der auch bei steigendem Elektrifizierungsgrad den größten Anteil am weltweiten Antriebsportfolio haben wird, ist wesentlicher Bestandteil der BMW Efficient-Dynamics-Strategie. Dazu kommt in den Otto- und Dieselmotoren der BMW Group das Technologiepaket BMW TwinPower-Turbo zum Einsatz, das für Ottomotoren aus den Elementen Abgasturboaufladung, vollvariabler Ventiltrieb mit VALVETRONIC und Direkteinspritzung

besteht. Neben markttypischer Fahrdynamik und gleichzeitig signifikanter Absenkung des Kraftstoffverbrauchs, unabhängig von der lokal vorliegenden Kraftstoffqualität, bietet die BMW TwinPower-Turbo-Technologie weitere Freiheitsgrade, deren Ausnutzung eine deutliche Absenkung der Abgasemissionen erlaubt. Besondere Herausforderungen stellen die in Kalifornien und weiteren US-Bundesstaaten gültigen SULEV-Abgasgrenzwerte sowie die europäische Euro-6-Emissionsgesetzgebung mit neu eingeführten Partikelanzahlgrenzwerten für direkteinspritzende Ottomotoren dar. Im Beitrag werden die Potenziale der BMW TwinPower-Turbo-Technologie zur sicheren Erfüllung der Euro-6- und SULEV-Abgasgesetzgebungen beschrieben. Dabei wird insbesondere auf die Maßnahmen zur Emissionsabsenkung im Start und während des Katalysatorheizbetriebs eingegangen, wo ein wesentlicher Teil der Abgasemissionen entsteht.

Dipl.-Ing. G. Doll (Vortragender), **Dipl.-Ing. M. Schütz, Dipl.-Ing. R. Kemmler, Dipl.-Ing. A. Waltner, Dipl.-Ing. H. Herwig**, Daimler AG, Stuttgart und Sindelfingen: „Der neue 3,0-l-V6-Ottomotor mit Direkteinspritzung und Bi-Turboaufladung von Mercedes-Benz“:

Mit der Einführung des M276 DELA 30 im neuen Mercedes-Benz E 400 wurde



③ Plenar-Eröffnungssektion v. r. n. l.: Dr. Denner, Mr. Tanaka, Dr. Mohammadi, Dr. Diess, Prof. Lenz, Dr. Hametner

die bewährte V6-Ottomotorenbaureihe M276 im Frühjahr 2013 um eine Variante erweitert, die höchste Komfortansprüche, souveräne Fahrleistungen und Effizienz gleichermaßen vereint. So konnte gegenüber dem frei saugenden Motor M276-3,5-l die Leistung um 9 %, das Drehmoment sogar um 30 % gesteigert werden. Die Verbräuche bewegen sich im Vergleichsumfeld dabei nach wie vor auf dem markttypischen Niveau. Die überarbeitete Verbrennung und das eingesetzte Technologieset sichern die Zukunftsfähigkeit des Aggregats und erfüllen die weltweiten Emissionsvorschriften. Der EU-Abgasgrenzwert Euro 6 wird ab Markteinführung im neuen Typ E400 erreicht.

Dipl.-Ing. C. Enderle, Dipl.-Ing. R. Kemmler (Vortragender), **Dipl.-Ing. G. Vent, Dipl.-Ing. A. Waltner**, Daimler AG, Sindelfingen und Stuttgart: „Der magerbetriebene Ottomotor – ein Konzept für den weltweiten Einsatz“:

Nachdem von Mercedes-Benz im Jahr 2006 die ersten magerbetriebenen Otto-

motoren mit strahlgeführtem Brennverfahren eingeführt worden sind, erfolgte ein breiter Rollout dieser Technologie auf Basis der Motorbaureihen mit dem Brennverfahren BlueDIRECT. Mit diesen Motoren werden in Wettbewerbsvergleichen Bestwerte im Kraftstoffverbrauch erzielt. Das Angebot ist momentan allerdings auf Länder beschränkt, in denen schwefelfreier Kraftstoff verfügbar ist.

Welche technischen Maßnahmen oder geänderten Randbedingungen sind erforderlich, um eine weitere Durchdringung dieser umweltschonenden Technologie zu ermöglichen? In diesem Beitrag werden insbesondere die potenziellen Märkte USA und China betrachtet. Herausforderungen stellen dabei vor allem die Themen Kraftstoffqualität und Emissionen sowie marktspezifisch auch die On-Board-Diagnose dar. Unter der Prämisse einer weiteren Reduzierung des Kraftstoffschwefelgehalts besteht die Chance, mittelfristig auch in den betrachteten Regionen magerbetriebene Ottomotoren anbieten zu können.

BRENNVERFAHREN UND KRAFTSTOFFE

Dipl.-Ing. C. Doppelbauer (Vortragender), **Ing. M. Penz, Dipl.-Ing. D. Renner, Dr. K. Masser, Dipl.-Ing. F. Dorfer**, MAGNA POWERTRAIN – Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, St. Valentin: „DUAL FUEL – Potential kombinierter Verbrennung von Erdgas und Dieselmotoren“:

Die stetig steigenden Preise für den Dieselmotorenkraftstoff, die längere Verfügbarkeit von Erdgas und das CO₂-Reduktionspotenzial erhöhen die Attraktivität, Dieselmotorenkraftstoff durch Erdgas zu ersetzen, insbesondere in den aufstrebenden Wirtschaftsmärkten.

Eine Möglichkeit dafür ist ein Dual-Fuel-Betrieb unter Verwendung eines konventionellen Dieselmotors, der mit geringfügigen Änderungen wechselseitig im Diesel- oder Mischbetrieb (Gas/Diesel) betrieben werden kann. Im Mischbetrieb sollten dabei Gaszumischraten von bis zu maximal 90 % beziehungsweise



4 Festsaal



5 Zeremoniensaal

70 % im Durchschnitt möglich sein, wie die vorliegende Arbeit zeigt.

Um die Potenziale eines derartigen Konzepts darzustellen, werden die Versuche an einem Vierzylinder-7,0-l-Nutzfahrzeugmotor durchgeführt, welcher für eine äußere Gemischbildung mit handelsüblichen CNG-Komponenten sowie einem Entwicklungssteuergerät mit eigens entwickelter Software ausgestattet ist.

Das Ziel der Untersuchungen ist die Kalibrierung des Motors für den Dual-Fuel-Betrieb durch optimierte Einspritzungs- und Verbrennungsparameter, damit die Euro-6-Emissionsvorschriften unter stationären und transienten Bedingungen erfüllt werden können.

Die schwierige Konvertierung von Methan, die erst bei vergleichsweise hohen Temperaturen stattfindet, stellt die größte technische Herausforderung dar.

Energetisch ist das Konzept eine Brückentechnologie zum reinen Erdgasbetrieb und kann somit zum rascheren Ausbau der Erdgasinfrastruktur beitragen.

Dr.-Ing. P. Adomeit (Vortragender), **Dr.-Ing. J. Dohmen, Dipl.-Ing. M. Thewes, Dr.-Ing. J. Ewald**, FEV GmbH, Aachen; **Dipl.-Ing. M. Günther, Dipl.-Ing. B. Morcinkowski, Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger**, RWTH Aachen University: „Einfluss von Kraftstoff und Brennverfahren auf die Vorentflammung beim aufgeladenen Ottomotor“:

Bei Ottomotoren ist Downsizing eine Schlüsseltechnologie, um die geforderte CO₂-Emissionsminderung zu erzielen. Zusätzlich eröffnet der Einsatz von Kraftstoffen mit regenerativen Biokomponenten weitere CO₂-Potenziale. Es ist daher zu erwarten, dass zukünftige Ottomotoren eine Kombination von Downsizing und Flex-Fuel-Fähigkeit erfordern werden.

Gesteigerte Downsizing-Grade und neuartige Kraftstoffe führen zu neuen Herausforderungen durch das Einsetzen irregulärer Verbrennung. Der Artikel stellt die an einem hochaufgeladenen Versuchsaggregat gewonnenen Erkenntnisse zur Vorentflammung aus einer

systematischen Untersuchung mittels Motorversuch, optischer Diagnostik und CFD für verschiedene Gemischbildner und Kraftstoffe vor.

Die Untersuchung zum Einfluss des Brennverfahrens auf das Vorentflammungsverhalten ist hier auf die Gemischbildung fokussiert. Es zeigt sich, dass die Vorentflammungsneigung mit Direkteinspritzung bei optimaler DI-Injektorauslegung durch die Ladungskühlung deutlich geringer ist als mit vorgelagerter Saugrohreinspritzung. Gleichzeitig wird ein deutlicher Einfluss der DI-Injektorauslegung beobachtet, da weite Strahlbilder mit erhöhtem Kraftstoffauftrag auf die Laufbuchse den thermischen Zustand im Brennraum verändern und eine höhere Vorentflammungsneigung aufweisen.

Die Untersuchung des Kraftstoffefflusses auf die Vorentflammung konzentriert sich vor allem auf ethanolhaltige Kraftstoffe. Mit zunehmendem Ethanolgehalt nimmt die Vorentflammungsneigung ab. Weiterhin wird beim hier eingesetzten Versuchsmotor mit den hoch-



6 Ausstellung

ethanolhaltigen Kraftstoffen E85 und E100 keine Glühzündungsneigung beobachtet, obwohl insgesamt deutlich höhere Lasten erreicht werden.

Prof. Dr. P. Hofmann (Vortragender), **M.Sc. T. Hofherr, Dipl.-Ing. M. Damböck**, Technische Universität Wien; **Dipl.-Ing. W. Fritz, Dr. F. Kampelmühler**, Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co. KG, Graz: „Der CULT Antrieb: Hocheffizienter CNG Motor mit Direkteinblasung“:

Neben der kontinuierlichen Verbesserung der Otto- und Dieselmotoren ist eine größere CO₂-Reduktion auch durch den Einsatz von Kraftstoffen mit einem niedrigeren C/H-Verhältnis möglich. In diesem Zusammenhang stellt Methan einen vielversprechenden Ansatz dar, da durch den geringen C-Gehalt eine Verringerung der CO₂-Emissionen von mehr als 20 % erreicht wird. Weiter bietet Methan effizienzsteigernde Eigenschaften wie hohe Klopfestigkeit, weite Zündgrenzen und bessere Gemischbildung.

Im Zuge eines Forschungsprojekts am Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik an der TU Wien wird in Zusammenarbeit mit Magna Steyr Fahrzeugtechnik ein Antriebsstrang mit Gasmotor für ein Ultraleicht-Fahrzeug im A-Segment entwickelt. Als Basis für das Antriebsaggregat dient ein serienmäßiger Dreizylinder-Vierventil-Ottomotor mit Abgasturboaufladung, der auf monovalenten Erdgasbetrieb adaptiert und detailoptimiert wird. Im Zuge umfang-

reicher Entwicklungsschritte wird unter anderem das Verdichtungsverhältnis angehoben sowie ein Brennverfahren mit Direkteinblasung für den Fahrzeug-einsatz entwickelt. Zum Einsatz kommen hier CNG-Einspritzdüsen aus dem Hause Delphi. Das Potenzial jeder Einzelmaßnahme wird durch den Quervergleich zum Benzinbetrieb analysiert. Die Kombination von Direkteinblasung und hohem Verdichtungsverhältnis entschärft die Problematik eines ansprechenden Vollastverhaltens unter Einhaltung der thermischen Bauteilschutzgrenzen. Gleichzeitig konnte damit der CO₂-Aus-

stoß im NEFZ im Vergleich zur Basis-Benzinmotorvariante bereits um über 30 % abgesenkt werden. In Hinsicht auf die Erreichung des Flottenverbrauchsziels für 2020 von 95 g CO₂/km stellt dieses Konzept damit eine attraktive Alternative zu E-Fahrzeugen dar.

MOBILITÄT UND KRAFTSTOFFE

Dr. P. Sauer mann (Vortragender), **Dr. U. Balfanz, W. Dörmer**, BP Europe SE, Bochum: „Mobilität der Zukunft“:

Seit mehr als einem Jahrhundert ist Erdöl der dominierende Rohstoff für



7 Ausstellung



8 Ausstellung

Benzin und Dieselmotoren und damit Garant unserer Mobilität. Nachdem lange Zeit die Verfügbarkeit und Reichweite des fossilen Rohöls im Fokus standen, gewinnen heute Themen wie Versorgungssicherheit und Umweltschutz zunehmend an Bedeutung. BP veröffentlicht jährlich den „Statistical Review of World Energy“, eine anerkannte Statistik der wesentlichen Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Kohle und nichtfossile Energieträger. Der BP „Energy Outlook 2030“ gibt zusätzlich Prognosen über Langzeitrends im Bereich Energie ab. Die Erwartung ist, dass der globale Rohölverbrauch in absoluten Zahlen nach wie vor steigt, dessen relativer Anteil im Vergleich zu den anderen Energiequellen aber stetig abnimmt. Erdgas und erneuerbare Energien werden voraussichtlich die größten Zuwächse verzeichnen. BP geht davon aus, dass die Nutzung aller erneuerbaren Energien – einschließlich der Biokraftstoffe – bis 2030 etwa fünfmal so schnell ansteigen wird wie der allgemeine Energieverbrauch. Der globale Trend nach Motorisierung und individueller Mobilität wird auch zukünftig weiter ansteigen, Kraftstoffalternativen sind daher zunehmend wichtiger. BP forscht intensiv und unvoreingenommen an sämtlichen Optionen, die die Effizienz des Gesamtsystems Mobilität steigern. Produkte auf Biobasis können einen wichtigen Beitrag zur CO₂-Vermeidung im Straßenverkehr leisten. Sie stellen damit eine sinnvolle

Ergänzung zum herkömmlichen Kraftstoff dar. Die drei Säulen – Nachhaltigkeit, Bezahlbarkeit und Verfügbarkeit – sind Grundlage für eine erfolgreiche Implementierung. BP hat gerade die neuen Biokraftstoffe Butanol, Ethanol aus Lignozellulose und Diesel aus Zucker der Weltöffentlichkeit vorgestellt. Moderne Konzepte mit Verbrennungsmotor, Hybridisierung und nachhaltigen Biokraftstoffen haben noch enormes Potenzial, so Sauermann. Erdöl werde im Transportsektor auch langfristig seine Schlüsselposition unter den Energieträgern behalten.

Prof. Dr. R. Schlögl, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft (FHI), Berlin; Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion (CEC), Mülheim a. d. Ruhr: „Mobilität in der Energiewende: Ansichten eines Chemikers“:

Individuelle Mobilität ist eine fundamentale Errungenschaft unserer Kultur. Sie erfordert in unserer heutigen technischen Ausprägung Energiequellen, die hohe Dichten, leichte Verfügbarkeit, sichere Handhabung und nachhaltige Bereitstellung in sich vereinen müssen. Fossile Kohlenwasserstoffe und ihre Substitute aus nachwachsenden Rohstoffen erfüllen zumindest die letzte Bedingung nicht, wenn man die Dimension ihres Einsatzes berücksichtigt. Da immer wieder neue fossile Lagerstätten von Kohlenstoff gefunden werden, ist der Druck, die Energiebasis der Mobilität umzustellen,

nicht sehr hoch. Viele regulatorische Eingriffe in den Preis von Energie verstärken dies noch. Damit gerät oft die Einsicht aus dem Blick, dass aus vielerlei Gründen Mobilität und Nachhaltigkeit miteinander vereint werden müssen.

Regenerativ gewonnener Wasserstoff als Treibstoff ist eine Alternative, die ebenso ihren Beitrag leisten kann. Die Batterietechnik bei der Elektromobilität verfügt hinsichtlich der Traktion über weitere Potenziale, wird aber niemals in die Nähe der Speicherdichte chemischer Energieträger kommen können. Für Langstreckenreisen und den Güterferntransport besteht weiterhin ein erheblicher Bedarf an Kraftstoffen mit hoher Energiedichte, der sich nicht elektrisch decken lässt. Hier bietet es sich an, den primär erzeugten regenerativen Wasserstoff mit CO₂ nicht in Methan, sondern in flüssige Kraftstoffe umzusetzen.

Der Beitrag zeigt die benötigten Stoffströme und ihren Einbau in zukünftige Energiesysteme auf. Er geht weiter kurz auf die noch erheblichen wissenschaftlich-technologischen Hürden ein, die derartigen Systemen entgegenstehen, wenn man die entsprechende Skalierung und die Nachhaltigkeitsfragen, die sich daraus ergeben, bedenkt. Allerdings bestehen gute Aussichten, diese Herausforderungen zu überwinden, wenn man rechtzeitig auf ein auf mehrere Optionen gestütztes System von regenerativen Kraftstoffquellen, die den unterschiedlichen Mobilitätsprofilen angepasst werden, setzt. Dies gilt sowohl für wissenschaftliche Fragen wie für die regulatorischen und gesellschaftlichen Randbedingungen.

Die Sicherstellung von Mobilität in nachhaltigen Energiesystemen ist in mehrfacher Weise möglich. Hierzu ist eine enorme Anstrengung in Grundlagenforschung und Technologieentwicklung erforderlich, die derjenigen der Entwicklung der Halbleitertechnik gleichkommt, so Schlögl. Die Automobilindustrie könne den erforderlichen Treiber bereit stellen. Sowohl der grundsätzliche Bedarf an Mobilität in der Zukunft wie der unausweichliche Zwang zur Umstellung der Energieträger auf Zeithorizonte von Dekaden stelle eine stabile Handlungsgrundlage dar.

Dr. W. Warnecke (Vortragender), **Dr. J. Karanikas**, **Dr. B. Levell**, **Dr. C. Mesters**, **Dr. J. Schreckenberger**, **Dr. J. Adolf**, Shell, The Hague: „Gas – Eine Brückentechnologie für die Mobilität der Zukunft?“:

In den letzten Jahren gab es große Fortschritte bei der Exploration und Förderung von Erdgas. Konventionelles Erdgas ist reichlich vorhanden und große Vorkommen von unkonventionellem Erdgas sind noch hinzugekommen. Gleichzeitig bleibt der Druck für klimapolitisches Handeln für die Absenkung von Treibhausgasemissionen weiterhin groß. Erdgas ist der kohlenstoffärmste fossile Energieträger.

Fast alle mittel- bis langfristigen Energieszenarien gehen daher von einem deutlichen Anstieg des weltweiten Erdgasverbrauchs aus. Erdgas kann zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Als Handlungsoption für den Verkehrssektor nehmen gasförmige Kraftstoffe bislang nur eine Nischenfunktion ein. Erst in jüngerer Zeit werden gasförmige Kraftstoffe, insbesondere Erdgas, verstärkt als Zukunftsoption für den Verkehr diskutiert.

Der Beitrag befasst sich zunächst mit der Entwicklung des Angebots und der heute erwarteten Verfügbarkeit von Erdgas. Er diskutiert, welche Gasarten es gibt, insbesondere konventionelle und unkonventionelle, und mit welchen (neuen) technischen Verfahren Erdgas gefördert werden kann. Er behandelt außerdem Szenarien und künftige Märkte für Erdgas einschließlich der Erdgaswertschöpfungskette.

Den Schwerpunkt der Untersuchungen bildet die Anwendung gasförmiger beziehungsweise gasbasierter Kraftstoffe im Verkehrssektor. Es werden unterschiedliche Produktionspfade für Erdgaskraftstoffe und Erdgaskraftstoffe als solche (CNG/LNG/GTL) betrachtet. Die Produkteigenschaften von Erdgaskraftstoffen werden mit konventionellen Kraftstoffen (OK/DK) und anderen gasförmigen Kraftstoffen, insbesondere LPG und Wasserstoff, verglichen. Die Anwendungsmöglichkeiten von Gas-Kraftstoffen in den unterschiedlichen Verkehrsträgern wird diskutiert. Der Einsatz gasförmiger Kraftstoffe in Verbrennungsmotoren unterschiedlicher Verkehrsträger mit verschiedenen Verbrennungsverfahren, einschließlich ihrer Energieeffizienz (Verbrauch/Leistung) und ökologischen Performance (Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen), wird erörtert. Damit sich Erdgasmobilität besser im Markt etablieren kann, muss jedoch das Dilemma zwischen der zumeist zu kleinen Erdgas-Fahrzeugflotte und

der nicht ausreichenden Tankstelleninfrastruktur überwunden werden. Die wichtigsten Handlungsoptionen hierfür wären ein adäquates Erdgasfahrzeug-Angebot, wettbewerbsfähige Erdgas-Verbraucherpreise, Ausbau der Tankstelleninfrastruktur sowie die Schaffung einer höheren Verbraucherakzeptanz, so Warnecke.

MOTORMECHANIK

Em. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Hohenberg, IVD Hohenberg GmbH, Graz; **Univ.-Prof. Dr. techn. C. Beidl** (Vortragender), TU Darmstadt; **Dr. D. Höfler**, tectos gmbh, Graz: „Drehschwingungsberuhigung von Hybridantrieben mit niedrigen Zylinderzahlen“:

Plug-in-Hybridantriebe sind in der absehbaren Zukunft die dominierende Variante für die Elektrifizierung von Fahrzeugen. Der Trend geht zu Verbrennungsmotoren mit geringen Zylinderzahlen und auch niedrigen Betriebsdrehzahlen. Problematisch sind dabei die ausgeprägten Torsionsschwingungen und deren Auswirkungen auf Triebstrang und Motorlagerung. Mit konventionellen mechanischen Lösungen bei Zweimasenschwungrädern mit Pendelunterstützung und ähnlichem sind deutliche Grenzen zur Beeinflussung des NVH-Verhaltens gesetzt. Ein Betrieb des Antriebsmotors bei den verbrauchsmäßig relevanten niedrigen Drehzahlen ist daher nur bedingt möglich. Als Lösung wird ein Verfahren vorgestellt, bei dem über die Generierung von zusätzlichen Momentenpulsen mit dem vorhandenen E-Motor eine Verdoppelung der Anregungsfrequenz erzeugt wird. Damit erreicht man eine Anregung auf Triebstrang und Motorlager wie bei einem Verbrennungsmotor mit doppelter Zylinderzahl. Das als „directE-Konzept“ bezeichnete Verfahren ist insbesondere für Zwei- und Dreizylinder-Motoren interessant. Durch Zusammenlegung der einzelnen Komponenten zu einem hoch integrierten directE-Hybridmodul lässt sich eine einfache Kombination mit vorhandenen Verbrennungsmotoren und Getrieben realisieren. Der Beitrag beschreibt das Verfahren, diskutiert Vorteile und Nachteile und zeigt erste praktische Ergebnisse.

Dr. W. Schöffmann (Vortragender), **Dr. H. Sorger**, **Dipl.-Ing. G. v. Falck**, **M. Howlett**, **Dipl.-Ing. K. Weihrach**, AVL List GmbH, Graz: „Leichtbau, Funktions-



9 Dr. Volkmar Denner

integration und Reibungsreduktion – der Grundmotor im Spannungsfeld zwischen Kosten und CO₂-Optimierung“:

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs ist zur Erfüllung zukünftiger Verbrauchsziele nicht mehr wegzudenken. Dabei bleibt die Verbrennungskraftmaschine bei allen stückzahlrelevanten Antriebskonzepten auch weiterhin ein Schlüsselement. Die Herausforderung für die



10 Mr. Toshiaki Tanaka

Motorentwickler besteht in der weiteren Effizienzsteigerung bei steigendem Kostendruck.

Der durchgängige Trend zu Turboaufladung und Direkteinspritzung, die unklare Prognose der Stückzahlverteilung der Verbrennungskonzepte und die Forderungen nach flexibler Positionierung lassen eine einheitliche Familienarchitektur mit Gleichteile- und Gleichbearbeitungskonzepten zur Lastenheftforderung für zukünftige Otto- und Dieselfamilien werden.

Schlüsselkriterien sind dabei konsequenter Leichtbau sowie die Optimierung des mechanischen Wirkungsgrads durch Reibungsreduktion und bedarfsgeregelte Aggregatesteuerung. Eine hohe Funktionsintegration bei gleichzeitiger Modulbildung stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Reduktion der Komplexität des Antriebsaggregats sowie zur Minimierung der Packageabmessungen dar.

Die Auswirkungen auf die Komponentenkosten als auch auf die Umsetzbarkeit, bei begrenzten Investitionsaufwänden unter bestehenden Rahmenbedingungen in der Fertigung, sind wesentliche Entscheidungskriterien für die Einführung neuer Technologien.

Gezielter Leichtbau sowie Konzepte mit kostengünstigen Gießverfahren bieten auch für die Motorhauptkomponenten erhebliches Potenzial.

Am Kurbelgehäuse stehen Funktionsintegration sowie extreme Dünngusskonzepte mit Eisenwerkstoffen im Wettbewerb mit Aluminiumkonstruktionen.

Am Zylinderkopf bietet eine modulare Architektur Chancen für den erweiterten Einsatz von kostenoptimiertem Druckguss.

Im Beitrag werden die wesentlichen Potenziale am Grundmotor hinsichtlich Auslegung, Architektur, Reibung, Wirkungsgrad, Gewicht und Kosten identifiziert und in einer Kosten/Nutzen-Betrachtung im Hinblick auf CO₂-Reduktion bewertet.

Dr.-Ing. S. Spangenberg (Vortragender), **Dipl. Wirt.-Ing. J. Adelmann**, **Dr.-Ing. T. Hettich**, **A. Hammen**, MAHLE GmbH, Stuttgart: „EVOLITE – Leichtbaukolben für reibleistungsoptimierte Ottomotoren“:

Der Vortragende beschreibt, wie die MAHLE-Kolbentechnologie den steigenden Anforderungen von modernen, hoch effizienten Ottomotoren gerecht wird. Der neue MAHLE-Leichtbaukolben EVOLITE

entstand aus der konsequenten Weiterentwicklung des Vorgängerkolbens EVOTEC 2 auf Basis des EVOTEC-Prinzips.

Dieses Prinzip zeichnet sich gegenüber Konstruktionsprinzipien vorheriger Jahrzehnte durch eine umgekehrte Asymmetrie der Kolbengeometrie für Druck- und Gegendruckseite aus. Eine schmale Druckseite wird mit einer für die Führung des Kolbens breiten elastischen Gegendruckseite kombiniert.

Im leichten und robusten EVOTEC-2-Kolben sind Varianten mit Ringträger oder Kühlkanal verfügbar.

Mit dem EVOLITE wird das EVOTEC-Prinzip fortgeschrieben und die Asymmetrie weiter verstärkt. Durch geometrische Optimierungen der Kastenwandanbindung an Schaft und Boden wird gegenüber dem EVOTEC 2 die Lebensdauer je nach Position bis auf das achtfache vergrößert, während das Gewicht um bis zu 5 % sinkt. Die für niedrige CO₂-Emissionen wichtige Reibung wird mit der neuen Kolbenbauart ebenfalls reduziert.

KOOPERATIONEN/DIESELMOTOREN

Prof. Dr. U. D. Grebe, AVL List GmbH, Graz: „Herausforderungen der Globalisierung – Wie ändert sich die Zusammenarbeit in der Automobilindustrie?“:

Die Automobilindustrie verändert sich derzeit infolge des Wachstums in den BRIC-Staaten und der stark zunehmenden Komplexität durch die wachsende Zahl von Produktvarianten. Die etablierten Automobilhersteller und die Zulieferindustrie globalisieren ihr Geschäft durch Lokalisierungen sowie durch das Eingehen von Allianzen und Joint Ventures. Teilweise wurden in den Wachstumsmärkten Automobilunternehmen gegründet.

Die zu erbringenden Entwicklungsleistungen nehmen stark zu. Eine nahtlose Zusammenarbeit zwischen den Automobilherstellern und der Zulieferindustrie ist zwingend erforderlich. Insbesondere die Engineering-Dienstleister müssen ihre globale Präsenz an die Bedürfnisse der Hersteller anpassen und sich in deren Prozesse integrieren. Ihre regionalen Entwicklungszentren müssen die Bedürfnisse der Kunden vor Ort erfüllen und gleichzeitig vernetzt sein, um das Wissen der Engineering-Dienstleister optimal zu nutzen.

Zur Beherrschung der Variantenvielfalt ist eine verbesserte Entwicklungsmethodik erforderlich, die es erlaubt, Entwick-



Dr. Herbert Diess

lungstätigkeiten effizienter durchzuführen. Insbesondere müssen Arbeitsinhalte von der Straße auf den Prüfstand und in die virtuelle Welt verschoben werden. Mithilfe von Simulationsmodellen, die eine Durchgängigkeit entlang der gesamten Prozesskette erlauben, kann die Entwicklung und Applikation von Varianten deutlich schneller erfolgen.

Dr. H.-J. Neußer, **Dipl.-Ing. J. Kahrstedt** (Vortragender), **Dipl.-Ing. H. Jelden**, **Dipl.-Ing. R. Dorenkamp**, **Dr. rer. nat. T. Düsterdiek**, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Die EU 6-Motoren des Modularen Dieselmotorkastens von Volkswagen – innovative motornaher Abgasreinigung für weitere NO_x- und CO₂-Minderung“:

Im Zuge der Einführung der Euro-5-Motoren des Modularen Dieselmotorkastens werden weitere Maßnahmen sowie die Integration der DeNO_x-Abgasnachbehandlung für die Euro-6-Motoren aufgezeigt. Die modulare Basis wird bereits für die zusätzlichen Motormaßnahmen ausgelegt und ermöglicht zudem einen alternativen Einsatz der NO_x-Speicherkatalysator- oder der SCR-Technik.

Mit den nachfolgend angeführten Komponenten können die NO_x- und CO₂-Emissionen in verschiedenen Motorbetriebsbereichen im Hinblick auf die zukünftigen Anforderungen reduziert werden. Der Konzern hat eine vollständig neue Motorsteuergeräte-Software entwi-

ckelt, um die gestiegene Komplexität der Motorfunktionen zu beherrschen.

Wesentliche Bausteine der Euro-6-TDI-Motoren sind:

- : SCR-System
- : NO_x-Speicherkatalysator zur Erfüllung Euro 6
- : Hochdruck-Abgasrückführung durch den Zylinderkopf
- : Hochdruck-Einspritzsystem
- : Integriertes Ventiltriebsmodul mit VVT-Steller
- : Saugrohr mit integriertem Ladeluftkühler und Hochdruck-AGR-Ventil.

Dipl.-Ing. U. Baretzky (Vortragender),

Dipl.-Ing. H. Diel, Dipl.-Ing. W.

Kotauschek, Dr.-Ing. P. Kuntz, Dipl.-Ing.

(FH) S. Dreyer, Dipl.-Ing. A. Schneider,

Dr.-Ing. W. Ullrich, Dr.-Ing. M.

Mühlmeier, AUDI AG, Ingolstadt und

Neckarsulm; **Dipl.-Ing. W. Hatz**, Dr. Ing.

h. c. F. Porsche AG, Weissach: „Der 3,7 l V

6 TDI für die 24h von Le Mans – Sieg einer neuen Idee“:

Mit den Siegen beim 24-Stunden-Rennen von Le Mans im Jahr 2011 und 2012 hat AUDI bewiesen, dass auch Rennmotoren mit deutlich kleineren Hubräumen als bisher äußerst erfolgreich sein können. Dank zahlreicher innovativer Technologien und einer ungewöhnlichen, wegweisenden Architektur bildet dieses sehr kompakte Aggregat die Grundlage für eine Serie von Rennsiegen, zuletzt als „e-tron quattro“ in Kombination mit einem Elektroantrieb. Bislang unerreicht niedrige Verbräuche machen diesen Motor erneut zu einem Technologieträger für Entwicklungen, die zuerst im härtesten Langstreckenrennen erprobt werden, um dann den Kunden zur Verfügung zu stehen, so Baretzky.

MOTORSTEUERUNG, EINSPRITZUNG, VALIDIERUNG

Dr.-Ing. D. Schöppe (Vortragender),

Dr.-Ing. H. Zhang, Dr.-Ing. G. Rösel,

Dr.-Ing. E. Achleitner, Dipl.-Ing. F.

Kapphan, Dipl.-Ing. H. Dupont,

Continental, Regensburg und Toulouse:

„Nächste Generation Motorsteuerungssysteme für die Benzin-Direkteinspritzung“:

Der Verbrennungsmotor wird mindestens für die nächsten 15 bis 20 Jahre die dominante Antriebsquelle im Straßenverkehr bleiben. Moderne Verbrennungsmotoren werden durch zusätzliche technische Maßnahmen wie Benzin-Direkteinsprit-

zung immer sauberer, verbrauchsärmer und leistungsfähiger.

In diesem Vortrag steht die Gesetzgebung zu Emissionen und Kraftstoffverbrauch sowie die Marktentwicklung der Antriebstechnologien im Zentrum.

In Europa wird ab 2017 die Abgasnorm Euro 6c mit strengen Partikelanzahl-Grenzwerten eingeführt. Bis 2020 wird der CO₂-Ausstoß auf 95 g/km limitiert. Der Vortragende erläutert die Auswirkung der neuen Test-Zyklen WLTC (Worldwide Harmonized Light Duty Driving Test Cycle) und RDE (Real Driving Emissions) auf Emissionen und Kraftstoffverbrauch ebenso wie die unterschiedlichen Maßnahmen zur Emissions- und CO₂-Reduktion beim hubraumreduzierten Turbo-Benzindirekteinspritz-Motor. Im Einzelnen umfasst dies die folgenden Technologien:

- : Luftpfad inklusive Ventilvariabilitäten, Niederdruckabgasrückführung, Turboaufladung
- : Potenziale durch verschiedene Hybridisierungsgrade
- : Zukunftspotenziale durch weiterentwickelte Einspritzsysteme
- : Funktionen zur Emissionsreduktion (Kaltstart und Warmlauf)
- : neue Funktionen im Zusammenhang mit fehlendem Saugrohrdruck wie Tankentlüftung mit HC-Sensor und aktiver Spülpumpe.

Y. Shinohara (Vortragender), **A. Kojima,**

K. Takeuchi, S. Matsumoto, DENSO

Corporation, Aichi-ken, Japan;

M. Nakagawa, O. E. Herrmann, DENSO

Automotive Deutschland GmbH, Weg-

berg: „Neue Lösungen zur Optimierung

eines Welt-Diesel-Einspritzsystems im

Hinblick auf zunehmend diversifizierte Kraftstoffe“:

Das neu entwickelte Diesel-Motor-Management-System von DENSO mit der Bezeichnung „D-FRESH“ (Diesel-Fuel Robust Engine Shining) wurde im Hinblick auf den weltweiten Einsatz von Dieselmotoren ausgelegt und leistet somit einen Beitrag zur weiteren Verbreitung dieselangetriebener Fahrzeuge und Maschinen. Der Schwerpunkt der Entwicklung liegt auf Common-Rail-System-Komponenten und Sensoren, welche unabhängig von Einsatzort, Kraftstoffqualität sowie anderen Umgebungsbedingungen eine optimale Verbrennung sicherstellen können.

Um die zunehmend strengeren Emissionsnormen und Anforderungen an Wirkungsgradsteigerungen beziehungsweise

Reduktion der CO₂-Emissionen zu erfüllen, liegt der Fokus von Neuentwicklungen traditionell auf der Steigerung der Einspritzdrücke sowie einer Verbesserung der Mengenzumessgenauigkeiten. Dies zielt maßgeblich auf die hochentwickeltesten Regionen wie zum Beispiel Europa ab, während die neuen Märkte – Indien, China, Brasilien oder andere Schwellenländer – mit bestehender Technologie abgedeckt wurden. Die spezifischen Anforderungen neuer Märkte fordern jedoch spezifische und neue Lösungen. Zur weiteren Verbreitung von Dieselfahrzeugen wurde bereits in der Konzeptphase von D-FRESH der weltweite Einsatz mit sich ändernden Kraftstoffqualitäten und Umweltbedingungen geplant.

Hierbei sind mehrere Bereiche abzudecken: Erstens müssen robuste und effizienzgesteigerte Common-Rail-System-Komponenten entwickelt und validiert werden. Zweitens muss sichergestellt sein, dass Sensoren und intelligente Steuergerätefunktionen in diese Komponenten integriert werden können, um ein Diesel-System hervorzubringen, welches unter sich ändernden Umgebungs- und Kraftstoffbedingungen die optimale Verbrennung sicherstellen kann. Drittens ist ein entsprechendes System zur Abgasnachbehandlung vorzusehen, welches den weltweiten Einsatz mit hohen Konversionsraten auch in Zyklen mit extrem niedrigen Abgastemperaturen erlaubt.

Dipl. Wirtsch.-Ing. (FH) M. W. Ott

(Vortragender), **Dipl.-Ing. C. Holtkötter**,

MBtech Group GmbH & Co. KGaA, Sindelfingen;

Dr. W. Rossegger (Vortragender),

Kristl, Seibt & Co GesmbH, Graz:

„Endlich Road to Rig: Durchgängige Entwicklungsmethodik mittels innovativem Prüfstandssystem für die vollumfängliche Validierung von alternativen Antriebssystemen“:

Ein neuartiger Antriebs-System-Prüfstand (ASP) ermöglicht die Validierung von alternativen Gesamt-Antriebssträngen und auch von Gesamtfahrzeugen. Die komplexen Abhängigkeiten zwischen elektrifiziertem Antriebsstrang und Gesamtfahrzeug werden von Simulation über Komponentenversuch und Erprobung im Fahrzeug unter realen Bedingungen – mechanischer und elektrischer Belastung sowie Umgebungstemperaturen – dargestellt.

Kernstück des Antriebs-System-Prüfstands ist für konventionelle ebenso wie für alternative Antriebe das neue Prüf-

MÖGLICHKEITEN	48 V / 12 V-BORDNETZ	12 V-BORDNETZ
Energieversorgung für zukünftige Verbraucher	✓	✗
Hoher Elektrifizierungsgrad des Antriebsstrangs	✓	✗
Erhöhung der Start/Stop-Schwelle (Redundanz)	✓	✗
Hohe Rekuperationsleistungen	✓	✗
Downsizing des physikalischen Bordnetzes	✓	✗
Kostengünstiges Mild-Hybrid-Konzept – iHEV 48 V	✓	✗

12 Zusammenfassung einiger Möglichkeiten durch das Zwei-Spannungsbordnetz

standskonzept R2R (Road to Rig), mit dem nach minimaler Rüstzeit und ohne Parametrierungsaufwand für die Regelungstechnik, der Prüfling wie auf der Straße belastet wird. Die Assistenzsysteme des Fahrzeugs sind während des Prüflaufs auf dem Prüfstand aktiv. Die Ergebnisse von Vergleichsmessungen zwischen Straße und Prüfstand belegen, dass selbst in Extremsituationen wie Eisplatte und ABS-Bremse der Anspruch „Road to Rig“ erfüllt wird.

ELEKTRIFIZIERUNG ANTRIEBSSTRANG

Dipl.-Ing. M. Forissier, Dipl.-Ing. D. Zechmair, Dr.-Ing. O. Weber (Vortragender), **Dipl.-Ing. M. Criddle, Dipl.-Ing. D. Durrieu, Dipl.-Ing. V. Picron, P. Menegazzi, PhD, Dipl.-Ing. K. Surbled, Dipl.-Ing. Y. Wu**, Valeo Powertrain Systems, Cergy Pontoise: „Die Elektrische Zusatzaufladung: Verbessertes transientes Verhalten sowie reduzierte CO₂- und NO_x-Emissionen zur gleichen Zeit?“:

Die elektrische Zusatzaufladung ist eine vielversprechende Technologie, die die Zukunft der Motor-Roadmap durch erschwingliche Elektrifizierung und Unterstützung der Downsizing- und Downsizing-Strategien mit CO₂-Kraftstoffverbrauchs-Reduktion und gleichzeitiger Verbesserung der Emissionen beeinflussen kann. Ein weiterer Kundennutzen ist die verbesserte Fahrbarkeit und die Entfernung des Turbochokes mit einer starken und gleichförmigeren Beschleunigung. Diese Technologie ist auch in Kombination mit „Kinetic Energy Recovery“ als alternative Hybridisierung sehr vielversprechend. Da die Energie-Rekuperation während der Verzögerung oder der Bremsphase erfolgt, die immer einer Beschleunigungsphase folgt, gibt es einen völlig symmetrischen Energiefluss, der eine Energiebalance ermöglicht.

Mit fortschreitender Weiterentwicklung der elektrischen Zusatzaufladung kristallisiert sich eine Vielzahl neuer potenzieller Anwendungen und Vorteile heraus: Downsizing und Downsizing von Otto- und Diesel-Motoren sowie sportliche Anwendungen mit enormer Dynamik. Es gibt natürlich auch Saugmotoren mit hohen Kompressionsraten und die Miller-Zyklus-Strategie zur signifikanten Leistungssteigerung, was potenziell kostengünstiger als die Hybrid-Lösung ist. Die elektrische Zusatzaufladung und die gekühlte AGR können effizient kombiniert werden. Damit erfolgt eine stärkere Vermischung unter transienten Bedingungen, verbessertes Scavenging-Verhalten und eine bessere transiente Regelung, die die Leistungsgrenzen der modernen Verbrennungsmaschine erweitert.

Dipl.-Ing. J. Bast, Dr. rer. nat. M. Kilger (Vortragender), **W. Galli, Dipl.-Ing. A. Eiser, Dipl.-Ing. H.-W. Vaßen, Dipl.-Ing. I. Kutschera**, AUDI AG, Ingolstadt und Neckarsulm: „Die Chancen des Antriebsstrangs durch das 48V-Bordnetz“:

Dieser Vortrag zeigt die Chancen des Antriebsstrangs durch das 48-V-Bordnetz auf. Im ersten Schritt wird die Motivation für eine neue Spannungslage im Fahrzeugbordnetz erörtert und im Anschluss der Aufbau und die Komponenten des Zwei-Spannungsbordnetzes beschrieben.

Neben den Vorteilen der Elektrifizierung des Verbrennungsmotors und der Möglichkeit eines elektrischen Bi-Turbo-Konzepts liegt der Schwerpunkt des Beitrags auf dem iHEV-48-V-Mild-Hybrid-Konzept von Audi, das auf Basis des Zwei-Spannungsbordnetzes aufbaut und dessen Vorteile für den Antriebsstrang maximal ausnutzt.

Für eine umfassendere Betrachtung werden die Vorteile des Zwei-Spannungsbordnetzes im Gesamtfahrzeug dargestellt. Dabei wird auf die Möglichkeiten

für das physikalische Fahrzeugbordnetz und für Fahrwerksregelsysteme eingegangen.

Das 48-V-Bordnetz ist die sinnvolle Erweiterung des etablierten 12-V-Bordnetzes und schafft damit die Infrastruktur für die effektive Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Das Netz bietet die Basis für neue innovative Systeme und Funktionen im Automobil, die mit dem reinen 12-V-Bordnetz nicht möglich wären. Abbildung 12 fasst einige dieser Möglichkeiten zusammen, die auf Basis des Zwei-Spannungsbordnetzes sinnvoll erschlossen werden können.

Dipl.-Ing. D. Semmler (Vortragender), **Dipl.-Ing. (FH) J. Kerner, Dr. L. Spiegel, Dipl.-Ing. O. Bitsche, Dipl.-Ing. (FH) T. Rauner, Dipl.-Ing. I. Stache, Dipl.-Ing. (FH) M. Marques**, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach: „Der Antriebsstrang des Porsche Panamera S E-Hybrid“:

Im neuen Panamera S E-Hybrid präsentiert Porsche das erste in Serie produzierte Plug-in-Hybridkonzept für die Oberklasse. Der Antriebsstrang stellt die konsequente Weiterentwicklung der am Markt bereits erfolgreichen Vollhybrid-Fahrzeuge dar. Er wurde überarbeitet, um niedrigste Verbrauchswerte zu erreichen und vorzeitig zukünftigen Emissionsgesetzen zu genügen. Die Leistungsfähigkeit und der Wirkungsgrad der Hybridkomponenten konnten gesteigert werden, um sowohl die elektrischen Fahrleistungen als auch die elektrische Reichweite signifikant zu verbessern. Wesentlichen Anteil daran hat die neue E-Maschine. Im bisherigen Bauraum konnte unter anderem die Leistung auf 70 kW mehr als verdoppelt werden. Zusätzlich ermöglicht eine neue intelligente Betriebsstrategie die Erfüllung der Euro-6-Abgasgrenzwerte.

Neben wirkungsgradsteigernden Maßnahmen trägt insbesondere die Lithium-Ionen-Batterie mit einer Kapazität von 9,4 kWh zu einer Reichweitensteigerung bei. Durch die höhere Energiedichte der neuen Zelltechnologie benötigt die Batterie nur unwesentlich mehr Bauraum im Vergleich zum Panamera S Hybrid.

Das Fahrzeug erreicht im rein elektrischen Betrieb eine Höchstgeschwindigkeit von 135 km/h (abgeregelt) und hat eine elektrische Reichweite im NEFZ-Fahrprofil von 36 km. Markentypische Fahrleistungen werden durch eine Systemleistung von 416 PS (306 kW) sichergestellt. Im NEFZ-Normverbrauch bleibt

der E-Hybrid mit 3,1 l/100 km und CO₂-Emissionen von 71 g/km überzeugend sparsam.

ABGASNACHBEHANDLUNG

Dr. rer. nat. L. Krämer (Vortragender), **Dipl.-Ing. G. Buschmann, Dipl.-Ing. L. Stiegler, Dipl.-Ing. F. Bunar**, IAV GmbH, Berlin; **Prof. S. Richardson, Dipl.-Ing. K. F. Hansen**, Jaguar Land Rover Limited, Whitley: „Mit der Diesel-Abgasnachbehandlung auf dem Weg zum ‚Super-Ultra-Niedrig-Emissionsfahrzeug‘ (SULEV)“:

Die amerikanische Gesetzgebung zur Regulierung des mittleren Flottenverbrauchs der Fahrzeuge eines Herstellers („CAFE“) verlangt eine kontinuierliche Absenkung des Kraftstoffverbrauchs von Personenkraftwagen (Pkw). Da Diesel-Pkw weniger Kraftstoff verbrauchen als vergleichbare Otto-Pkw und zudem eine größere Reichweite ermöglichen als Elektrofahrzeuge, ist die Erhöhung des Diesel-Marktanteils eine vielversprechende Option, um die zukünftigen Marktanforderungen zu erreichen. Eine Erhöhung des Diesel-Marktanteils würde allerdings auch die Erfüllung von Emissionsgrenzwerten für Stickoxide (NO_x) und Kohlenwasserstoffe (NMOG) erfordern, die unterhalb dessen liegen, was mit heutigen Serientechnologien darstellbar ist.

In diesem Vortrag wurde ein Abgasnachbehandlungskonzept entwickelt, um mit einem Jaguar XF, angetrieben von einem 2,2-l-Reihendieselmotor, die Emissionsgrenzwerte eines „Super-Ultra-Niedrig-Emissionsfahrzeugs“ (SULEV) zu erreichen. Das Konzept wurde aus einer Vielzahl möglicher Varianten mit Hilfe einer validierten Gesamtsystemsimulation ausgewählt und besteht aus einem motornahen, elektrisch beheizbaren Katalysator (EHC), einem integrierten System aus Diesel-Partikelfilter, selektiver katalytischer Reduktion (SCR/DPF) sowie einem Unterboden-SCR-Katalysator. Die Dosierung und Reduktionsmittelaufbereitung von „AdBlue“ wird für einen sehr kompakten Bauraum simulationsunterstützt optimiert. Eine hohe Reduktionsmittelgleichverteilung am SCR/DPF-Eintritt wird durch den Einsatz eines für diese Anwendung angepassten Mischers sowie eines optimierten wassergekühlten Dosiersystems erreicht. Der Vortragende zeigt, dass eine Erhöhung der Tieftemperaturaktivität

der Abgasnachbehandlung durch die Verwendung neuer Katalysatortechnologien sowie einer angepassten Heizstrategie erreicht werden kann. Die Kombination aus modellgestützter Kalibrierung der motorischen Verbrennung sowie des elektrischen Heizens erlaubt eine Optimierung des Zielkonflikts zwischen Aufheizverhalten und Kraftstoffverbrauch.

Nachdem der Vortragende das Potenzial zur Erreichung der SULEV-Emissionsanforderungen mithilfe des entwickelten Abgasnachbehandlungskonzepts aufgezeigt hat, erklärt er, wie sich die getroffenen Maßnahmen auf den Kraftstoffverbrauch, die Regelung und Diagnose sowie auf die Treibhausgasemissionen auswirken. Die Wettbewerbsfähigkeit von Diesel-Fahrzeugkonzepten für eine künftige Zertifizierung nach SULEV hängt sehr stark von mehreren, hier nicht näher untersuchten Faktoren ab (wie zum Beispiel Dauerhaltbarkeit, Gesamtsystemkomplexität, Bauraumbedingungen, Kraftstoffqualität und Gesamtkosten).

Dipl.-Ing. J. Gerhardt (Vortragender), **Dr. T. Heiter, Dipl.-Ing. C. Kern, Dr. R. Maier, Dr. D. Samuelsen, Dr. M. Strobel, Dr. D. Welting**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: „Denoxtronic 5 und weitere BOSCH-Systemlösungen zur Erfüllung der ‚Post EU 6‘-Anforderungen“:

Nach ihrer ersten Einführung in 2014 wird die Euro-6-Emissionsgesetzgebung voraussichtlich in 2017 auf einen neuen dynamischeren Testzyklus (WLTC, Worldwide Harmonized Light Duty Test Cycle) umgestellt und um die Limitierung von Emissionen im realen Fahrbetrieb erweitert (RDE, Real Driving Emissions). Auch bei unveränderten Euro-6-Emissionsgrenzwerten haben beide Änderungen Einfluss auf die Auslegung der Abgasnachbehandlungssysteme für moderne Dieselfahrzeuge. Langfristig tragfähige Systemlösungen müssen diese zukünftigen Anforderungen schon heute berücksichtigen.

Auf Basis der heute bekannten gesetzlichen Anforderungen im „Post Euro 6“-Zeitraum stellt dieser Vortrag spezifische Systemlösungen von Bosch für die Abgasnachbehandlung in unterschiedlichen europäischen Fahrzeugsegmenten vor. Unter Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen berücksichtigt jede dieser Lösungen dabei klassenspezifische Herausforderungen wie zum Beispiel unterschiedliche Fahrzeuggewichte und/oder Motorleistungen.

Für viele dieser Systemlösungen sind sowohl ein robustes, kostengünstiges SCR-System als auch die Diagnose der kompletten Abgasnachbehandlung entscheidende Bausteine. Daher rundet eine Vorstellung von drei Neuentwicklungen von Bosch diesen Vortrag ab. Neben dem standardisierten und kostenreduzierten AdBlue-Dosiersystem Denoxtronic 5.1 und dessen Weiterentwicklung werden aktuell die Serieneinführung eines Sensors zur Diagnose des Partikelfilters sowie ein neuartiger NO_x-Sensor vorbereitet.

Dr. K. Harth (Vortragender), **Dr. K. Wassermann, Dr. M. Arnold**, BASF Corporation, Iselin, NJ, USA; **Dr. S. Siemund, Dr. A. Siani, Dr. T. Schmitz, Dr. T. Neubauer**, BASF Catalysts Germany GmbH, Hannover: „Katalysierte Benzin Partikelfilter: Integrierte Lösungen für strenge Emissionsregulierungen“:

Die kommende Euro-6-Norm wird neben den bekannten Grenzen für Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxide (NO_x) auch eine strengere Kontrolle der Feinstaub-Emissionen von benzinmotorgetriebenen Fahrzeugen festlegen. Die Europäische Kommission hat beschlossen, neue Maßstäbe für die maximale Anzahl von Partikeln in zwei Phasen zu implementieren. Phase 1 wird mit einem anfänglichen Grenzwert von 6×10^{12} /km im Jahr 2014 beginnen, gefolgt durch die Phase 2 (Euro 6c) mit einem strengeren Standard von 6×10^{11} /km im Jahr 2017. Darüber hinaus müssen die Real-Fahremissionen (Real-Driving Emissions, RDE) ab 2017 betrachtet werden.

Derzeit werden drei Ansätze verfolgt, um diese anspruchsvollen Vorgaben der Partikel-Gesetzgebung zu erfüllen:

1. Änderungen an Motor-Hardware und Motorsteuerungsstrategien
2. Anwendung eines nicht-katalysierten Filters zum Abgassystem
3. Verwendung eines katalysierten Benzin-Partikelfilters (catalyzed Gasoline Particulate Filter, c-GPF).

Die Potenziale und die Grenzen dieser Konzepte werden angesprochen. Die Einführung von Filtern in Drei-Wege-Katalysator-Systemen (Three-Way-Conversion, TWC) wird als die nachhaltigste Lösung zur Erfüllung der Euro-6-Grenzen, der RDE-Anforderungen und der Anforderung einer langfristigen Haltbarkeit angesehen. Während Ansatz 2 unter einem drastisch erhöhten Gegendruck und höheren Systemkosten leidet, ermöglicht die Integra-

tion der TWC-Technologie auf dem Filter – der katalysierte Benzin Partikelfilter (c-GPF) wie in Ansatz 3 beschrieben – intelligente Lösungen, um den Gegendruck und Systemkosten zu reduzieren. Der Vortragende präsentiert und diskutiert die neuesten Ergebnisse hinsichtlich Filtrationseffizienz, Gegendruck und TWC-Leistung sowie Lebensdauer von TWC-Systemen mit integriertem katalysierten Benzin-Partikelfilter.

AUFGELADENE OTTOMOTOREN

Dipl.-Ing. T. Uhlmann (Vortragender), **Dr.-Ing. R. Aymanns**, **Dr.-Ing. J. Scharf**, FEV GmbH, Aachen; **Dipl.-Ing. D. Lückmann**, **Dipl.-Ing. B. Höpke**, RWTH Aachen University; **Dipl.-Ing. M. Scassa**, FEV Italia S.r.l., Rivoli; **Dr.-Ing. N. Schorn**, **Dr.-Ing. H. Kindl**, Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Aachen: „Entwicklung und Auslegung von zweiflutigen Turbinen für hochaufgeladene Ottomotoren der nächsten Generation“:

Die Auslegung von zweiflutigen Turbinen in der 1-D-Motorprozesssimulation ist komplex. Ein erfolgreicher Matching-Prozess setzt die physikalische Modellierung des Gesamtsystems, bestehend aus Motor und Aufladesystem, voraus.

In diesem Vortrag wird eine Methode zur Vermessung von zweiflutigen Turbinen am ATL-Brennkammerprüfstand der FEV vorgestellt. Dieses Verfahren ermöglicht es, die Strömungszustände der Turbine, die im pulsierenden motorischen Betrieb auftreten, im stationären Betrieb am ATL-Brennkammerprüfstand physikalisch zu berücksichtigen. Die Methode basiert unter anderem auf der Vermessung mit zwei Brennern (jeweils einen pro Flut) und auf einem eingeführten Parameter zur Beschreibung des Strömungszustands ($MFR = \text{Mass Flow Ratio}$).

Der Vortragende präsentiert eine neuartige Methode zur Integration und Berücksichtigung der Ergebnisse vom ATL-Brennkammerprüfstand in 1-D-Motorprozessrechnung. Im Vergleich zur Referenzmethode lässt sich das Verhalten der zweiflutigen Turbine in Abhängigkeit des Trennungsverhaltens der Fluten unter motorischen Randbedingungen physikalisch beschreiben. Dies ermöglicht die präzise Auslegung der Turbine in Abhängigkeit der Flutentrennung für einen definierten Zielmotor. Dadurch kann die Anzahl der ATL-Prototypen und die



13 Plenar-Schlusssektion v. r. n. l.: Prof. Weber, Prof. Gutzmer, Prof. Winterkorn, Prof. Lenz

dadurch erforderliche Messzeit am Motorprüfstand deutlich reduziert werden.

Dr.-Ing. M. Hart (Vortragender), **Dr.-Ing. J. Gindele**, **Dipl.-Ing. T. Ramsteiner**, **Dr.-Ing. G. Thater**, **Dipl.-Ing. B. Tschamon**, **Dipl.-Kfm. techn. M. Karres**, **Dipl.-Ing. B. Keiner**, **Dr.-Ing. J. Fischer**, Mercedes-AMG GmbH, Affalterbach: „Der neue Hochleistungsvierzylinder-motor mit Turboaufladung von AMG“:

Für die neue AMG A-Klasse „A 45 AMG“ wurde auf der geometrischen Basis des bereits bekannten quer eingebauten Vierzylindermotors M270 der BlueDIRECT-Familie von Mercedes ein 2,0-l-Hochleistungsaggregat entwickelt, das in seiner Klasse neue Maßstäbe in Bezug auf Performance und Effizienz setzen wird.

Neben tiefgreifenden Modifikationen am Grundmotor, wie zum Beispiel der Neukonstruktion des Kurbelgehäuses und des Kühlkreislaufs, ist eine komplette Neuentwicklung der ein- und auslassseitigen Ladungswechselsysteme erforderlich. Dabei besteht die wesentliche Herausforderung darin, eine maximale Entdrosselung der Roh- und Reinluftansaugung sowie der Abgasanlage zu erreichen, ohne aufwendige Änderungen im gegebenen Fahrzeugpackage umsetzen zu müssen. Dies ist Voraussetzung für eine optimale Lage des Verbrennungsschwerpunkts und eines für diese spezifische Leistung und Hubraumgröße bei Serienaggregaten bisher unerreichten Ansprechverhaltens. Ein weiterer Entwicklungsschwerpunkt

ist die Auslegung des Temperaturmanagements im sehr kompakten Motorraum.

Aus dem Serienkonzept konnten die in zahlreichen Serienaggregaten bewährten Komponenten der Hochdruckeinspritzanlage mit zentraler Piezo-Injektorlage, der Zylinderkopf und der komplette Nebenaggregatetrieb übernommen werden. Auch dieses neue Aggregat wird im Mercedes-AMG-Produktionskonzept „one man – one engine“ montiert. Es nutzt in Teilkomponenten, wo immer möglich, die im Konzern verfügbaren Produktions- und Fertigungsanlagen und erfüllt wie alle AMG-Aggregate die hohen Qualitätsanforderungen der Marke.

S. Minakawa (Vortragender), **T. Onoyama** (Vortragender), **T. Ishizuka**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: „Der neue Nissan FF Hybrid mit 4-Zylinder 2.5L Kompressormotor – ein neuer Ansatz zur Powersource Evolution“:

Nissan bringt 2013 eine Technologie-kombination von einem Einmotor-Zweikupplungs-Parallel-Hybridssystem mit einem Vierzylinder-2,5-l-Kompressormotor für den neuen Nissan Pathfinder HYBRID und den Infiniti QX60 HYBRID auf den Markt.

Dieses Hybridssystem hat drei Vorteile:

1. signifikante Verbesserungen im Kraftstoffverbrauch, auch bei Autobahnfahrten
2. besseres Ansprechverhalten und eine bessere Griffbarkeit
3. Leichtbausystem und günstige Herstellung.

Nissan hat das Einmotor-Zweikupplungs-System mit einer neuen CVT-Generation ohne Drehmomentwandler kombiniert und dies mit einem verkleinerten Vierzylinder-2,5-l-Kompressormotor verbunden, der einen besseren Kraftstoffverbrauch hat und Fahrleistungen eines 3,5-l-V6-Motors bietet.

Die folgenden Technologien wurden entwickelt, um dieses Hybrid-System zu bauen:

- : kompakte Li-Ionen-Batterien mit hoher Leistung
- : innovatives, präzises Management von Motor und Kupplung bei Hochgeschwindigkeit.

Zusätzlich kommen neue Technologien zum Einsatz: beim Motor ein Vierflügel-Ladedruckkompressor mit präziser elektrischer Ladedruckregelung und beim Getriebe ein Kettenantrieb, der für hohe Effizienz und geringe Reibung mit breitem Deckungsgrad sorgt.

Der Vortrag gibt einen Überblick über das gesamte System, stellt die Schlüsseltechnologien vor und erklärt, wie ein niedrigerer Kraftstoffverbrauch erreicht wird, der mit dem Verbrauch der Kleinwagen-Klasse vergleichbar ist.

NEUE DIESELMOTOREN

Ing. G. Boretto (Vortragender), **Ing. R. Golisano**, **Ing. M. Scotti**, **Ing. P. Antonioli**, **Ph.D. R. M. Frank**, **Ing. G. Rovatti**, General Motors Powertrain Europe s.r.l., Torino; **Dipl.-Ing. M. Weßlau**, Adam Opel AG, Rüsselsheim: „Der Start einer neuen Dieselmotoren-generation von General Motors – der effiziente und leistungsstarke 1.6 Liter Euro 6 Dieselmotor“:

Die größte Herausforderung der Automobilindustrie für die nächste Dekade ist zweifelsfrei die Reduzierung der CO₂-Emissionen. Konventionelle Antriebe mit Verbrennungsmotor werden weiterhin eine dominante Rolle spielen – insbesondere der Dieselmotor wird einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs leisten. Sein hoher thermodynamischer Wirkungsgrad sowie sein Drehmomentpotenzial im unteren Drehzahlbereich sind entscheidende Voraussetzungen für Downsizing und Downspeeding.

Aus diesem Grund hat General Motors einen vollkommen neuen 1,6-l-Vierzylinder-Mid-Size-Dieselmotor entwickelt, der erste einer neuen Generation von

effizienten und kraftvollen Dieselmotoren. Der Fokus der Entwicklung lag dabei auf der Darstellung einer hohen Leistungs- und Drehmomentdichte, exzellentem Kraftstoffverbrauch sowie einem Geräusch- und Vibrationsniveau, wie es heute von modernen Dieselmotoren erwartet wird. Die Schadstoffemissionen werden nach Euro-6-Standard in einem großen Einsatzbereich von B-, C- und D-Segment erreicht. Dafür kommen verschiedene Abgasnachbehandlungssysteme zur Anwendung.

Der Vortragende präsentiert den Basis-motor, das Verbrennungs- und Abgas-nachbehandlungssystem sowie das innovative, intern entwickelte Motor-steuerggerät.

J. Yamano (Vortragender), **K. Ikoma**, **R. Matsui**, **N. Ikegami**, **S. Mori**, **T. Yano**, Honda R&D Co., Ltd., Tochigi, Japan: „Der neue ‚Earth Dreams Technology i-DTEC‘ 1.6L Dieselmotor von Honda“:

Mit der Entwicklung des neuen Honda-Dieselmotors der dritten Generation wurde eine optimale Balance zwischen weiterer CO₂-Reduktion und verbesserter Dynamik erreicht. Der Fokus lag hierbei auf Downsizing und resultierte in der Entwicklung eines kompakten, leichten und hocheffizienten 1,6-l-i-DTEC-Reihenvierzylinder-Dieselmotors.

Durch die Optimierung der Motorsteifigkeit war es möglich, einen Zylinderblock aus Aluminium in Open-Deck-Bauweise zu verwenden. Außerdem konnte das Gewicht erheblich reduziert

werden, indem Motorstruktur und -layout optimiert wurden. Zusätzlich konnte die mechanische Reibung durch eine Gewichtsreduktion der oszillierenden Massen sowie der kleineren Nebenaggregate vermindert werden. Alle diese Innovationen bringen den Motor auf ein mit Ottomotoren gleichen Hubraums vergleichbares Reibungsniveau.

Das Thermomanagement wurde durch ein verbessertes Kühlsystem optimiert. Durch die Einführung von Niederdruck-Abgasführung (LP-EGR) konnte der thermische Wirkungsgrad weiter verbessert werden. Diese Maßnahmen führen zu einem hohen Niveau bezüglich Ladedruck und EGR, womit sowohl der Kraftstoffverbrauch als auch die Emissionen gesenkt werden konnten.

Wie das 2,2-l-Modell ist auch der Civic mit dem 1,6-l-Dieselmotor mit Start-Stopp-Funktion und Bremsenergie-rückgewinnung ausgestattet. Durch diese Maßnahmen konnte die CO₂-Emission auf 94 g/km (3,6 l/100 km) im NEDC reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion um 14,5 % im Vergleich zum Civic mit 2,2-l-Motor, der eine CO₂-Emission von 110 g/km erreicht.

Dr.-Ing. R. Marquard (Vortragender), **Dr.-Ing. G. Töpfer**, DEUTZ AG, Köln:

„Der neue DEUTZ TCD Motor 3.6 – die leistungsstarke und kompakte Motorbaureihe für unterschiedlichste Anwendungen“:

Der neu konzipierte wassergekühlte Vierzylinder-Reihenmotor mit Turboauf-



14 Prominente Gäste bei der Plenar-Schlusssektion v.l.n.r.: Prof. Lenz, Frau Piech, Prof. Piech, Dr. Neußer



15 Prof. Dr. Thomas Weber

ladung TCD 3.6 erfüllt mit einem leistungsstarken Common-Rail-Einspritzsystem sowie einer hocheffizienten Verbrennung mit gekühlter externer Abgasrückführung die Anforderungen für die Emissionsstufen Euro-Stufe III B und US EPA Tier 4 interim. Mit herausragenden Werten für Drehmoment und Nennleistung dringt diese Motorbaureihe in eine Leistungsklasse vor, die bislang nur von hubraumstärkeren Motoren bedient werden konnte. Unterschiedliche Motorabstimmungen gewährleisten für verschiedenste Anwendungen einen geringen Kraftstoffverbrauch bei hoher Motordynamik und Ansprechverhalten.

Ein offenes DVERT-Abgasnachbehandlungssystem – mit Diesel-Oxidationskatalysator in motorferner oder am Motor angebaute Ausführung – ermöglicht einen vollständig wartungsfreien Betrieb des Abgasnachbehandlungssystems unter allen Einsatzfällen und Umgebungsbedingungen. Mit einem Baukastensystem in hoher Variabilität wird jedem Kunden eine einbaugerechte Lösung für einen umweltschonenden Betrieb zur Verfügung gestellt. Optional wird das System durch einen geschlossenen Dieselpartikelfilter ergänzt.

Das vielfältige Spektrum an Applikationen für Landwirtschaft und Industrie bedarf einer flexiblen, auf dem Grundmotor aufbauenden Motorarchitektur, welche den verschiedenen Antrieben und hochvariablen Einbausituationen der Kunden gerecht wird. Die Vielfalt der

Motoren in den unterschiedlichen Anwendungen sowie die weltweite Verwendung, auch in entlegenen Gebieten mit stark variierenden Umwelteinflüssen wie Kälte, Hitze oder Staub, stellen zusätzliche Herausforderungen dar.

NEUE OTTOMOTOREN II

A. Ser (Vortragender), **B. Covin, D. Lefasseur, A. Boiarciuc**, Renault SAS, Rueil-Malmaison und Lardy: „RENAULT Energy TCe 90: Der erste RENAULT 3 Cylinder Motor mit Turboaufladung“:

Ser stellt einen neuen Dreizylinder-Benzinmotor mit Turbolader in seinem Vortrag vor. Dieser 0,9-l-Motor 1 aus der Renault Energy TCe-Familie soll im Wesentlichen in den B- und Entry-Segmenten eingesetzt werden. Er bietet eine Leistung von 66kW (ähnlich einem 1,4-l-Saugmotor) mit niedrigen CO₂-Emissionen an. Er ist „best-in-class“ bezüglich des Kraftstoffverbrauchs und einer der besten Motoren bezüglich seiner CO₂-Emissionen (nur 99 g/km).

Dank der Erfahrung im Bereich von aufgeladenen Benzinmotoren konnte die Verbrennung dieses Motors derart optimiert werden, dass er neben seinem niedrigen Benzinverbrauch außerdem einen guten Fahrkomfort anbietet.

Dieser Motor ist attraktiv wegen seiner Kosten, die zwischen denjenigen von Dieselmotoren und traditionellen Benzinmotoren liegen. Der Motor ist daher eine interessante Lösung für Fahrer mit

einer jährlichen Fahrleistung ab 15.000 km.

M. Kanda (Vortragender), **Dr. E. Matsumura, F. Hattori**, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: „Toyota’s innovatives Konzept für Benzindirekteinspritzung“:

Anfangs wurden Benzindirekteinspritzmotoren entwickelt, um den Verbrauchsvorteil der geschichteten Magermotoren zu nutzen. Mit der Verschärfung der Abgasgesetzgebung wurde die Strategie der meisten Motoren in Richtung homogener, stöchiometrischer Verbrennung gelegt. Geschichtete Magerverbrennung kann während der Katalysatoraufheizphase genutzt werden, um diese zu verkürzen und Abgase zu reduzieren.

Abgasrückführung, weit verbreitet bei Dieselerbrennung, kann auch in Benzinmotoren eingesetzt werden, um den Verbrauch zu senken. Da Partikelemissionen insbesondere bei Direkteinspritzung vorkommen, hat die Abgasgesetzgebung in Europa Grenzwerte unter anderem auch für die Partikelanzahl festgelegt.

Das neue Toyota-Direkteinspritzkonzept (D-4S) mit Saugrohr- und Direkteinspritzung wurde entwickelt, um diesen Herausforderungen zu entsprechen. Verbrennungsgeschwindigkeit und homogene Gemischbildung werden durch Einspritzstrahlauslegung für verbesserte Strömung im Zylinder beeinflusst. Die Partikelanzahl und Ölverdünnung werden durch den Einsatz eines schmalen fächerförmigen Strahls mit einer geschlitzten Düse gering gehalten. Die geschlitzte Düse vermeidet auch Ablagerungen. Die schnelle Katalysatoraufheizung ermöglicht es, sehr niedrige Emissionswerte wie den Super Ultra Low Emission Vehicle Standard (SULEV) in Nordamerika zu erreichen.

F. Ishiguro (Vortragender), **Z. Mashiki, K. Yamanari**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: „Der neue 2.5L 4-Zylinderreihenmotor des Lexus IS300h – Die erneuerte Motorenreihe der Hybridfahrzeuge mit Hinterradantrieb“:

Toyota hat das Toyota Hybrid System (THS) 1997 eingeführt und seither kontinuierlich verbessert. Die Verbreitung dieser Hybridmodelle in vielen Märkten konnte zur Verbesserung der Umweltsituation weltweit beitragen. 2012 präsentierte der Hersteller die erneuerte Vierzylindermotorenserie für frontangetriebene Hybridfahrzeuge auf diesem Sympo-



16 Prof. Dr. Peter Gutzmer

sium, ein Jahr später die Weiterentwicklungen der hinterradangetriebenen Hybridfahrzeuge, insbesondere der D- und E-Segmente. Dabei wurde nicht nur der thermische Wirkungsgrad und der CO₂-Ausstoß verbessert, sondern gleichzeitig die Leistung erhöht. 2012 hat Toyota den 3,5-l-V6-Motor des Lexus GS (2GR-FXE) als ersten Motor dieser neuen Familie in Serie gebracht. 2013 wird der 2,5-l-Vierzylinderreihenmotor im Lexus IS (2AR-FSE) eingeführt.

Die Ingenieure entwickelten diese neuen Motoren mit dem Ziel, eine Spitzenstellung in den Bereichen Kraftstoffverbrauch, sauberes Abgas und Zuverlässigkeit zu erreichen. Die Modifikationen berücksichtigten insbesondere den Einsatz dieses Motors in einem Hybridsystem. Mit der Zielsetzung bester Umweltverträglichkeit hat der Hersteller die Fahrzeuleistung – wie zum Beispiel das Ansprechverhalten bei Beschleunigung – durch die Kombination von erhöhter Motorleistung mit einem neu entwickelten Hybridsystem verbessert.

Ein signifikantes Merkmal der neuen Motorenfamilie ist die neue Generation des D-4S-Systems einschließlich der zwei Einspritzventile für direkte und Kanal-Einspritzung, hohem Kraftstoffeinspritzdruck (mehr als 18MPa) und hohem Kraftstoffdurchfluss. Die neue

Generation des D-4S-Systems erlaubt es, hohe Leistung und einen guten thermischen Wirkungsgrad zu erreichen. Der Einsatz eines gekühlten AGR-Systems im 2AR-FSE Motor trägt zu niedrigem Kraftstoffverbrauch auch auf Autobahnstrecken bei. Extrem reibungsarme Technologie und der erprobte Atkinson Cycle sind ebenso Charakteristika der neuen Motorenfamilie. Diese Merkmale erlauben es, hohe Leistung und einen thermischen Wirkungsgrad bis zu 38,5 % zu erreichen, was zu einem niedrigen CO₂-Ausstoß und Kraftstoffverbrauch beiträgt.

Der neue 2013 LEXUS-IS, ein D-Segment-Fahrzeug mit dem führenden Motor in dieser Familie (2AR-FSE), erreicht mit 100 g/km einen extrem niedrigen CO₂-Ausstoß. Dieser Wert liegt deutlich unter dem von Wettbewerbsfahrzeugen der D- und E-Segmente mit konventionellen Benzin- oder Dieselmotoren. Toyota wird diesen neuen Motor in einer breiten Fahrzeugpalette einsetzen.

ELEKTRIFIZIERTE ANTRIEBE

N. Nakada (Vortragender), **S. Nakazawa**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: „Der neue elektrische Antrieb für den Nissan LEAF Modelljahr 2013“:

Der Nissan LEAF wurde 2010 als weltweit erstes in Serie gefertigtes Elektrofahrzeug in den Markt eingeführt. Seit 2012 fahren 46.000 Nissan LEAF auf den Straßen von weltweit 33 Ländern, vor allem in Japan, den USA und in Europa. Das 2013er-Modell des Nissan LEAF konnte in seiner Gesamtleistung wesentlich verbessert werden, basierend auf einer gründlichen Analyse der Fahrdaten des Nissan LEAF, die während der vergangenen zwei Jahre aufgezeichnet wurden.

Eine der wichtigsten Neuerungen am 2013er-Modell ist ein völlig neuer Elektroantrieb. Antriebsmotor, Wechselrichter und Ladegerät dieses neuen elektrischen Antriebsstrangs wurden komplett neu gestaltet. Darüber hinaus sind die Hochspannungsteile, die spezifisch für Elektrofahrzeuge sind, in einem Antriebsstrang integriert, der 30 % kleiner, 10 % leichter und deutlich günstiger ist als der entsprechende Elektroantrieb, der im 2011er-Modell verwendet wurde.

Im Vergleich zum 2011er-Modell wurde auch die Reichweite des neuen Nissan LEAF um mehr als 10 % vergrößert – ein

Ergebnis eines verbesserten regenerativen Bremssystems und einer Klimaanlage, die auf einer Wärmepumpe aufbaut, sowie der Reduzierung des Fahrzeugewichts, dem Absenken des Luftwiderstandsbeiwerts und der Verringerung der störenden Belastungen der Nebenaggregate. Darüber hinaus wurden die Mensch-Maschine-Interface-Elemente, einschließlich des Navigationssystems und der Instrumente, ebenfalls verbessert, um den Fahrkomfort des Elektrofahrzeugs zu erhöhen.

Der Vortragende beschreibt verschiedene Schlüsseltechnologien, die im Nissan LEAF zur Anwendung kommen, mit Schwerpunkt auf dem neu entwickelten elektrischen Antriebsstrang.

Dr. M. Zillmer (Vortragender), **Dr. H.-J. Neußer, Dipl.-Ing. H. Jelden, Dipl.-Ing. P. Lück, Dipl.-Ing. G. Kruse**, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Der Elektroantrieb des Volkswagen e-up! – ein Schritt zur modularen Elektrifizierung des Antriebsstrangs“:

Eine wirksame und nachhaltige Reduzierung der CO₂-Emissionen im Straßenverkehr lässt sich erreichen, wenn neben konventionellen, auf fossilen Rohstoffen basierenden Kraftstoffen auch elektrischer Strom als Energieträger eingesetzt wird. Dafür ist die Entwicklung von batterieelektrischen Fahrzeugen oder Plug-in-Hybriden notwendig. Die Speichertechnologie für die elektrische Energie an Bord dieser Fahrzeuge stellt die Automobilindustrie vor neue Herausforderungen, wie zum Beispiel die Kostenreduzierung. Darüber hinaus sind die Reichweiten zu optimieren, da die erzielbare Energiedichte im Vergleich zu einem Benzintank gering ist. Der Vortragende beschreibt am Beispiel des batterieelektrischen Fahrzeugs e-up!, wie – aufbauend auf einem modularen Baukasten von Elektro- und Hybridkomponenten – ein Spektrum von elektrifizierten Antriebssträngen für unterschiedliche Fahrzeugklassen angeboten werden kann.

Dr. K. Philipp (Vortragender), **Dipl.-Ing. H. Jelden, Dr.-Ing. H.-J. Neußer**, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Der elektrifizierte Antriebsstrang des Volkswagen Golf Plug-In Hybrid“:

Der Golf Plug-in-Hybrid ist der nächste Schritt in der Umsetzung der Elektrifizierungsstrategie von Volkswagen. Das 2014 erscheinende Modell verfügt über ein Lithium-Ionen-Batteriesystem, das beim Fahren mit dem 80 kW starken

Elektromotor bis circa 50 km Reichweite ermöglicht. Für den Hybridbetrieb ist im Antriebsstrang ein 1,4-l-TSI-Motor mit 110 kW integriert, der im Zusammenspiel mit der E-Maschine für ein dynamisches Ansprechverhalten und für sportliche Fahrleistungen sorgt. Die Kraftübertragung beider Antriebe erfolgt über ein neu entwickeltes Doppelkupplungsgetriebe mit der Bezeichnung DQ400E.

Mit dem Golf Plug-in-Hybrid wird die Entwicklung des Modulbaukastens für elektrifizierte Antriebe, dessen Komponenten modular und skalierbar ausgelegt sind, weiter vorangetrieben. Dank der breit angelegten Strategie ist der Konzern in der Lage, in rascher Abfolge neue elektrifizierte Modelle in unterschiedlichen Leistungsstufen zu entwickeln und zu fertigen.

PLENAR-SCHLUSSEKTION: BLICK IN DIE ZUKUNFT

Die Plenar-Schlusssektion, ¹³, richtete einen weiteren Blick in die Zukunft der Mobilität, den prominente Besucher, ¹⁴, mit Interesse verfolgten.

Prof. Dr. Thomas Weber, ¹⁵, Mitglied des Vorstands, Konzernforschung & Mercedes-Benz Cars Entwicklung, Daimler AG, Stuttgart: „Die Zukunft heißt Vielfalt: maßgeschneiderte Produkte für erfolgreiche Mobilitätsangebote“:

„Wie sieht das Auto von morgen aus? Und wie entwickeln sich die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen? Antworten auf solche elementaren Fragen finden die Entwicklungsexperten von Daimler und Mercedes-Benz unter anderem durch Marktforschung und Kundenfeedbacks sowie über Technologiemonitoring und Zukunftsforschung. Diese Disziplinen haben im Unternehmen eine lange Tradition. Seit über 30 Jahren arbeiten internationale Forscherteams daran, langfristige Trends und gesellschaftliche Entwicklungen zu antizipieren und auf das Thema Mobilität zu übertragen. Diese vorausschauende Arbeitsweise – das ‚Denken auf Vorrat‘ – erzeugt neue Lösungen, die veränderte Rahmenbedingungen und neue Kundenwünsche bereits vorwegnehmen, statt darauf reagieren zu müssen.

Vielfalt und Individualität durch die Auffächerung der Antriebe: Auch auf dem Antriebssektor setzt Mercedes-Benz auf wachsende Vielfalt. Die generelle Strategie lautet ‚Maßgeschneiderte Antriebe für jeden Einsatzzweck‘. Hybridantriebe sind

nach dieser Auffassung die ideale Lösung für große beziehungsweise größere Automobile – ab der C-Klasse aufwärts.

Wie in vielen anderen Bereichen hat die S-Klasse auch hier erfolgreich eine Pionier-Rolle besetzt: Das erste Hybrid-Serienmodell mit Lithium-Ionen-Batterie war 2009 der S 400 HYBRID.

Darüber hinaus ist die S-Klasse fest für die Rolle als Effizienz-Champion in ihrem Segment gebucht: In der (noch) aktuellen Baureihe ist der S 250 CDI dank des Vierzylinderdieselmotors das erste Modell seiner Klasse, das beim Verbrauch eine fünf vor dem Komma hatte.

In der neuen Generation wird diese Position weiter ausgebaut. Den Kunden wird eine Reihe hocheffizienter Antriebe angeboten werden, allen voran ein Plug-in-Hybrid, der die neue S-Klasse sogar zum 3-l-Auto macht.

Effizienz-Offensive: Mehrspurige Strategie zur langfristigen Sicherung der Mobilität. Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Mobilität setzt Daimler auf eine mehrspurige Strategie: Optimierte Fahrzeuge mit Hightech-Verbrennungsmotor, Hybridantriebe in unterschiedlichen Leistungsstufen, Elektroautos mit Batterie- oder Brennstoffzellenantrieb.

Auf dieser Basis lassen sich unterschiedliche Antriebstechnologien und Fahrzeugkonzepte für alle spezifischen Anforderungen in punkto Einsatzgebiet und Fahrprofil realisieren“.

Prof. Dr.-Ing. Peter Gutzmer, ¹⁶, Mitglied des Vorstands, Forschung und Entwicklung, Schaeffler AG, Herzogenaurach: „Innovation – in Zukunft modular und kostenbewusst“:

Gutzmer sieht Mobilität als den Trend der Zukunft, bedingt durch die weltweite Zunahme der Urbanisation. Diese Zunahme der Mobilität biete Schaeffler neue Möglichkeiten als Zulieferer.

Erfolgreiche Innovationen benötigen strukturierte Prozesse. Kostenbewusstes Engineering sei eine wesentliche Voraussetzung zum Erfolg für alle Zulieferer, ebenso wie tiefes technisches Verständnis und Wissen um die Produkte. Globale Standardisierung sei ein weiterer Schlüsselfaktor zum Erfolg.

Prof. Dr. Martin Winterkorn, ¹⁷, Vorsitzender des Vorstands, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Die Zukunft fest im Blick: Nachhaltige Mobilitätskonzepte im Volkswagen Konzern“:

„Auch unter veränderten wirtschaftlichen Vorzeichen muss das Thema Nachhaltige Mobilität ganz oben auf der Agenda der Automobilindustrie bleiben. Der Volkswagen-Konzern bekennt sich zu seiner ökologischen Verantwortung und arbeitet mit ganzer Kraft am Ziel, den CO₂-Ausstoß der europäischen Neuwagenflotte bis 2020 auf 95 g/km zu senken. Dazu treibt das Unternehmen mit einer differenzierten Fächerstrategie das gesamte Antriebsspektrum voran: Von



¹⁷ Prof. Dr. Martin Winterkorn

hocheffizienten TSI- und TDI-Motoren bis zum Erdgasantrieb, vom Plug-in-Hybrid bis zum reinen Elektroantrieb. Bei den etablierten Technologien gibt es nach wie vor große Effizienz-Potenziale. So arbeitet Volkswagen an einem High-Performance-Diesel und einem neuen 10-Gang-Doppelkupplungsgetriebe. Bei den alternativen Antrieben hat der Plug-in-Hybrid auf mittlere Sicht die größten Marktchancen. Der Schlüssel zum Durchbruch nachhaltiger Mobilitätskonzepte ist letztlich der Fokus auf die Kunden und ihre Bedürfnisse: Denn sie müssen die neuen Technologien akzeptieren und vor allem auch bereit sein, dafür einen angemessenen Preis zu zahlen. Fahrzeuge wie der Golf BlueMotion, der Audi A3 e-tron, der Porsche Panamera E-Hybrid oder der Volkswagen eco up! mit Erdgasantrieb stehen deshalb für eine klare Botschaft: Das Automobil muss auch in Zukunft faszinieren, unabhängig vom jeweiligen Antriebskonzept.

In den kommenden Jahren werden so alle Fahrzeugklassen elektrifiziert und der Elektromobilität zum Durchbruch verhelfen. Sie sehen: Die Elektromobilität ist nicht tot. Sie wird jetzt erst richtig geboren.

Egal ob mit Verbrennungsmotor, Elektroantrieb oder Plug-in-Hybrid – das Auto der Zukunft wird kein Verzichtauto sein. Es wird die Menschen unverändert faszinieren. Mit umweltfreundlicher, alltags-tauglicher Spitzentechnik. Mit emotionalem Design. Und mit Fahreigenschaften, die einfach Spaß machen.

Das Wiener Motorensymposium ist nicht nur die Konferenz für moderne Aggregate-Technologie. Es ist in gewisser Weise auch das ‚Klassentreffen‘ unserer Zukunft.

Hier trifft man Jahr für Jahr auf die fähigsten Ingenieure, hier wird auf höchstem fachlichem Niveau diskutiert. Und hier gibt es immer auch Raum für persönliche Gespräche.

Ich persönlich schätze diese Atmosphäre, und deshalb bin ich in diesem Jahr wieder gerne in die Hofburg gekommen. Auch, weil es einen großen Unterschied zu anderen Klassentreffen gibt: Hier in Wien geht es nicht um die Vergangenheit, sondern um die Zukunft“.

POSTERPRÄSENTATIONEN

Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder, Dr. P. Grabner, Dipl.-Ing. K. Hadl, Dipl.-Ing. C. Hepp, Dipl.-Ing. R. Luef, Technische

Universität Graz: „Dual-Fuel-Konzepte für mobile Anwendungen“:

Ökonomische wie auch ökologische Aspekte machen den Einsatz von alternativen Kraftstoffen zunehmend attraktiver. Mit Erdgas und Wasserstoff stehen zwei Brennstoffe zur Verfügung, die nicht zuletzt aufgrund ihres CO₂-Einsparungspotenzials von besonderem Interesse sind. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen zweier Dual-Fuel-Brennverfahren an einem herkömmlichen DI-Dieselmotor werden in diesem Beitrag näher erörtert. Ein Pkw-Seriendieselmotor wurde so adaptiert, dass sowohl der reine Dieselmotor als auch ein Dual-Fuel-Betrieb mit Erdgas beziehungsweise Wasserstoff möglich ist. Der alternative Kraftstoff sollte gasförmig in das Saugrohr eingedüst und das homogene Gas-Luft-Gemisch im Brennraum von einem Diesel-Zündstrahl entflammt werden.

Die Motivation, einen solchen Dual-Fuel-Betrieb zu realisieren, ist im Wesentlichen die Reduktion der CO₂-Emissionen sowie die Verbesserung des Ruß-NO_x-Trade-offs bei gleichzeitiger Verwendung zweier beherrschbarer Technologien. Des Weiteren spielt auch das grundlegend höhere Wirkungsgradpotenzial dieses Konzepts im Vergleich zu einem bivalent betriebenen Benzin-/Gas-Ottomotor eine entscheidende Rolle.

Sowohl der Methan-Diesel- als auch der Wasserstoff-Diesel-Betrieb wurden experimentell anhand einer Vielzahl von stationären Betriebspunkten untersucht. Dabei wurde der Einfluss auf den Verbrennungsablauf sowie die Stabilität des Brennverfahrens bei verschiedenen Gasanteilen der Zylinderladung analysiert und Möglichkeiten der CO₂- und Schadstoffreduktion erforscht. Insbesondere wurden für den Dual-Fuel-Betrieb relevante Größen wie energetischer Gasanteil, Ladedruck, Ladungsbewegung, Raildruck und Einspritzzeitpunkt näher betrachtet und deren Abhängigkeiten aufgezeigt.

Besondere Aufmerksamkeit kam der Abgasrückführung zu. Ihr Einfluss auf das alternative Brennverfahren wurde untersucht und das Potenzial bei unterschiedlichen Drehzahlen abgewogen.

Dr. W. Tober, Dipl.-Ing. C. Macek, Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, Dipl.-Ing. P. Nußbaumer, Ao. Univ.-Prof. Dr. T. Wolbank, Technische Universität Wien: „Umrichter-gespeiste Antriebe in elektrifizierten Fahrzeugen: Anforderungen an die Regelung und Leistungsbestimmung“:

Die Implementierung elektrischer Antriebe stellt die Automobilindustrie vor neue Herausforderungen. Dieser Vortrag widmet sich der Regelung des elektrischen Antriebsstrangs sowie den Randbedingungen und Anforderungen bei der messtechnischen Ermittlung der Antriebsleistung.

Die Anforderungen an die Drehzahlvariabilität und an die dynamische Belastung der E-Maschine führen zur Verwendung von modernen umrichter-gespeisten Antrieben mit gepulster Spannung, welche im Vergleich zur sinusförmigen Anspeisung zu berücksichtigende Aspekte wie Totzeiten und Oberschwingungen mit sich bringen. Es werden die Herausforderungen an die Regelung aufgezeigt und Lösungsansätze vorgestellt.

An die Ermittlung der Motorleistung und der dafür erforderlichen Messtechnik werden gesonderte Anforderungen gestellt, die theoretisch untersucht und anhand von Messungen praktisch analysiert werden.

TAGUNGSBÄNDE

Die Vorträge des 34. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschritt-Berichten, Reihe 12, Nr. 764, Band 1 und 2 (einschließlich CD in englischer Sprache), nebst Zusatzheften enthalten. Die Unterlagen sind beim Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) erhältlich.

EINLADUNG

Das 35. Internationale Wiener Motorensymposium findet am 8./9. Mai 2014 im Kongresszentrum Hofburg Wien statt, wozu schon heute herzlich eingeladen wird. Rechtzeitige Anmeldung nach Programmbekanntgabe im Internet ab circa Mitte Dezember 2013 wird dringend empfohlen.

KONTAKT

Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)
A-1010 Wien
Elisabethstraße 26
Tel. + 43/1/5852741-0
Fax + 43/1/5852741-99
E-Mail: info@oevk.at
Homepage: www.oevk.at



34TH INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM

As in previous years, more than 1,000 leading engine development experts and scientists from all over the world met at the 34th International Motor Symposium in Vienna, which was held on April 25th and 26th, 2013. They presented the most recent developments in automotive engineering and described future trends. The present report contains partly condensed summaries of the lectures delivered by the individual authors.

AUTHOR



UNIV.-PROF. DR. TECHN.
HANS PETER LENZ

is President of the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK) in Vienna (Austria).

INTRODUCTION

After the welcome fanfare performed by members of the orchestra of the Vienna University of Technology, Prof. Lenz, ❶, welcomed the participants to the 34th International Vienna Motor Symposium, ❷, which was yet again booked solid.

He pointed out that all lectures were contained once more in the VDI progress reports and included a CD with the texts in English. The lectures presented by university professors and their assistants – upon request – had been revised in a peer review process conducted by the Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik e.V. WKM (Scientific Society for Automotive Engineering and Engine Technology). Prof. Lenz also drew attention to the search system of the Austrian Society of Automotive Engineers (Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik) through which it is possible, by entering search terms, to find all lectures presented at the preceding motor symposia, their titles, authors and the companies as well as other papers delivered elsewhere. In total, this data base, which was created in 1985, comprises more than 1,400 lectures.

In his introduction, Prof. Lenz stressed that we are currently seeing improved or entirely new drive concepts: “Last year I said at this symposium: ‘In the development of vehicle drive trains we have never lived at a more exciting time.’ I can only repeat this today: Never before have we encountered such tremendous opportunities for improvements thanks to technological progress. We will achieve our objective of ensuring sustainable mobility in the future as well but in this context we are striving for an evolution and long-term developments rather than for revolutionary processes.

In the past few years we were sometimes faced with partly exaggerated expectations with regard to new drive concepts, such as pure electromobility. In the meantime, this hype has fizzled out and been replaced by factual reporting which has always been a tradition in our circles. Nevertheless, opinions are divided: while some are pursuing activities focused on the introduction of e-mobiles, others want to withdraw from the planned purely electric vehicle models. At any rate, we are observing the interesting and gratifying trend that the media again show greater interest in

improvements of the internal combustion engine. Who would have thought that after more than a 100 years of ongoing development efforts, the internal combustion engine has demonstrated its enormous potential for adaptation to meet ever new requirements? Nobody needs to have a bad conscience – as is suggested by some groups – when he or she buys a new car. We will hear that, from one model series to the next one, considerable technological innovations continue to be made even today, and improvements in fuel economy of 15 to 20 % are not a rare achievement.

In the future, alternative fuels will be used on an ever larger scale. But oil will continue to be the main source for the generation of our fuels for some decades to come. In some countries, however, the quality of fuels is inadequate, which has a negative impact on our internal combustion engines. If sulphur-free gasoline were available outside Europe, lean-burn gasoline engines could also be launched in other markets, for example. Therefore, a global co-ordination of fuel qualities appears to be urgently needed. In addition, we would like to see a broader acceptance of natural gas which is available in sufficient quantities”.

After the joint opening plenary, ❸, two parallel sessions, ❹ and ❺, were held in which technical papers were pre-



❶ Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz



② Opening ceremony with fanfare performance

sented under the chairmanship of professors **G. Brasseur, B. Geringer, G. Hohenberg, G. Jürgens and H. P. Lenz.**

A comprehensive and impressive exhibition of new engines, components and vehicles complemented the lectures, ⑥, ⑦ and ⑧.

Accompanying persons were offered a culturally sophisticated social programme which included a trip to the romantic forest district Waldviertel in Lower Austria, a visit to the mansion of Ernst Fuchs, a famous Austrian contemporary painter, and a tour to Schönbrunn Palace. In the evening, the participants and accompanying persons attended a reception given by the Mayor of Vienna at the “Heurigen” Fuhrgassl-Huber, a typically Viennese wine tavern in Neustift am Walde.

PLENARY OPENING SESSION

Dr. Volkmar Denner, ⑨, Chairman of the Board of Management, Robert Bosch

GmbH, Stuttgart: “Shaping the Future – Innovations for Efficient Mobility”:

If the CO₂ emission targets set for 2015 and 2020 are to be met, ambitious technological progress will have to be made. A comprehensive analysis based on the best-in-class vehicles of the model year 2012 demonstrated possible solutions for the categories subcompact, compact and large/SUV vehicles. In the subcompact category, the powertrains for both gasoline and diesel engines will comply with the maximum permissible CO₂ emission values defined for 2020 without electrification going beyond the start-stop systems which are already used today.

In the compact class, gasoline engines will be further optimized so that their CO₂ emissions will be in the range of 95 grams per kilometre. Entry-level hybrid features, such as the boost recuperation system (BRS), are available for bringing down CO₂ emissions further and improving driving comfort. The emissions of

diesel engines will remain significantly below the target without requiring electrification.

These best-in-class vehicles, which boast the most favourable CO₂ emission-to-weight ratios, serve to offset heavier or more powerful vehicles, and thus help automakers reach the average fleet emission targets for CO₂.

An optimization of the internal-combustion engine alone will not suffice to achieve the 2020 target for large vehicles and SUVs. Alongside, additional modifications to these vehicles (such as the reduction of rolling resistance and/or weight), plus more extensive electrification will be absolutely necessary. But even for these powertrains, minimum CO₂ emissions can be achieved thanks to plug-in hybrid systems. However, in this vehicle class, electrification will result in higher additional costs.

Owing to their favourable CO₂ footprint and comparatively low additional

costs, CNG powertrains will have a good chance of gaining larger market shares over the next few years. However, success will depend on whether today's high additional costs can be reduced through economies of scale, and whether the required infrastructure can be built up to a substantial extent.

Toshiaki Tanaka, , Head of Advanced Engine Development and Energy Research, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: "Global Energy and Environmental Issues, Reflected in Toyota's Advanced Powertrain Development":

At present, environmental concerns and the need for secure energy supply are contributing to energy diversification. At the same time, the need for ever higher fuel economy and a further reduction of emissions present ever greater challenges to vehicle manufacturers.

In view of dwindling oil reserves alternative fuels will be used to a greater extent, such that vehicle manufacturers will be forced to focus their development efforts on several alternatives. Nevertheless, oil will remain the main source for the production of fuels in the next few decades. Therefore, the continuous further development of the internal combustion engine will remain an important challenge for automotive engineers. In addition, it can be expected that hybrid technology will contribute significantly to a reduction of total oil consumption. In this context, electricity generation with low CO₂ emissions and the development of batteries with higher energy densities will be indispensable. Air pollution constitutes another major issue. Whereas emission legislation has become continuously tighter, in many parts of the globe a mismatch exists between emission laws and fuel quality. As it may take some time before the available fuels will meet the required quality standards, vehicle manufacturers will have to take action in order to ensure sustainable mobility for their clients. With a view to improving air quality on a local and global level, it will be extremely important to co-ordinate fuel quality globally.

Dr.-Ing. Herbert Diess, , Member of the Board of Management, Development, BMW AG, Munich: "BMW Drives the Future of Mobility. Today."

The car as we know it today is changing radically. Vehicle manufacturing is also going through a technological sea change. This systemic shift is shaped not

only by progressive innovations but also, and above all, by environmental legislation, rising fuel prices and urbanization. For the BMW Group, continuing to deliver on its promise of the most fuel efficient 'sheer driving pleasure' remains a key focus of its research and development work as we move into the future. Engines and drivetrain technologies play a key role in this respect. As environmental policy evolves and the BMW Group continues to make every effort to meet the goals it has set itself, new technologies are emerging in the form of plug-in hybrid and electric vehicles.

In response to these challenges, BMW-AG created a new sub-brand: BMWi. Two new vehicles, the BMWi3 and the BMWi8 have been launched.

Thanks to the use of CFK, the battery weight is offset. The BMWi3 is an electric car with a range extender, and the BMWi8 is a sports car featuring the modified e-motor of the i3 on the front axle and a 1.5-l three-cylinder spark ignition engine with BMW's twin power turbo technology on the rear axle.

NEW OTTO ENGINES I

Dipl.-Ing. N. Klauer, Dr.-Ing. M. Klütting, Dr.-Ing. E. Schünemann, Prof. Dr.-Ing. C. Schwarz (lecturer), **Ing. F. Steinparzer**, BMW Group, Munich:

"BMW TwinPower Turbo Gasoline Engine Technology – Enabling Compliance with Worldwide Exhaust Gas Emissions Requirements":

The consistent implementation of additional functional potential of the combustion engine, which despite rising rates of electrification will continue to have the largest share of the global drive portfolio, constitutes the core of BMW's EfficientDynamics strategy. Moreover, the BMW TwinPower Turbo technology package is integrated into the gasoline and diesel engines of the BMW Group. For gasoline and diesel engines, it consists of the elements turbocharger, fully variable valvetrain with VALVETRONIC and direct fuel injection. In addition to BMW's typical driving dynamics and, at the same time, significantly higher fuel efficiency regardless of varying local fuel qualities, BMW's twin power turbo technology offers additional degrees of freedom which permit a considerable reduction of exhaust gas emissions.

The SULEV exhaust gas emission limits that apply in California and other US states as well as the stringent Euro 6 emission legislation providing for maximum permissible particulate numbers for direct-injection gasoline engines constitute major challenges. The lecturer described the potential of BMW's twin power turbo technology for safe compli-



③ Plenary opening session: from right to left: Dr. Denner, Mr Tanaka, Dr. Mohammadi, Dr. Diess, Prof. Lenz, Dr. Hametner

ance with the Euro 6 and SULEV exhaust gas emission legislation. He focused, in particular, on measures destined to lower emissions in the starting phase and during catalyst heating which give rise to the largest share of emissions.

Dipl.-Ing. G. Doll (lecturer), **Dipl.-Ing. M. Schütz**, **Dipl.-Ing. R. Kemmler**, **Dipl.-Ing. A. Waltner**, **Dipl.-Ing. H. Herwig**, Daimler AG, Stuttgart / Sindelfingen: “The New 3.0l-V6 Gasoline Engine with Direct Injection and Twin Turbocharging from Mercedes-Benz”:

With the launch of the M276 DELA 30 in the new Mercedes-Benz E 400, a new engine version has been added to the time-tested M276 V6 gasoline engine series, which combines highest comfort, superior driving performance and efficiency.

In comparison to the naturally-aspirated M276 3.5-l engine, output has increased by 9 % and torque by as much as 30 %.

At the same time, with this engine Mercedes has set a benchmark for com-

petitors in terms of fuel efficiency. Thanks to its revised combustion process and a new technology package this offers promising engineering options for the future and assures compliance with global emission legislation.

With its market introduction, the new E400 will meet the Euro 6 gas emission standard.

Dipl.-Ing. C. Enderle, **Dipl.-Ing. R. Kemmler** (lecturer), **Dipl.-Ing. G. Vent**, **Dipl.-Ing. A. Waltner**, Daimler AG, Sindelfingen / Stuttgart: “Lean Burn Gasoline Engines – A Concept for Worldwide Applications”:

After Mercedes-Benz had launched its first lean-burn gasoline engines with spray-guided combustion in 2006, it rolled out this technology on a broad scale on the basis of engine model series featuring the BlueDIRECT combustion system. Comparisons with competitors have demonstrated that these engines have the highest fuel efficiency. However, they are sold only in markets in which sulphur-free fuel is available.

Hence the question arises what modifications in engineering would be required or to what extent boundary conditions would have to be changed in order to assure a more widespread market penetration of this environmentally friendly technology. This lecture analysed, in particular, the potential market opportunities of this technology in the US and China. The issues of fuel quality and emissions as well as on-board diagnostics present major challenges in specific markets. Provided that the sulphur content of fuels can be further reduced, lean-burn gasoline engines could in the medium term also be offered in the above-mentioned regions.

COMBUSTION PROCESSES AND FUELS

Dipl.-Ing. C. Doppelbauer (lecturer), **Ing. M. Penz**, **Dipl.-Ing. D. Renner**, **Dr. K. Masser**, **Dipl.-Ing. F. Dorfer**, MAGNA POWERTRAIN – Engineering Center Steyr, St. Valentin: “DUAL FUEL – Poten-



④ Festival hall



5 Ceremonial hall

tial of Combined Combustion of CNG and Diesel Fuel”:

Continuously rising diesel fuel prices, the longer time horizon for CNG availability and the potential for reducing CO₂ emissions make the option of replacing diesel by natural gas ever more attractive, especially in the emerging markets of the world economy. One possible solution would be the concept of dual fuel operation using a conventional diesel engine which after minor modifications would be operated either in the diesel or the dual fuel (gas/diesel) mode. As demonstrated by this paper, in the dual fuel mode, it should be possible to attain diesel substitution rates of up to a maximum of 90 % and an average of 70 %.

With a view to illustrating the potential of such a concept, tests have been performed on a four-cylinder, 7.0-l commercial vehicle engine, which was conceived for external mixture formation

using commercial CNG components as well as a development control unit with software functionality designed in-house.

It was the objective of these investigations to calibrate the engine for dual fuel operations by optimizing the injection and combustion parameters in such a way as to comply with Euro 6 emission regulations both under stationary and transient conditions.

The difficult conversion of methane, which takes place only at comparatively high temperatures, presents the biggest technical challenge. With regard to energy, this concept constitutes a bridging technology for pure CNG operation and may contribute to a more rapid build-up of CNG infrastructure.

Dr.-Ing. P. Adomeit (lecturer), **Dr.-Ing. J. Dohmen**, **Dipl.-Ing. M. Thewes**, **Dr.-Ing. J. Ewald**, FEV GmbH, Aachen; **Dipl.-Ing. M. Günther**, **Dipl.-Ing. B. Morcinkowski**, **Prof. Dr.-Ing. S.**

Pischinger, RWTH Aachen University: “Effect of Fuel and Combustion System on the Pre-Ignition of Boosted SI Engines”:

The downsizing of gasoline engines represents one of the key technologies for reducing CO₂ emissions to the required level. In addition, the use of fuels containing bio-components from renewable sources has the potential for further CO₂ reductions. Thus it can be expected that in future gasoline engines, a combination of down-sizing and flex-fuel capability will be required.

As a result of both more drastic down-sizing and novel fuels leading to irregular combustion phenomena, new challenges will have to be met.

This paper describes the findings regarding the pre-ignition characteristics of a highly-boosted test engine for different fuels and injection systems based on a systematic analysis by means of engine testing, optical diagnostics and CFDR.



6 Exhibition

The investigations of the influence of the combustion system on pre-ignition behaviour focused on mixture formation. Thanks to charge air cooling, direct injection with an optimized DI injector layout can reduce pre-ignition propensity significantly compared to advanced port fuel injection. At the same time, DI injector design has a major impact as wide spray shapes with increased fuel deposits on the liner alter the thermal conditions in the combustion chamber resulting in a high propensity towards pre-ignition.

Investigations on the effect of fuels on pre-ignition are primarily focused on fuels containing ethanol. With higher ethanol contents, pre-ignition propensity declines. Furthermore, E85 and E100 show no tendency to glow ignition in the tested engine, although substantially higher load levels are achieved over the entire range.

Prof. Dr. P. Hofmann (lecturer), **M.Sc. T. Hofherr**, **Dipl.-Ing. M. Damböck**, Vienna University of Technology; **Dipl.-Ing. W. Fritz**, **Dr. F. Kampelmühler**, Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co. KG, Graz: “CULT Powertrain: High Efficient CNG Engine with Direct Injection”:

Alongside the continuous improvements of gasoline and diesel engines, the use of fuels with a lower C/H ratio also permits a major reduction of CO₂ emissions. In this context, the use of methane

is a promising approach because, thanks to its low carbon content, more than a 20 % reduction of CO₂ emissions is achieved. Also, the use of methane in engine operations results in efficiency-enhancing features, such as high knock resistance, wide flammability limits and better mixture formation.

In the course of a research project at the Department for Powertrains and

Automotive Technology at the Vienna University of Technology, a drive train with a gasoline engine was developed for an ultra-light vehicle in the A segment in co-operation with Magna Steyr, Fahrzeugtechnik. The base engine is a series-produced, three-cylinder, four-valve, turbocharged gasoline engine which has been adapted to monovalent natural gas operation and optimized in detail. In the



7 Exhibition



8 Exhibition

course of extensive research and development steps, the compression ratio has been raised and a combustion process with direct injection was developed for practical vehicle operation. The CNG injectors used were made by Delphi. The potential of each step was analysed on the basis of a comparison with gasoline operation. By combining direct injection and a high compression ratio, the problem of assuring attractive full load behaviour while complying with thermal component protection limits has been partially solved. At the same time, it was possible to lower CO₂ emissions in the NEDC by more than 30 % as compared to the base gasoline engine. This concept represents an attractive alternative to electric vehicles with regard to achieving a fleet consumption target of 95 g CO₂/km by 2020.

MOBILITY AND FUELS

Dr. P. Sauermann (lecturer), **Dr. U. Balfanz**, **W. Dörmer**, BP Europa SE, Bochum: “Mobility of the Future”:

For more than a century, crude oil has been the primary source for gasoline and diesel fuel, guaranteeing our mobility. For a long time, the availability and the range of coverage of fossil fuels were the main focus of discussions, while today topics such as safety of supply and environmental protection are becoming increasingly important. In this context, BP publishes the “Statistical Review of

World Energy” every year, a study on the statistics of the key sources of energy including crude oil, natural gas, coal, and non-fossil energy sources, which is widely recognized by experts. This annual study is supplemented by the BP “World Energy Outlook 2030”, which outlines long-term trends in the energy sector. According to projections, the absolute level of global crude oil consumption will continue to rise; its relative percentage in comparison with other energy sources will, however, steadily decrease. Natural gas and renewable energies will show the highest increases. BP anticipates that the use of all renewable energies – including bio-fuels – will increase about five times faster than general energy consumption by 2030. The global trend towards motorization and individual mobility will continue to rise, and will at the same time heighten the importance of fuel alternatives. BP is conducting intensive and impartial research on all options that may improve the efficiency of the overall mobility system. Bio-based products can make an important contribution to reducing CO₂ emissions from road transport, and therefore represent a meaningful addition to traditional fuels. The three pillars of sustainability, affordability and availability constitute the basis for successful implementation. Our latest bio-fuels butanol, lignocellulosic ethanol as well as sugar-based diesel have only recently been presented to the global community.

The combination of advanced combustion, hybridization and sustainable bio-fuels has enormous potential. Crude oil will nevertheless continue to play its key role as the main source of energy for the transport sector in the long term.

Prof. Dr. R. Schlögl (lecturer), Fritz Haber Institute of the Max Planck Society (FHI), Berlin; Max Planck Institute for Chemical Energy Conversion (CEC), Mülheim a. d. Ruhr: “Mobility as a Challenge of ‘Energiewende’: Concepts from Chemistry”:

Individual mobility is a fundamental achievement of our civilization. Given today’s technology, the new approach calls for sources of energy that are characterized by high energy densities, ready availability, safe handling and sustainable supply. Fossil hydrocarbons and their substitutes derived from renewable raw materials fail to meet at least the last requirement on the scale expected to be needed for consumption. As new fossil carbon deposits are constantly being discovered, the need for changing over to alternative energy sources in order to ensure mobility is not perceived as a truly urgent problem. The situation is further aggravated by a multitude of regulatory interventions aimed at controlling energy prices and frequently overlapping with the concept that for many reasons it would be necessary to combine mobility with sustainability.

Hydrogen produced from regenerative sources represents an alternative to conventional fuels for motor vehicles and, despite its limitations, electro-mobility can make a contribution to solving the energy problem. With regard to applications for traction, today’s battery technology offers additional potential for further developments, but will never come close to achieving the high storage densities of chemical sources of energy for a number of basic reasons. For long-distance passenger and freight transport, fuels with high energy densities will continue to be in strong demand that cannot be met by electric vehicles. In this context, one option would be to convert the hydrogen produced from renewable sources of energy by adding CO₂ into liquid fuels and not into methane.

This paper analyses the necessary flows of substances and their potential integration into future energy systems. It also briefly describes the considerable scientific and technological hurdles that

continue to prevent the change-over to such new systems when taking the required scale and sustainability into account. However, the outlook for meeting these challenges appears positive if a system is devised in good time that is based on several options for the use of regenerative sources of energy and can be adapted to varying mobility profiles. In this context, it will be necessary not only to find solutions to scientific questions but also to create a suitable regulatory and social environment. There are several options for safeguarding mobility in sustainable energy systems. However, enormous efforts in fundamental research and in technological development will be required in order to reach this goal, comparable to the tremendous breakthroughs in semi-conductor technology. The automotive industry could act as the driving force in this evolution. Both the fundamental demand for safeguarding future mobility and the unavoidable need for transforming the energy system within a matter of a few decades constitute strong motivations for rapid action.

Dr. W. Warnecke (lecturer), **Dr. J. Karanikas**, **Dr. B. Levell**, **Dr. C. Mesters**, **Dr. J. Schreckenber**, **Dr. J. Adolf**, Shell, The Hague: “Gas – A Bridging Technology for Future Mobility?”:

Major progress has been made in the exploration and extraction of natural gas in recent years. Reserves of conventional natural gas are plentiful, and large resources of unconventional gas have been discovered. At the same time, a lot of pressure for climate action persists with a view to reducing greenhouse gas emissions. Natural gas is the lowest-carbon fossil fuel.

Almost all medium- to long-term energy scenarios foresee a substantial increase in global consumption of natural gas. It can be used to generate both power and heat. But so far gaseous fuels have performed only a niche function as an option for the transport sector. An extensive debate on the use of gas, in particular natural gas, as a future fuel for transport has started only recently.

This paper first considers the development of supply and current expectations regarding availability of natural gas. It deals with the various types of gas, in particular from conventional and unconventional sources, as well as technical procedures, both standard and new, for

gas production. It also analyses natural gas demand scenarios and future markets, including the value chain for natural gas fuels. The paper covers, in particular, the use of gaseous and gas-based fuels in the transport sector. It examines various production paths for natural gas based fuels for transport, and other fuels as such CNG, LNG, GTL; it compares the product characteristics of natural gas fuels with those of conventional fuels (gasoline / diesel fuel) and other gaseous fuels (in particular LPG and hydrogen). It discusses possible applications of gas fuels for various modes of transport as well as the use of gas fuels in internal combustion engines in different modes of transport with different combustion processes, and assesses their energy efficiency (consumption / performance) and ecological performance (air pollutants and greenhouse gas emissions). Before mobility dependent on gas-powered vehicles can establish itself in the market, the dilemma of insufficiently large fleets of gas driven vehicles and inadequate infrastructure for gas supply must be overcome. Finally, it addresses the question of what and under what conditions natural gas fuels can contribute to an “energy transition” in the transport sector.

ENGINE MECHANICS

Em. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Hohenberg, IVD Prof. Hohenberg GmbH, Graz; **Univ.-Prof. Dr. C. Beidl** (lecturer), Darmstadt University of Technology; **Dr. D. Höfler**, tectos gmbh, Graz: “Reduction of Torsional Vibrations of Hybrid Drives when Using a Low Number of Cylinders”:

In the foreseeable future, plug-in hybrid drives will be the predominant version for the electrification of vehicles. This trend clearly points in the direction of combustion engines with a low number of cylinders and low operating speeds. However, considerable torsional vibrations and their impact on powertrains as well as engine mounts pose a problem. The conventional mechanical solutions with dual mass flywheels and pendulum support etc. have clearly reached their limits when it comes to improving noise vibration harshness (NVH) behaviour. Operating the drive engine at low speeds which affect fuel consumption is therefore possible only to a limited extent. This paper describes a



9 Dr. Volkmar Denner

technique offering a solution to the problem: the excitation frequency can be doubled with the existing electric motor by generating additional torque pulses. This results in an excitation of the powertrain and the engine bearings comparable to that of a combustion engine having twice the number of cylinders. This technique, referred to as directE concept, is particularly interesting for engines



10 Mr Toshiaki Tanaka

with two and three cylinders. Existing combustion engines and gearboxes can be simply combined so that the individual components form a highly integrated directE hybrid module. This paper describes in greater detail the advantages and disadvantages of this concept as well as the initial results obtained in practical operation.

Dr. W. Schöffmann (lecturer), **Dr. H. Sorger**, **Dipl.-Ing. G. v. Falck**, **M. Howlett**, **Dipl.-Ing. K. Weihrauch**, AVL List GmbH, Graz: "Lightweight Design, Function Integration and Friction Reduction – The Base Engine in the Challenge between Cost and CO₂-Optimization":

Today the electrification of powertrains has become an essential prerequisite for meeting future fuel consumption targets as the internal combustion engine will continue to play a significant role in the development of powertrains for high volume production. Engine designers will increasingly face the challenge of having to meet the conflicting goals of raising efficiency while keeping costs down.

The prevailing trend towards turbocharging, direct injection for all engine configurations as well as the unpredictable forecasts with regard to volume splits of available combustion concepts and the need for flexible positioning make a uniform engine family architecture based on common parts and uniform production methods an absolute must for future gasoline and diesel engine design.

In this context, the key criteria are consistent light-weight design as well as optimization of mechanical efficiency thanks to reduced friction and on-demand powertrain management.

A high degree of functional integration in combination with modular design represents a promising approach to reducing the complexity of powertrains and minimizing packaging dimensions. Given the limited investments in existing manufacturing plants and equipment, the impact on component costs and the feasibility of this approach are decisive factors for the introduction of innovative technologies.

Targeted light-weight design and concepts based on cost-efficient casting techniques offer considerable potential also for core engine components.

In crankcase design, functional integration and the use of cast iron with extremely low wall thickness compete with aluminium applications. A modular architecture of the cylinder head offers

opportunities for a more widespread use of cost-optimized pressure die-casting.

This paper identifies the most relevant options for base engines with regard to design and architecture, friction, efficiency, weight and cost, and contains a cost-benefit analysis with regard to the reduction of CO₂ emissions.

Dr.-Ing. S. Spangenberg (lecturer), **Dipl. Wirt.-Ing. J. Adelmann**, **Dr.-Ing. T. Hettich**, **A. Hammen**, MAHLE GmbH, Stuttgart: "EVOLITE – Lightweight Pistons for Gasoline Engines with Optimized Frictional Loss":

This paper describes the development of MAHLE piston technology which aims at meeting the ever more exacting demands made upon advanced, highly efficient gasoline engines. The new EVOLITE lightweight piston developed by MAHLE evolved from the consistent further development of its predecessor, the EVOTEC 2, on the basis of the EVOTEC principle.

This principle differs from the design principles of previous decades in that the piston geometry on the thrust and anti-thrust side has been reversed. A narrow thrust side is combined with a wide, elastic anti-thrust side for guiding the piston.

The light, robust EVOTEC 2 piston is available in variants with ring carriers or cooling ducts.

With the EVOLITE, the EVOTEC principle has been consistently refined and piston asymmetry has been further increased. By geometrically optimizing the box wall connection between the skirt and the crown, it has been possible to increase service life by up to 8 times as compared to the EVOTEC 2, depending on the position of the piston, while its weight has been lowered by as much as 5 %. With this new type of piston, friction has also been reduced which is relevant in lowering CO₂ emissions.

COOPERATIONS / DIESEL ENGINES

Prof. Dr. U. D. Grebe (lecturer), AVL List GmbH, Graz: "The Challenge of Globalization – How Will It Affect Cooperation in the Automotive Industry?":

The automotive industry is currently changing as a result of growth in the BRIC states and the rapidly increasing complexity due to the ever larger number of product variants. The established automotive manufacturers and suppliers



Dr. Herbert Diess

are globalizing their businesses through localization and by entering into alliances and joint ventures. In many cases, automotive engineering companies have been established in growth markets.

The expected output in terms of development has markedly increased. A seamless cooperation between automotive manufacturers and their suppliers has become indispensable. Engineering service providers, in particular, must adapt their global presence to the needs of manufacturers and be able to integrate their services into the processes of their clients. Their regional development centres must meet the needs of customers at the local level, and be networked at the same time so as to be able to take optimum advantage of the know-how of engineering service providers.

In order to be able to cope with the ever wider range of product variants, an improved development methodology is required so that development tasks can be executed more efficiently. Work packages, in particular, must be transferred from the road to the rig and into the virtual world. With the aid of simulation models that support consistency along the complete process chain, the development and calibration of variants can be speeded up significantly.

Dr.-Ing. H.-J. Neußer, **Dipl.-Ing. J. Kahrstedt** (lecturer), **Dipl.-Ing. H.**

Jelden, Dipl.-Ing. R. Dorenkamp, Dr. rer. nat. T. Düsterdiek, Volkswagen AG, Wolfsburg: “The Euro 6 Engines Based on the Modular Diesel System of Volkswagen – Innovative Exhaust Gas Purification Near the Engine for Further Minimization of NO_x and CO₂”:

With the introduction of the Euro 5 engines based on the modular diesel system, further internal engine modifications will be made as a next step and DeNO_x exhaust gas aftertreatment will be integrated into Euro 6 engines. The modular basis for the additional engine modifications has already been created. In addition, this approach facilitates the alternative application of the NO_x storage catalyst or SCR technology.

With the aid of the components described below, a further reduction of NO_x and CO₂ emissions can be achieved in various engine operating ranges so that future emission targets will be met.

With a view to coping with the increased complexity of engine functions, Volkswagen has developed a completely new software package.

The key components of the Euro 6 TDI engines are the following:

- : SCR system (Selective Catalytic Reduction)
- : NO_x storage catalyst for meeting Euro 6 requirements
- : High-pressure EGR through the cylinder head
- : High-pressure injection system
- : Integrated valve train module with VVT actuator
- : Intake manifold with integrated charge-air intercooler and high-pressure EGR valve.

Dipl.-Ing. U. Baretzky (lecturer), **Dipl.-Ing. H. Diel**, **Dipl.-Ing. W. Kotaschek**, **Dr.-Ing. P. Kuntz**, **Dipl.-Ing. (FH) S. Dreyer**, **Dipl.-Ing. A. Schneider**, **Dr.-Ing. W. Ullrich**, **Dr.-Ing. M. Mühlmeier**, AUDI AG, Ingolstadt / Neckarsulm; **Dipl.-Ing. W. Hatz**, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach: “The 3.7 l V6 TDI for the 24 Hours of Le Mans – A New Idea Triumphs”:

With its victories in the 24 Hours of Le Mans in 2011 and 2012 Audi demonstrated impressively that racing car engines with much smaller capacities than those more commonly used can be extremely successful. Thanks to a host of innovative technological solutions combined with an unusual but pioneering architecture, this extremely compact

engine constituted the basis for a number of car-race victories – more recently even combined with an MGU as e-tron quattro. The engine features technology that will give rise to a number of customer-relevant developments thanks to its extremely low fuel consumption.

After having been tested successfully in the hardest of endurance races, customers will benefit from these innovations.

ENGINE CONTROL, INJECTION, VALIDATION

Dr.-Ing. D. Schöppe (lecturer), **Dr.-Ing. H. Zhang**, **Dr.-Ing. G. Rösel**, **Dr.-Ing. E. Achleitner**, **Dipl.-Ing. F. Kapphan**, **Dipl.-Ing. H. Dupont**, Continental, Regensburg / Toulouse: “Next Generation Engine Management Systems for Gasoline Direct Injection”:

The ICE (Internal Combustion Engine) will remain the prevailing form of automotive propulsion for at least the next 15 to 20 years. Thanks to technological improvements, such as direct fuel injection, modern internal combustion engines are becoming increasingly cleaner, fuel efficient and more powerful.

This paper deals with emission legislation, fuel consumption and market developments for drive technologies. Starting in 2017, Europe will introduce the Euro 6c emission standards providing for stringent particulate emission limits. CO₂ emissions will be limited to 95 g/km by the year 2020. The paper also analyses the impact of the new WLTC (Worldwide Harmonized Light Duty Driving Test Cycle) and RDE (Real Driving Emissions) test cycles on emissions and mileage. It also examines, in detail, different measures to reduce CO₂ and other emissions of downsized turbo-charged engines featuring gasoline direct injection. The individual technologies comprise the following:

- : An air path with variable valve trains, low-pressure exhaust gas recirculation and turbo-charging
- : The potential offered by varying degrees of hybridization
- : The future potential of advanced injection systems
- : Functions for reducing emissions (during cold starting and warming-up)
- : New functions thanks to intake vacuum (resulting in tank ventilation with an HC sensor and an active scavenging pump).

Y. Shinohara (lecturer), **A. Kojima**, **K. Takeuchi**, **S. Matsumoto**, DENSO Corporation, Aichi-ken, Japan; **M. Nakagawa**, **O. E. Herrmann**, DENSO Automotive Deutschland GmbH, Wegberg: “New Solutions for a Globalization-oriented Diesel FIE – Strategy for Diversified Fuels”:

DENSO’s new diesel engine management system called “D-FRESH” (Diesel-Fuel Robust Engine Shining) was developed with a view to promoting the worldwide use of diesel engines and thus to contributing to the further global spread of diesel-powered vehicles and engines. DENSO’s engineering efforts focused on common-rail system components and on sensors which can assure optimum combustion regardless of location, fuel quality and other environmental conditions.

In order to ensure compliance with the ever more stringent emission standards and the growing demands made upon efficiency as well as the reduction of CO₂ emissions, new developments have traditionally been concentrated on raising injection pressure and improving dosing accuracy. These technological developments were primarily aimed at the highly developed regions of the world, such as Europe, whereas the existing technologies were destined for the emerging markets. The particular needs of these new markets, such as China, India, Brazil and other rapidly growing threshold countries, however, call for specific and holistic novel solutions. In order to be able to assure a higher degree of worldwide acceptance, DENSO took into account varying fuel qualities and different environmental conditions from the very start of the concept phase of the D-FRESH.

In these efforts, several areas had to be considered: First, robust common rail system components with higher efficiency had to be devised and validated. Secondly, it was necessary to make sure that sensors and intelligent control device functions could be integrated into these components in order to produce a diesel system assuring optimum combustion under varying environmental conditions and with different fuel qualities.

Dipl. Wirtsch.-Ing. (FH) M. W. Ott (lecturer), **Dipl.-Ing. C. Holtkötter**, MBtech Group GmbH & Co. KGaA, Sindelfingen; **Dr. W. Rossegger** (lecturer), Kristl, Seibt & Co GesmbH, Graz:

POSSIBLE DEVELOPMENTS	48 V / 12 V SYSTEM	12 V SYSTEM
Energy supply for future consumers	✓	✗
High level of powertrain electrification	✓	✗
Higher start-stop threshold (redundancy)	✓	✗
High levels of recuperation	✓	✗
Downsizing of on-board electrical system	✓	✗
Low-cost mild hybrid concept – iHEV 48 V	✓	✗

12 Summary of some potential benefits of the dual-voltage vehicle electric system

“Road to Rig Is Truly Possible at Last: The Integrated Development Methodology Combined with the Innovative Test Bed for the Comprehensive Validation of Alternative Drivetrain Systems”:

A revolutionary new drive system test rig (ASP) permits the validation of both entire alternative powertrains and complete vehicles. The complex interactions between the electrified powertrain and the vehicle as a whole are replicated with regard to mechanical and electrical loads, stresses and environmental temperatures by means of simulations, component testing and trials in the vehicle under real life conditions. The core of the drive system test rig for both conventional and alternative drive systems consists of the new test rig concept R2R (Road to Rig) which stresses the test object in the very same way as in real life operation, requiring minimum set-up time and doing without a parameterization of control engineering. Furthermore, the assistance systems of the vehicle are also active during the trials on the test rig. The indicative results of the comparative measurements between road operation and rig testing have demonstrated that even in extreme situations such as driving on icy roads and ABS braking one can justify the claim road to “rig”.

POWERTRAIN ELECTRIFICATION

Dipl.-Ing. M. Forissier, Dipl.-Ing. D. Zechmair, Dr.-Ing. O. Weber (lecturer), **Dipl.-Ing. M. Criddle, Dipl.-Ing. D. Durrieu, Dipl.-Ing. V. Picron, P. Menegazzi, PhD, Dipl.-Ing. K. Surbled, Dipl.-Ing. Y. Wu**, Valeo Powertrain Systems, Cergy Pontoise: “The Electric Supercharger, Improved Transient Behaviour and Reduced CO₂ as well as NO_x Emissions at the Same Time ?”:

The Valeo electric supercharger is a very promising technology that could

have a positive impact on the future engine roadmap through affordable electrification and the options offered by further downsizing and downspeeding strategies which result in a reduction of CO₂, emissions, improved fuel economy and emission characteristics.

Other keys to customer benefit are improved driveability and the elimination of the turbo-lag of the boosted engine, which result in strong and smooth acceleration. This technology is also very promising when applied in combination with kinetic energy recovery systems as an alternative hybridization. As energy is recovered during deceleration or braking phases which are always followed by acceleration, the energy flow is absolutely symmetrical, which results in an overall free energy balance. With further progressive developments in electric supercharging, a multitude of new potential applications and benefits come within reach in addition to downsizing and downspeeding of gasoline and diesel engines as well as sporty applications showing enormous dynamics. Further options for significant efficiency improvements of naturally aspirated engines are high compression ratios and Miller-cycle strategies which prove more cost-efficient than hybridization. Moreover, electric supercharging and cooled EGR can be combined efficiently, resulting in higher levels of charge dilution even under transient conditions, improved scavenging characteristics and better transient control, which pushes up the performance limits of modern internal combustion engines even further.

Dipl.-Ing. J. Bast, Dr. rer. nat. M. Kilger (lecturer), **W. Galli, Dipl.-Ing. A. Eiser, Dipl.-Ing. H.-W. Vaßen, Dipl.-Ing. I. Kutschera**, AUDI AG, Ingolstadt / Neckarsulm: “The Opportunities for Powertrain Provided by the 48V Electrical System”:

This paper illustrates the additional options for powertrain design offered by the 48 V on-board vehicle electrical system. First it describes the motives for using a different voltage in the vehicle electric system and subsequently explains the layout and components of the new dual-voltage system.

In addition to outlining the advantages of electrification alongside the benefits of an electric bi-turbo concept, this paper focuses on Audi’s iMEV 48 V mild hybrid concept based on a dual-voltage vehicle electric system and makes maximum use of the advantages such a system offers for powertrain design. Subsequently, this paper gives a comprehensive description of the benefits offered by the dual-voltage vehicle electric system for the complete vehicle, explaining the design options for the physical vehicle electric system and chassis engineering configurations.

Overall, it can be concluded that the 48 V vehicle electric system is a logical extension of the established 12 V vehicle electric system for creating the infrastructure for an efficient electrification of drivetrains and thus constitutes the basis for innovative systems and new functions in passenger cars which would not be possible with the 12 V electric system. The table, 12, summarizes some of the potential solutions offered by the dual-voltage vehicle electric system.

Dipl.-Ing. D. Semmler (lecturer), **Dipl.-Ing. (FH) J. Kerner, Dr. L. Spiegel, Dipl.-Ing. O. Bitsche, Dipl.-Ing. (FH) T. Rauner, Dipl.-Ing. I. Stache, Dipl.-Ing. (FH) M. Marques**, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach: “The Porsche Panamera S E-Hybrid Drivetrain”:

With the new Panamera S E-Hybrid, Porsche presents the first standard plug-in hybrid concept for the luxury vehicle sector. The drivetrain represents a consistent further development of the full-hybrid vehicles already successful on the market. However, it has been updated to achieve the lowest possible fuel consumption and to comply with future emission laws even before they take effect. It was possible to increase the performance and efficiency of the hybrid components, significantly improving both electric driving performance as well as the electric driving range. A large part of these improvements can be attributed to the new electric motor. It was possible to more than double the motor power to 70 kW

using the same installation space. A new intelligent operating strategy also permits meeting the Euro 6 exhaust gas limits. In addition to the efficiency improvement measures, the lithium-ion battery with its 9.4 kWh capacity contributes especially to the car's enhanced range. Thanks to the higher energy density of the new cell technology, the battery needs only a little more installation space than in the Panamera S Hybrid. In purely electric operation, the vehicle reaches a top speed of 135 km/h (limited) and has an electric range of 36 km in the NEDC profile. Typical Porsche performance is assured by the system power of 416 HP (306 kW). With regard to the NEDC standard fuel consumption, the e-hybrid consuming 3.1 l/100 km and CO₂ emissions of 71 g/km offers superior economic characteristics.

EXHAUST GAS AFTERTREATMENT

Dr. rer. nat. L. Krämer (lecturer), **Dipl.-Ing. G. Buschmann**, **Dipl.-Ing. L. Stiegler**, **Dipl.-Ing. F. Bunar**, IAV GmbH, Berlin; **Prof. S. Richardson**, **Dipl.-Ing. K. F. Hansen**, Jaguar Land Rover Limited, Whitley: "SULEV: Diesel-Exhaust Gas Aftertreatment Heading to Super Ultra Low Emissions":

The Corporate Average Fuel Economy (CAFE) regulation calls for a continuous fuel consumption reduction of light-duty vehicles in the US. As light-duty vehicles operated with diesel engines show higher fuel efficiency than gasoline vehicles and have higher cruising ranges than electric vehicles, an increase of the market share of diesel-powered vehicles would help to meet the US market's requirements. However, the emission limits for nitrogen oxides and non-methane organic gas (NO_x + NMOG) have to be concurrently reduced below the levels that can be achieved with today's production technologies for diesel emission concepts.

In this study, an advanced exhaust gas after-treatment concept was developed for a Jaguar XF E-segment vehicle with an 2.2-l diesel engine in order to meet the emission standards for super-ultra-low emission vehicles (SULEV). The after-treatment system which is used in these vehicles was selected on the basis of a validated system simulation of numerous architecture options and consists of a close-coupled electrically heated catalyst (EHC) directly upstream of an inte-

grated system consisting of a particulate filter and selective catalytic reduction device (SCR/DPF) as well as an underbody SCR catalyst. The dosing and mixing of AdBlue upstream of the SCR/DPF is optimized so as to form a very compact package by a simulation-supported design process. A uniform reductant distribution at the SCR/DPF inlet was achieved by means of an application-specific mixer and an advanced water-cooled dosing system. It has been demonstrated that the low exhaust gas temperature activity of the exhaust gas after-treatment can be increased by applying advanced SCR catalyst technologies in combination with an improved warm-up strategy. A model-based calibration of the combustion process and the EHC operation result in an optimised trade-off between warm-up behaviour and fuel economy. Whilst the advanced exhaust gas after-treatment architecture has the potential of meeting SULEV emission requirements on a concept level, the impact on controls and diagnostics, fuel efficiency and greenhouse gas emissions is also positive. It has to be noted that the competitiveness of SULEV diesel production vehicle concepts strongly depends on their applicability with respect to system complexity and packaging requirements, robustness and durability, fuel quality and total cost of ownership.

Dipl.-Ing. J. Gerhardt (lecturer), **Dr. T. Heiter**, **Dipl.-Ing. C. Kern**, **Dr. R. Maier**, **Dr. D. Samuelsen**, **Dr. M. Strobel**, **Dr. D. Welting**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart:

"Denoxtronic 5 and Other Bosch System Solutions to Meet 'Post Euro 6' Emission Requirements":

Following their introduction in 2014, the Euro 6 emission regulations are scheduled to receive a new, more dynamic test cycle (WLTC, Worldwide Harmonized Light-Duty Test Cycle) in 2017; furthermore, limits will also be imposed on emissions from real-life driving situations (RDE, Real Driving Emissions). Even if the Euro 6 emission limits proper were to remain unchanged, these two changes will have an impact on the design of exhaust gas after-treatment systems for modern diesel vehicles. Hence the system solutions that are devised today and are geared to long-term sustainability have to take into account these future requirements.

In the light of the legal requirements

for the post-Euro 6 period as known today, this paper presents Bosch's specific system solutions for the exhaust-gas after treatment in different European vehicle segments. Each of these solutions complies with the legal requirements while meeting specific challenges of the individual segments, for example different vehicle weights and/or varying engine output.

A reliable and cost-efficient SCR system as well as full-scale diagnostics of the exhaust gas after-treatment represent the central building blocks of many of these system solutions. Accordingly, the lecture concluded with the presentation of three innovative products developed by Bosch: the AdBlue dosing system Denoxtronic 5.1 has been standardized and cost optimized and is now getting ready for series-production; the same goes for a sensor to diagnose the particulate filter as well as a novel NO_x sensor.

Dr. K. Harth (lecturer), **Dr. K. Wassermann**, **Dr. M. Arnold**, BASF Corporation, Iselin, NJ, USA; **Dr. S. Siemund**, **Dr. A. Siani**, **Dr. T. Schmitz**, **Dr. T. Neubauer**, BASF Catalysts Germany GmbH, Hannover: "Catalyzed Gasoline Particulate Filters: Integrated Solutions for Stringent Emission Control":

Alongside the well-known limits for hydrocarbons (HC), carbon monoxide (CO) and nitrogen oxides (NO_x) the upcoming Euro 6-legislation will also provide for tighter control of particulate matter emissions from gasoline-engine powered vehicles. The European Commission has decided to implement, in two phases, new standards for maximum particulate numbers. Phase one will start with an initial limit of 6×10^{12} /km in 2014, followed by phase two (Euro 6c) with a more stringent standard of 6×10^{11} /km by 2017. In addition, Real-Driving Emissions (RDE) will have to be taken into consideration from 2017 onwards.

Three general approaches are currently applied in order to comply with these challenging legislation limits for particulate emissions:

1. Changes to engine hardware and engine control strategies
2. Addition of a non-catalyzed filter to the exhaust system
3. Use of a catalyzed gasoline particulate filter (c-GPF).

This paper addresses the potential and the limits of these concepts. The integra-

tion of gasoline particulate filters into TWC emission systems is regarded as the most sustainable solution for compliance with Euro 6c limits, RDE and meeting long-term durability requirements. Approach two suffers from drastically higher backpressure and higher system costs, whereas the integration of a TWC functionality on a filter in the form of a catalyzed gasoline particulate filter (c-GPF) offers a smart solution for reducing backpressure and system costs. The lecturer presented the latest results concerning c-GPF filtration efficiency, backpressure, conversion performance and durability as well as system solutions in combination with a TWC.

SUPERCHARGED OTTO ENGINES

Dipl.-Ing. T. Uhlmann (lecturer), **Dr.-Ing. R. Aymanns**, **Dr.-Ing. J. Scharf**, FEV GmbH, Aachen; **Dipl.-Ing. D. Lückmann**, **Dipl.-Ing. B. Höpke**, RWTH Aachen University; **Dipl.-Ing. M. Scassa**, FEV Italia S.r.l., Rivoli; **Dr.-Ing. N. Schorn**, **Dr.-Ing. H. Kindl**, Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, Aachen: “Development and Matching of Double Entry Turbines for the Next Generation of Highly Boosted Gasoline Engines”:

The layout of double entry turbines in 1D-engine process simulation is complex and requires physical modelling of the complete system consisting of engine and turbocharger in order to ensure a successful matching of the subsystems.

This paper describes a method for measuring the performance of double-entry turbines on FEV’s hot gas test bench. This procedure allows replicating the flow conditions of the turbine occurring in pulsating engine operation with steady-state conditions prevailing on the hot gas test bench. Alongside other parameters, the method is based on the use of a double burner set-up (one burner supplying one turbine scroll) and an additional parameter is introduced in order to describe the flow condition (MFR = mass flow ratio).

The lecturer presented a novel approach to integrating measurement data from the hot gas test bench into 1D-engine process simulation. Compared to the reference method, this approach permits a physical description of the behaviour of double entry turbines in engine-relevant operation as a function of the level of separation between the



13 Plenary closing session: from right to left: Prof. Weber, Prof. Gutzmer, Prof. Winterkorn, Prof. Lenz

scrolls. With this extended approach, it is possible to achieve a precise layout of the turbine for a defined target engine, depending on the degree of scroll separation. Accordingly, the required number of turbocharger prototypes and the resulting time for measurements on the engine test bench can be reduced significantly.

Dr.-Ing. M. Hart (lecturer), **Dr.-Ing. J. Gindele**, **Dipl.-Ing. T. Ramsteiner**, **Dr.-Ing. G. Thater**, **Dipl.-Ing. B. Tschamon**, **Dipl.-Kfm. techn. M. Karres**, **Dipl.-Ing. B. Keiner**, **Dr.-Ing. J. Fischer**, Mercedes-AMG GmbH, Affalterbach: “The New High-Performance 4-Cylinder Engine with Turbocharging from AMG”:

A 2.0-l high performance engine, which will set new benchmarks in its class in terms of performance and efficiency, was developed for the new AMG A-Class “A 45 AMG”. The new engine was designed on the basis of the already known M270 four-cylinder engine featuring transverse installation of the Mercedes BlueDIRECT family.

Alongside extensive modifications to the base engine, for example the redesign of the crankcase and the cooling circuit, the intake and exhaust side gas cycle system had to be entirely re-engineered. Achieving maximum de-throttling of the raw and clean air intake as well as the exhaust system without having to implement complex changes in the

existing vehicle package constituted the main challenge. This was the prerequisite for selecting the optimal position of the centre of combustion and attaining a response behaviour which had never been possible before for series-production engines for this specific output and displacement category. Another focus of the development was on the temperature management in the very compact engine compartment. The components of the high pressure injection system with a centrally positioned piezo injector, cylinder head and all auxiliary drives, which had been tried and tested in numerous series produced units, were taken over from the standard design concept. The new engine is also assembled in accordance with the “one man – one engine” production concept of Mercedes-AMG. Wherever possible, all production facilities available in the Mercedes Group are used for manufacturing sub-components. Like all AMG models, the new engine meets the high quality standards of the brand.

S. Minakawa (lecturer), **T. Onoyama** (lecturer), **T. Ishizuka**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: “The New Nissan FF Hybrid + New 4-Cylinder 2.5L Supercharged Engine – A New Approach to Powersource Evolution”:

In 2013, Nissan will launch a technology combination of one-motor, double-clutch parallel hybrid system and a four-

cylinder, 2.5-l supercharged engine for the Infiniti QX60 HYBRID and the new Nissan Pathfinder HYBRID. This hybrid system was developed with a view to achieving three major advantages:

1. Significant improvement in fuel economy even when driving on motorways
2. Better response and more direct feeling
3. Lightweight system and low-cost production.

In order to attain these objectives, Nissan combined a one-motor double-clutch parallel system with a new generation CVT without torque converter and integrated it into a downsized four-cylinder, 2.5-l supercharged engine which features improved fuel economy and a driving performance comparable to the V6 3.5-l class.

Nissan developed the following proprietary technologies for designing this hybrid system:

- : High output and compact lithium-ion battery
- : Innovative, precise motor and clutch management in high speed operation.

In addition, new technologies were added to the engine and the CVT transmission.

Engine: New four-lobes Roots supercharger with precise electrical boost control.

CVT: Chain driven, high efficiency and low friction with wide cover ratio.

This paper gives a comprehensive survey of the system, presents key breakthrough technologies and illustrates how low fuel consumption, comparable to that of the compact car class, was achieved.

NEW DIESEL ENGINES

Ing. G. Boretto (lecturer), **Ing. R. Golisano**, **Ing. M. Scotti**, **Ing. P. Antonioli**, **Ph.D. R. M. Frank**, **Ing. G. Rovatti**, General Motors Powertrain Europe s.r.l., Torino; **Dipl.-Ing. M. Weßlau**, Adam Opel AG, Rüsselsheim: “The First of a New Generation of Diesel Engines from General Motors – The Efficient and Powerful 1.6 Liter Euro 6 Mid-size Diesel Engine”:

The major challenge the automotive industry will face in the next decade is undoubtedly the reduction of CO₂ emissions. Conventional powertrains with internal combustion engines will continue to play a predominant role: in par-

ticular, diesel engines will contribute significantly to the solution thanks to their intrinsic high thermodynamic efficiency and low-end torque which is a key factor for downsizing engine displacement and downsizing. In this context, General Motors has developed an entirely new 1.6-l four-cylinder Mid-size Diesel Engine (MDE), the first of a new generation of efficient and powerful diesel engines. Its development has been focused on the achievement of high power and torque density, superior fuel efficiency and state-of-the-art noise and vibration levels, while meeting the Euro 6 emission standard in a wide range of B-, C- and D-segment vehicles, utilizing different exhaust after-treatment methods.

The key technical features of the base engine, combustion system and emission reduction technologies, together with the innovative engine control unit, are described in this paper.

J. Yamano (lecturer), **K. Ikoma**, **R. Matsui**, **N. Ikegami**, **S. Mori**, **T. Yano**, Honda R&D Co., Ltd., Tochigi, Japan: “The New ‘Earth Dreams Technology i-DTEC’ 1.6 L Diesel Engine from Honda”:

With the development of its new third generation diesel engine, Honda succeeded in striking an optimum balance between a further reduction of CO₂ emissions and improved dynamic performance. In these efforts, the focus was on

downsizing; the outcome is a compact, light-weight and highly efficient 1.6-l turbocharged i-DTEC in-line four-cylinder diesel engine. Thanks to the optimization of engine rigidity it was possible to use an aluminium cylinder block in open-deck design. Furthermore, the engine weight was reduced significantly by optimizing its structure and layout.

In addition, mechanical friction was minimized by reducing the weight of reciprocating masses and downsizing auxiliary equipment. Thanks to these innovations the engine achieves the same level of friction as a Honda gasoline engine of the same displacement. Thermal management was also optimized by enhancing the engine cooling system. In addition, low-pressure loop exhaust gas recirculation (LP-EGR) was applied to achieve higher thermal efficiency. As a result of these measures, the engine reaches a high level of boost and high EGR, so that it was possible to heighten its fuel efficiency and reduce emissions across a wide range of operating conditions.

Like the 2.2-l model, the Civic fitted with this 1.6-l diesel engine features an idle-stop function and braking energy recuperation. With all these modifications, the Civic achieves CO₂ emissions of 94 g/km (3.6 l/100 km) in the NEDC cycle which corresponds to a reduction of CO₂ emissions of 14.5 % against the 110 g/km recorded by the 2.2-l model.



14 Prominent guests at the plenary closing session from left to right: Prof. Lenz, Mrs. Piech, Prof. Piech, Dr. Neußer

Dr.-Ing. R. Marquard (lecturer),
Dr.-Ing. G. Töpfer, DEUTZ AG, Cologne:
 “The New DEUTZ Engine TCD 3.6 – The
 Powerful and Compact Engine Series for
 Various Applications”:

The newly designed, water-cooled, four-cylinder in-line engine TCD 3.6 with turbocharger and a powerful common-rail injection system as well as highly efficient combustion with cooled external exhaust gas recirculation meets the requirements for emission levels of EU Stage IIIB and U.S. EPA Tier 4 interim. With outstanding torque and rated power characteristics, this engine operates in a power range that was previously reached only by series engines with larger displacements. Varying customer-driven demands can be met assuring low fuel consumption, high engine dynamics and excellent response for a wide variety of applications.

An open DVERT exhaust after-treatment system featuring a remote or close-coupled diesel oxidation catalyst permits entirely maintenance-free operation of the exhaust gas after-treatment system under all operating and environmental conditions. Thanks to the modular system with high variability, all customers are offered tailor-made solutions for environmentally friendly operation. Optionally, the system can be complemented by a closed diesel particulate filter (DPF). The wide variety of applications for agriculture and industry calls for a flexible engine architecture built up on a base engine and suitable for different drives and widely varying installation requirements of customers. The diversity of engines for varying applications as well as their worldwide use, also in remote areas of the globe, which are exposed to different climate conditions such as very low or high temperatures, dust, etc. present additional challenges for automotive engineers.

NEW OTTO ENGINES II

A. Ser (lecturer), **B. Covin**, **D. Levasseur**,
A. Boiarciuc, Renault SAS, Rueil-Malmaison / Lardy: “RENAULT Energy TCE 90: The First RENAULT Gasoline 3 Cylinder Turbocharged Engine”:

This paper describes the characteristics of a new 0.9-l, three-cylinder gasoline turbocharged engine. This new “downsized” engine will constitute the core of Renault’s B & entry-level segment.



15 Prof. Dr. Thomas Weber

As part of the energy TCe family, this engine will have a power output of 66 kW (similar to a naturally aspirated 1.4-l engine) with very low CO₂ emissions. It is best-in-class with regard to fuel efficiency in customer operation, and ranks amongst the engines with the lowest CO₂ emissions (below 99 g/km).

Based on its extensive experience with turbocharged gasoline engines, Renault has been able to optimize combustion to such an extent that the engine not only boasts high fuel economy but also good driveability.

This engine is also attractive in terms of total cost of ownership, which is between that of diesel and conventional gasoline engines. Therefore, the new engine offers an interesting option for users driving more than 15,000 km annually.

M. Kanda (lecturer), **Dr. E. Matsumura**, **F. Hattori**, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: “Toyota’s Innovative Concept for a SI Direct Fuel Injection System”:

Initially, gasoline direct injection engines were developed with a view to obtaining stratified lean combustion which results in better fuel economy. However, as exhaust gas emission regulations have become more stringent, automotive engineers have changed the combustion strategy for most gasoline direct injection engines to homogeneous stoichiometric combustion. Stratified lean combustion can nevertheless be used during the catalyst heat-up phase to

shorten this phase and reduce pollutant emissions.

In addition, exhaust gas recirculation (EGR), which is widely used in diesel engines, can also be applied in order to improve fuel efficiency. As particulate emissions must also be taken into account, especially with direct injection engines, emission legislation in Europe has also imposed limits on particulate numbers.

Toyota conceived its new direct injection concept (D-4S) with manifold and direct injection in order to meet these requirements. With this concept, combustion velocity and homogeneous mixture formation were enhanced by means of an injection spray configuration that improves in-cylinder flow. Particulate numbers and oil dilution were kept at a low level by using a narrow fan-shaped spray produced by a split nozzle. This split nozzle also serves to avoid spray deposits. Thanks to rapid catalyst heating, very low emission levels can be attained, so that the super- ultra- low emission vehicle (SULEV) standard applied in North America can be met.

F. Ishiguro (lecturer), **Z. Mashiki**, **K. Yamanari**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: “The New 2.5L L4 Gasoline Engine for LEXUS IS300h – The Renewed Engine Series for FR Hybrid Vehicles”:

In 1997, Toyota introduced the Toyota Hybrid System (THS) and has since continuously improved its technology. With the widespread marketing of hybrid engine models, this technology has con-



16 Prof. Dr. Peter Gutzmer

tributed to an improvement of the global environment. Toyota presented its revised four-cylinder engine series for FF vehicles at this symposium last year. This year, Toyota reports on the outcome of its continuous development of rear-wheel drive FR hybrid vehicles, especially for the D and E segments. Toyota not only increased the thermal efficiency of these engines and reduced CO₂ emissions, but also achieved higher power output. In 2012, Toyota launched its 3.5-l V6 engine for LEXUS-GS (2GR-FXE engine), as the first engine of this new series. In 2013, Toyota will introduce the 2.5-l four-cylinder engine for the LEXUS-IS (2AR-FSE engine). Toyota developed these new engines with a view to defining new benchmarks in terms of fuel consumption, clean exhaust gas emissions and reliability. The modifications were necessary in order to make this engine suitable for hybrid operation. With the aim of maximum environmental friendliness, Toyota improved vehicle characteristics, such as response during acceleration by combining higher engine output with a newly developed hybrid system.

One of the most significant features of the new engine family is the new generation D-4S system which includes two injectors (for direct injection and port injection) for each cylinder, high fuel pressure (greater than 18 MPa) and a high fuel flow rate. With the new genera-

tion D-4S system high performance and good thermal efficiency can be achieved.

Furthermore, Toyota added a cooled EGR system to the 2AR-FSE engine which contributes to lower fuel consumption, especially in motorway driving. The very low friction technology and the well proven Atkinson cycle are also key features of this engine series. Thanks to the above features, the new engine series attains high performance and an up to 38.5 % better thermal efficiency, which contributes to outstandingly low CO₂ emissions as well as fuel consumption levels.

Finally, the new 2013 LEXUS-IS, a D-segment car equipped with the leading engine of this series (2AR-FSE), boasts extremely low CO₂ emissions of 100 g/km. This value is far better than the D-E-segment vehicles of competitors equipped with conventional gasoline or diesel engines. Toyota will use this new engine in a wide range of vehicles.

ELECTRIFIED POWERTRAINS

N. Nakada (lecturer), **S. Nakazawa**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: “The New Electric Powertrain on the 2013 MY Nissan LEAF”:

The Nissan LEAF was launched in 2010 as the world’s first mass-produced electric vehicle. As of 2012, over 46,000 units of the Nissan LEAF are now on the road in some 33 countries worldwide, especially in Japan, the U.S. and Europe. The 2013 model year Nissan LEAF has been announced and released, featuring substantial improvements in overall performance based on a thorough analysis of the driving data recorded by the Nissan LEAF in real-world use during the past two years.

One of the major changes made to the 2013 model is the adoption of an entirely new electric powertrain. The traction motor, inverter and charging unit of this new electric powertrain have been fully redesigned. Moreover, these high-voltage parts specific to an EV are now assembled into an integrated powertrain that is 30 % smaller, 10 % lighter and significantly less expensive than the corresponding electric powertrain used in the 2011 model.

The driving range of the 2013 Nissan LEAF has also been extended by more than 10 % over that of the 2011 model as a result of an improved cooperative

regenerative braking system and a heat pump-based air-conditioning system, reducing the vehicle weight, lowering the drag coefficient, and bringing down the parasitic loads of the auxiliary units. In addition, the man-machine interface elements, including the navigation system and other instruments, have also been improved to enhance the convenience of driving an EV. This paper describes various key technologies of the 2013 Nissan LEAF and focuses, in particular, on the newly devised electric powertrain.

Dr. M. Zillmer (lecturer), **Dr. H.-J. Neußer**, **Dipl.-Ing. H. Jelden**, **Dipl.-Ing. P. Lück**, **Dipl.-Ing. G. Kruse**, Volkswagen AG, Wolfsburg: “The Electric Drive of the Volkswagen e-up! – A Step towards Modular Electrification of the Powertrain”:

An effective and sustainable reduction of CO₂ emissions from road traffic can be achieved if electric power is used as an energy source alongside conventional fossil-based fuels. This necessitates the development of battery electric vehicles or plug-in hybrids. The on-board storage technology for electric energy of such vehicles presents the automotive industry with new challenges such as, for example, the need for reducing costs. Furthermore, driving ranges of battery systems have to be optimized since their energy density is low as compared to a full petrol tank. However, the on-board storage technology for electric energy is currently still expensive and risk-prone, and the energy density that can be achieved is low compared to that of a petrol tank.

This paper cites the example of the battery electric vehicle e-up!, illustrating the range of electrified powertrains that can be offered for different vehicle classes based on a modular matrix of electric and hybrid components.

Dr. K. Philipp (lecturer), **Dipl.-Ing. H. Jelden**, **Dr.-Ing. H.-J. Neußer**, Volkswagen AG, Wolfsburg: “The Electrified Powertrain of the Volkswagen Golf Plug-in Hybrid”:

The Golf plug-in hybrid represents the next step in the implementation of Volkswagen’s electrification strategy. The model, which will be launched in 2014, has a lithium-ion battery system covering a range of up to approximately 50 km when driving with the 80 kW electric motor. A 1.4-l, 110 kW TSI engine is inte-

grated into the drivetrain for hybrid operation, which, in combination with the electric motor, ensures dynamic response and sporty performance. Power is transmitted from both drives via a newly developed dual-clutch gearbox designated as DQ400E.

With the Golf plug-in hybrid, Volkswagen is carrying forward the further evolution of the modular matrix for electrified drivetrains, the components of which are modular and scalable. Thanks to its broadly based strategy, the Group is in a position to develop and manufacture new electrified models for various performance categories in quick succession.

**PLENARY CLOSING SESSION:
VIEW TO THE FUTURE**

In the plenary closing session, 13, an outlook was given on the future of mobility which aroused great interest in prominent participants, 14.

Prof. Dr. Thomas Weber, 15, Member of the Board of Management, Group Research and Mercedes-Benz Cars Development, Daimler AG, Stuttgart: “The Future Belongs to Diversity: Tailor-made Products for Successful Mobility Solutions”:

“What will the car of tomorrow look like? And how are people’s mobility needs changing? Aided by market

research and through customer feedback, among other things, as well as using technology monitoring and future research, development experts at Daimler and Mercedes-Benz are finding answers to such basic questions as these. Such disciplines have a long tradition in the company. For over 30 years international research teams have worked on anticipating long-term trends and societal developments in order to transfer these to the topic of mobility. This farsighted approach, this ‘thinking ahead’ generates new solutions in anticipation of changed conditions and new customer requirements rather than facing the need to react to these.

Variety and individuality through diversification of powertrains:

Mercedes-Benz is also relying on the growing diversity in the drive sector. Its general strategy is ‘tailor-made powertrains for every purpose’. Accordingly, hybrid drives constitute the ideal solution for large or relatively large cars – from the C-Class on.

As in many other areas, the S-Class has successfully played a pioneering role: the first hybrid production model with a lithium-ion battery was the S 400 HYBRID in 2009.

The S-Class is also firmly cast in the role of efficiency champion in its class: in the (still) current model series, the S 250 CDI is the first of its class able to put a 5

before the decimal point, thanks to its four-cylinder diesel engine.

And in the new generation this position will be further strengthened. Mercedes does not want to reveal too much right now before the world première, but will offer customers a series of highly efficient powertrains – first and foremost, a plug-in hybrid that will manage to turn the S-Class into a 3.0-l car.

Efficiency drive: multi-track strategy for safeguarding mobility over the long term.

Daimler is relying on a multi-track strategy on the path to sustainable mobility:

- : Track one: optimized vehicles with high-tech internal combustion engines
- : Track two: hybrid drives with varying power ratings
- : Track three: electric cars with battery or fuel-cell drive.

On this basis it will be possible to realize different drive technologies and vehicle concepts in line with all specific requirements relative to areas of operation and driving profiles”.

Prof. Dr.-Ing. Peter Gutzmer, 16, Member of the Executive Board, Chief Technology Officer, Schaeffler AG, Herzogenaurach: “Modular and Cost-Conscious Innovation for the Future”:

When looking to the future Prof. Gutzmer expects the trend of urbanization worldwide to gather momentum. Ever greater mobility will offer Schaeffler new business opportunities as a supplier.

Successful innovations must rely on structured processes. Cost-conscious engineering combined with profound technological expertise and product know-how will constitute a prerequisite for the success of all suppliers. Global standardization will be another key success factor.

Prof. Dr. Martin Winterkorn, 17, Chairman of the Board, Volkswagen AG, Wolfsburg: “Driving the Future: Volkswagen Group’s Concepts for Sustainable Mobility”:

“Sustainable mobility must remain the automotive industry’s top priority, even when the economic outlook changes. The Volkswagen Group is strongly committed to its ecological responsibilities and is working hard to lower the CO₂ emissions of its European fleet of new cars to 95 g/km by 2020. With a view to attaining this goal, it has adopted a broadly-based strategy to enhance and



17 Prof. Dr. Martin Winterkorn

improve the whole range of its drive-trains: from highly efficient TSI and TDI engines to natural-gas drive systems, from plug-in hybrids to pure electric-drive systems. As far as the established technologies are concerned, there is still considerable potential for efficiency improvements. Volkswagen, for example, is currently working on a high-performance diesel engine and a new ten-speed dual-clutch gearbox. As far as alternative drive systems are concerned, the plug-in hybrid has the best chance of market success in the medium term. Overall, the key to the success of sustainable mobility solutions is to focus on customers and their needs because it is essential that customers accept the new technologies and, more importantly, be prepared to pay an adequate price for them. Cars such as the Golf BlueMotion, the Audi A3 e-tron, the Porsche Panamera E-hybrid, and the Volkswagen eco up!, which is powered by natural gas, all convey a clear message: automobiles must remain something fascinating for people, no matter what type of drive system they have.

In the years to come, all vehicle classes will be electrified and thus will help to make electric mobility universally accepted and a success. Electric mobility is far from dead. In fact, it is only now being truly born.

No matter whether it has a combustion engine, an electric drivetrain, or a plug-in hybrid, the car of the future will be as indispensable as cars are today. It will continue to fascinate people. It will have the best environmentally friendly, practical technology. It will have attractive styling. And, last but not least, it will simply be fun to drive.

The International Vienna Motor Symposium is not just the main conference for modern engine technology. In a way, it is also the class reunion for our industry.

Here you can meet the best engineers, have discussions at the highest technical level, and yet always find time to speak to people on a more personal level.

I like this atmosphere, which is why I was more than happy to come back to the Hofburg Palace this year. But the atmosphere is not the only reason. There is also one major difference between this and other class reunions: here, in Vienna, the focus is not about the past – it is about the future”.

POSTER PRESENTATIONS

Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder, Dr. P. Grabner, Dipl.-Ing. K. Hadl, Dipl.-Ing. C. Hepp, Dipl.-Ing. R. Luef, Graz University of Technology: “Dual Fuel Concepts for Mobile Application”:

Economic as well as environmental considerations make the use of alternative fuels increasingly attractive. With natural gas and hydrogen, two fuels are available which are of particular interest not least because of their CO₂ reduction potential. This paper describes the results of the experimental investigations of two dual-fuel combustion processes in a conventional DI diesel engine in greater detail. A passenger car diesel engine was adapted to enable both pure diesel operation as well as dual-fuel operation with CNG or hydrogen. The objective was to inject the alternative fuel gas into the intake manifold and to ignite the homogeneous gas-air mixture by means of a diesel ignition-jet in the combustion chamber.

The motivation for such a dual-fuel operation is mainly the reduction of CO₂ emissions and the improvement of the trade-off between soot and NO_x by the simultaneous use of two established technologies. Furthermore, the fundamentally higher efficiency potential of this concept compared to a bivalent operated gasoline/natural gas/gasoline engine plays a crucial role.

CNG-diesel as well as hydrogen-diesel operation were investigated experimentally in a number of steady-state operating points. The influence on the combustion method and the stability of the combustion process at different gas rates in the cylinder charge were analysed and possibilities of CO₂ and pollutant reduction were explored. Variables, relevant for dual-fuel operation such as energetic gas percentage, boost pressure, charge movement, rail pressure and injection timing were analysed and their interactions demonstrated.

Special attention was given to exhaust gas recirculation, its impact on the alternative combustion process was explored and its potential in different speed ranges was assessed.

Dr. W. Tober, Dipl.-Ing. C. Macek, Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, Dipl.-Ing. P. Nußbaumer, Ao. Univ.-Prof. Dr. T. Wolbank, Vienna University of Technology: “Inverter-fed Drives in Electric Cars:

Demands on the Control and Determination of Performance”:

As a result of the implementation of electric drives, new challenges are presenting themselves to the automotive industry. This paper deals with the control of electric drivetrains as well as boundary conditions and requirements for the metrological determination of engine output. The demands made upon speed variability and dynamic load of electric motors call for the use of modern inverter-fed drives with pulsed voltage which, as compared to sinusoidal feed, involve parameters that need to be determined, such as dead time and harmonics. The paper illustrates the challenges and solutions for control methods. Special standards are set for determining engine performance and equipment required for its measurement. These are examined theoretically and analysed on the basis of practical measurements.

CONFERENCE DOCUMENTATION

The lectures presented at the 34th International Vienna Motor Symposium are contained, in extenso, together with additional brochures in the VDI Progress Reports, series 12, no. 764, volumes one and two (the English version of these lectures can be found on the enclosed CD). All documents can be obtained from ÖVK (Austrian Society of Automotive Engineers).

INVITATION

The 35th International Vienna Motor Symposium will take place on May 8th and 9th, 2014, in the Congress Center Hofburg Vienna. We should like to extend a cordial invitation already at this point in time. In view of the expected large number of participants we recommend you to send in your application immediately after the announcement of the programme on the internet in mid-December 2013.

CONTACT

Austrian Society of
Automotive Engineers (ÖVK)
Elisabethstrasse 26
A -1010 Vienna
Tel. + 43/1/5852741-0
Fax + 43/1/5852741-99
E-Mail: info@oevk.at
Homepage: www.oevk.at

ÖSTERREICHISCHER VEREIN FÜR KRAFTFAHRZEUGTECHNIK (ÖVK) AUSTRIAN SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS

Elisabethstrasse 26/24

1010 Vienna

Tel: +43 1 585 27 41-0

Fax: +43 1 585 27 41-99

E-Mail: info@oevk.at

www.oevk.at

