

The background image shows the ornate facade of the Hofburg in Vienna. Two blue vertical banners with white text hang from poles in front of the building. The top banner reads 'WIENER MOTORENSYPOSIUM' and the bottom banner reads 'VIENNA MOTOR SYMPOSIUM'. A group of people in business attire is visible in the foreground, gathered near some greenery.

**33. INTERNATIONALES
WIENER MOTORENSYPOSIUM
26. UND 27. APRIL 2012**

**33RD INTERNATIONAL
VIENNA MOTOR SYMPOSIUM
APRIL 26TH AND 27TH, 2012**

Von/By

Hans Peter Lenz

MTZextra

MTZ Motortechnische Zeitschrift 73 (2012), Nr. 9 | Springer Vieweg | Wiesbaden | Germany



Foto: Kucera

33. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPIOSIUM

Zum 33. Internationalen Wiener Motorensymposium am 26. und 27. April 2012 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 **Prof. Lenz, ①**, die Teilnehmer des voll ausgebuchten 33. 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 Motorentechnik e. V. (WKM) unterzogen. Prof. 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 1000 Vorträge seit 1985 in dieser Datenbank enthalten.

Prof. Lenz erklärte, dass auch in diesem Jahr die neuesten Ergebnisse aus den Bereichen Antriebstechnik, Energie, Umwelt und benachbarter Gebiete präsentiert werden, und bedankte sich bei allen Vortragenden, den besten Experten ihres Gebietes, für ihren Einsatz und ihre Mühe.

„Wir stehen vor verbesserten, weiterentwickelten oder neuen Antriebskonzepten. Es war noch nie so spannend in der Entwicklung der Automobilantriebe wie heute. Noch nie hatten wir so große Möglichkeiten der Verbesserungen, von der Verminderung der Reibung über den Einsatz von Motorvariabilitäten, Aufladung bis zu elektrischen und elektronischen Hilfsmitteln“, stellte Prof. Lenz fest und fügte hinzu: „Das Ziel, nachhaltige Mobilität sicher zu stellen, wird in Zukunft erreicht. Dabei setzt man weniger auf revolutionäre Prozesse als auf Evolution, langjährige Entwicklungsprozesse.“

Nach Einschätzung von Prof. Lenz stehen wir aber auch vor großen Erwartungshaltungen an neue Antriebskonzepte wie die reine Elektromobilität. Hier müssen wir realistisch bleiben. Es ist sicher richtig und wichtig, auch reine E-Mobile zu entwickeln, um Serienerfahrung zu sammeln und um zu zeigen, dass wir die Sache ernst nehmen.

Die Fortschritte bei Verbrennungsmotoren seien von Modellreihe zu Modellreihe groß, 15 bis 25 % seien keine Sel-

tenheit. Die Überlegenheit der Verbrennungsmotoren gegenüber der reinen E-Mobilität, geprägt in erster Linie durch die Speicherkapazität der Batterien, wird nicht geringer. Noch fehlt mindestens eine 10er-Potenz. Und warum sollten an ein reines E-Mobil geringere Anforderungen gestellt werden als an Fahrzeuge mit konventionellen Antrieben?

Die Erkenntnis, dass reine E-Mobilität nur Sinn macht, wenn der Strom regenerativ erzeugt wird, habe sich mittlerweile durchgesetzt, so Lenz.

Konventionelle Antriebe, Otto- und Dieselmotoren in Kombination mit elektrischer Unterstützung werden also die nächsten Jahrzehnte prägen.

Auch die emotionalen Bindungen bezüglich der individuellen Mobilität werden sich in Zukunft nicht drastisch ändern. Das Erlebnis der Geschwindigkeit, Beschleunigung, der Wunsch nach örtlicher Unabhängigkeit werden durch die modernen Kommunikationsmittel kaum abgelöst werden können.

Nach Einschätzung von Prof. Lenz ist es eine aufregende und spannende Zeit für die globale Automobilindustrie mit großen Aufgaben, für die es sicher nicht nur eine Lösung geben wird.

Nach der gemeinsamen Plenar-Eröffnungssektion folgten in zwei Parallelsessionen, ③, ④ und ⑤, die Fachvorträge unter der Leitung der Professoren **G. Bras-**



① Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz

G. Jürgens und **H. P. Lenz**. Eine umfassende und eindrucksvolle Ausstellung neuer Motoren, Komponenten und Fahrzeuge ergänzte die Vorträge, ⑥, ⑦ und ⑧.

Die Begleitpersonen genossen ein kulturell anspruchsvolles Rahmenprogramm mit einer Fahrt zu zwei Klöstern in Niederösterreich, einer Besichtigung der Augarten-Porzellanmanufaktur und einem Besuch einer Ausstellung zum 150. Geburtstag von Gustav Klimt im Leopold Museum. Den Abend verbrachten die Teilnehmer im Rathaus bei einem Empfang des Bürgermeisters.

PLENAR-ERÖFFNUNGSEKTION

Den ersten Plenarvortrag der Eröffnungssitzung hielt **Dipl.-Ing. Wolfgang Hatz**, ⑨, Mitglied des Vorstands – Forschung und Entwicklung, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach, zum Thema „Porsche Intelligent Performance – Effizienzstrategien der Zukunft im Sportwagen“:

Nach einem Überblick über die traditionellen Ziele des Hauses Porsche – maximale Leistung und höchste Effizienz – kam Hatz auf die entscheidende Forderung der Zukunft: der Effizienzsteigerung, die zum Beispiel bei Vermeiden eines Tankstopps bei einem 24-Stunden-Rennen über Sieg oder Niederlage entscheiden kann.

Anschließend stellte er die drei Schwerpunkte zukünftiger Entwicklungen bei Porsche vor: Optimierung der konventionellen Verbrennungsmotoren, Weiterentwicklung der Elektrifizierung in den Porsche-Hybridmodellen, gezielter Einsatz der Plug-in-Hybrid-Technik.

Hatz berichtete begeistert über seine Testfahrt mit dem neuen Porsche 918 Spyder. Dieser Parallel-Hybrid besteht aus einem bis zu 9000/min drehenden 4,6-l-V8-Saugmotor mit über 570 PS und der zwischen Motor und Getriebe angeordneten hinteren E-Maschine mit rund 90 kW, die die Hinterräder antreibt. Vom GT 3 R Hybrid übernimmt der 918 Spyder die Idee der elektrischen Vorderachse. Dort befindet sich eine autarke Elektromaschine mit über 80 kW Leistung.

Dipl.-Ing. Peter Langen, ⑩, Bereichsleiter Entwicklung Antrieb, BMW Group, München: „Zukünftige Mobilitätslösungen der BMW Group“:

Die Anforderungen an Angebote zur individuellen Mobilität verändern sich weltweit und stellen die Automobilhersteller vor große Herausforderungen. Die



② Eröffnung mit Fanfare

BMW Group möchte führender Anbieter von Premium-Fahrzeugen und Premium-Mobilitätsdienstleistungen sein und verfolgt dieses Ziel konsequent. Die Nachhaltigkeit der Produktangebote ist dabei von besonderer Bedeutung. Konventionelle Antriebe bleiben in den nächsten Jahrzehnten eine wichtige Säule im Lösungsportfolio, haben aber Grenzen, die den Einstieg in Alternativen erfordern. Dazu gehören primär die Elektrifizierung und langfristig auch alternative Kraftstoffe wie Wasserstoff.

BMW verfügt insbesondere bei den Verbrennungsmotoren mit BMW TwinPower Turbo über eine überzeugende Technologie, die auch Basis für die nächste Motorengeneration sein wird. Der erfolgreiche Einstieg in die Elektrifizierung ist bei der BMW Group über die BMW ActiveHybrid Technologie in wichtigen Fahrzeugbaureihen erfolgt. Fortgesetzt wird dies mit der neuen Submarke BMW i, die mit „born electric“ für die Elektrifizierung und Integration innovativer Antriebslösungen steht.

Mit Dienstleistungen in Verbindung beziehungsweise auch unabhängig vom Fahrzeug bringt BMW schon heute wegweisende Mobilitätslösungen auf den Markt. Die für Elektromobilität notwendige Infrastruktur und den langfristigen Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur unterstützt die BMW Group in industrieübergreifenden Initiativen.

Dr. Jürgen M. Geißinger, ⑪, Vorsitzender des Vorstands, Schaeffler AG, Herzogenaurach: „Der Antriebsstrang im Spannungsfeld von Verbrennungsmotor und Elektromobilität“:

In der öffentlichen Diskussion lässt die Euphorie nach, einen schnellen und flächendeckenden Einsatz der Elektromobilität zu erwarten. Die Automobilindustrie hat aber keineswegs einen Gang zurückschaltet. Es gilt vielmehr, die Entwicklungsprogramme zur Verbesserung des konventionellen Antriebs zu forcieren und gleichzeitig die Einführung von elektrifizierten und elektrischen Antrieben voranzubringen.

Schaeffler treibt mit seinen Aktivitäten auf Komponenten-, Modul- und Systemebene konsequent die weitere Optimierung des Antriebsstrangs mit Verbrennungsmotoren voran. Hierzu tragen Reibungsminimierung und Gewichtseinsparung, aber vor allem Variabilität im Ventiltrieb – diskrete wie auch kontinuierliche Systeme – mit erheblichen Potenzialen bei.

Darüber hinaus ergeben sich sowohl bei Getrieben als auch bei radnahen Komponenten Handlungsfelder für die Weiterentwicklung des verbrennungsmotorischen Antriebs.

Verbrennungsmotor und Elektromobilität stehen dabei nicht im Gegensatz zueinander. Downsizing- und Downspeedingkonzepte werden durch elektrifizierte Systeme ergänzt, die gemeinsam

ein Fahrerlebnis sicherstellen, das dem Anspruch an weitere Verbesserung von Fahrdynamik aber auch Kraftstoffeffizienz gerecht wird. Die größten Potenziale für das rein elektrische Fahren liegen in der urbanen Mobilität der boomenden Megacities, um lokal emissionsfreies Fahren sicherzustellen. Es entstehen neue Fahrzeugkonzepte, die der angespannten Verkehrssituation gerecht werden.

Schaeffler leistet bereits heute einen wesentlichen Beitrag mit der Entwicklung von Radnabenantrieben, die die Manövrierbarkeit deutlich verbessern und die Möglichkeit für Automobile mit neuen Raumkonzepten schaffen.

NEUE OTTOMOTOREN

Dipl.-Ing. T. Wasserbäch (Vortragender), **Dipl.-Ing. M. Kerkau**, **Dipl.-Ing. G. Bofinger**, **Dipl.-Ing. M. Baumann**, **Dipl.-Ing. J. Kerner**, **Dr.-Ing. H.-J. Neußer**, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach: „Performance und Effizienz – die Boxermotoren im neuen Porsche 911 Carrera“:

Der neue Porsche 911 Carrera ist mit 48 Jahren jünger denn je. Die völlig neu entwickelte Generation der Sportwagen-Ikone legt die Messlatte bei Performance und Effizienz noch einmal deutlich höher. Alle Versionen haben einen Kraftstoffverbrauch von weniger als 10 l auf 100 km. Im Vergleich zum Vorgänger sinken Verbrauch und Emissionen um bis zu 16 %.

Einen wesentlichen Beitrag liefern hierzu die tiefgreifend optimierten Sechszylinder-Boxermotoren. Durch die weitere Entdrosselung der Ansaugstrecke sowie der Abgasanlage in Verbindung mit der Optimierung des Brennverfahrens konnte die Leistung des 3,8-l-Motors beim 911 Carrera S auf 400 PS gesteigert werden. In Verbindung mit dem Porsche-Doppelkupplungsgetriebe wurde der Verbrauch gleichzeitig um 15 % gesenkt. Der 3,4-l-Motor des 911 Carrera hat gegenüber seinem Vorgänger einen verringerten Hubraum. Auch hier konnten sowohl die Motorleistung als auch die Beschleunigungswerte trotzdem weiter gesteigert werden, bei gleichzeitig 16 % geringerem Verbrauch.

Zur emotionalen Steigerung des Fahrerlebnisses wurde die Drehfreudigkeit der Boxermotoren durch eine Verringerung der Drehmassen weiter verbessert sowie die Maximaldrehzahl auf 7800/min erhöht. Mit dem neuen Siebengang-Hand-



③ Plenar-Eröffnungssektion (v.r.n.l.): Dr. Geißinger, Dipl.-Ing. Langen, Dipl.-Ing. Hatz, Prof. Lenz

schaltgetriebe und dem Porsche-Doppelkupplungsgetriebe wurden spezielle Funktionen entwickelt, die die spontane Reaktion des Motors auf Gaspedal und Schaltbefehl akustisch hervorheben und damit den neuen 911 Carrera deutlich emotionaler gestalten. Start-Stopp, Segeln, Thermomanagement, Bordnetzregeneration sowie Reibungsmaßnahmen verbessern gleichzeitig die Effizienz.

Dipl.-Ing. J. Königstedt (Vortragender), **Dipl.-Ing.(FH) M. Aßmann**, **Dipl.-Ing. C. Brinkmann**, **Dipl.-Ing. A. Eiser**, **Dr.-Ing. A. Grob**, **Dipl.-Ing. J. Jablonski**, **Dipl.-Ing. R. Müller**, Audi AG, Neckarsulm und Ingolstadt: „Die neuen 4,0-l-V8-TFSI-Motoren von Audi – die konsequente Verbindung von Effizienz und Performance“:

Die neu entwickelten 4,0-l-V8-TFSI-Motoren von Audi bringen die Downsizing-Strategie in das Hochleistungs-Segment. Dabei leisten die Biturbo-Motoren bis zu 382 kW (520 PS). Die Aufladung verleiht dem V8-TFSI eine souveräne Kraftentfaltung. Es stehen bis zu 650 Nm Drehmoment von 1700 bis 5500/min zur Verfügung.

Das Konzept der Zylinderköpfe – die Ansaugseite liegt außen, die Abgasseite innen – steht für kurze Gaslaufwege mit minimalen Strömungsverlusten. Der Motor spricht dadurch in Verbindung mit den beiden Twinscroll-Turboladern sehr spontan an. Bei diesen Motoren wird das „Cylinder on demand“-System eingesetzt, das auf das Audi Valvelift System

(AVS) aufbaut. Die Reibleistung konnte durch verschiedene Maßnahmen deutlich verringert und ein innovatives Thermomanagement (ITM) realisiert werden.

Der neue V8-TFSI kommt erstmalig in den neuen Audi-Modellen S6, S7 und S8 zum Einsatz. Sowohl der Audi S6 als auch der Audi S8 der Vorgängergeneration wurden noch von einem 5,2-l-V10-FSI angetrieben. Der Umstieg auf den neuen 4,0-l-V8-TFSI konnte den CO₂-Ausstoß um bis zu 25 % reduzieren, und das bei deutlich verbesserten Fahrleistungen.

Ing. F. Steinparzer (Vortragender), **Dr.-Ing. M. Klütting**, **Dipl.-Ing. J. Poggel**, BMW Group, München: „Die neuen BMW V8-Antriebe: Kundenwertigkeit durch Aufladung und variable Ventilsteuerung“:

Der 2008 als komplette Neukonstruktion am Markt eingeführte aufgeladene 4,4-l-V8-Otto-Turbomotor stellt einen wichtigen Eckpfeiler im oberen Produktportfolio der BMW-Angebotspalette dar. Im Hinblick auf die weiter gestiegenen Anforderungen wie Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, Verbesserung des stationären und dynamischen Leistungsverhaltens, verschärfte weltweite Abgasgesetze sowie die Ausdehnung des Anwendungsportfolios auch auf den neuen BMW M5 wurde dieser Motor grundlegend überarbeitet.

Nach dem bewährten Grundkonzept des 90°-V8-Triebwerks wurden die Motormechanik, das Brennverfahren sowie die Aufladung konsequent weiterentwi-

ckelt. Mit der BMW Valvetronic verfügt der Motor nun über die bereits von den BMW-Reihenmotoren bekannte weltweit einzigartige Kombination von Direkteinspritzung, Abgasturboaufladung und vollvariabler Einlassventilsteuerung.

Im neuen M5 erreicht das neue Aggregat eine Nennleistung von 412 kW, ein maximales Drehmoment von 680 Nm und eine maximale Drehzahl von 7200/min bei einem Normverbrauch von nur 9,9 l/100 km und unterstreicht damit nachhaltig die BMW-Strategie EfficientDynamics auch im obersten Fahrzeugsegment.

EINSPRITZUNG

A. Knight, BEng, S. Crossley, MEng, CEng, D. E. Draper, BSc, CEng, (Vortragender), Delphi Diesel Systems – Heavy Duty Business, Stonehouse:

„Entwicklung eines Hochdruck Common Rail Systems mit fortschrittlichen elektronischen Ansteuerstrategien für zukünftige Heavy Duty Fahrzeuge“:

Dieser Vortrag beschreibt und diskutiert die Details der neuesten Generation der Nutzfahrzeug-Common-Rail-Systeme von Delphi Diesel Systems.

Diese Einspritzsysteme wurden speziell für die Euro-VI-Anforderungen entwickelt. Sie ermöglichen es, Motoren mit wenig bis keinen Motoränderungen auf den neuesten Stand zu bringen. Diese Systeme sind auf Einspritzdrücke bis zu 3000 bar ausgelegt, mit mindestens fünf Einspritzungen pro Zyklus, bei gleichbleibend hohem Wirkungsgrad. Erreicht wird dies durch marktführende Einspritztechnologie und flexible Pumpenkonstruktion mit einzigartiger Ansteuerung und wählbarer Förderleistung.

Die Systeme sind mit Hard- und Software voll mit dem Steuersystem integriert. Sie basieren auf dem neuesten Stand der bewährten Delphi-Technik, um die aktuellen Anforderungen von Nutzfahrzeugen und gesetzliche Anforderungen zu erfüllen. Sie beinhalten innovative Luft- und Kraftstoffsteuerstrategien und einzigartige Kalibrierverfahren, um eine gleichbleibende Funktion über die gesamte Motorlebensdauer zu gewährleisten, um Motor- und Fahrzeugsteuerfunktionen zu übernehmen und um die neuesten OBD-Anforderungen zu erfüllen.

In der Entwicklung der Systeme wurden sie auf speziell dafür entwickelten

Prüfständen und in den neuesten Nutzfahrzeugmotoren und Nutzfahrzeugen auf Funktion und im Dauerlauf getestet, damit Nutzfahrzeughersteller die Euro-VI- und US-13-Anforderungen erfüllen können. Die baukastenartigen Systeme sind flexibel installierbar und anpassungsfähig an die Motorenarchitektur im Bereich von 7 bis 16 l.

Die nachhaltige Grundkonstruktion der Systeme ist entwicklungsfähig, um zukünftige Anforderungen über Euro VI hinaus zu erfüllen. Dies wird erreicht durch höhere Drücke, Leistungssteigerung durch höhere Wirkungsgrade und durch genauere Steuerung.

Dr. R. Maier (Vortragender), **J. Warga, Dr. T. Pauer, Dipl.-Ing. J. Gerhardt, Dr. M. Krüger**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart:

„Die nächste Generation von BOSCH Common Rail Injektoren mit Digital Rate Shaping – Der Schlüssel zur Erfüllung zukünftiger Anforderungen“:

Verbrauch, Emissionen und Geräusch eines Dieselmotors stehen im gesamten Betriebskennfeld in einem komplexen Zusammenhang. Mithilfe der Piloteinspritzung (PI) lässt sich der Verbrennungsvorgang optimiert gestalten, wobei die



4 Festsaal



5 Zeremoniensaal

Freiheitsgrade bei konventionellen PI-Strategien eingeschränkt sind. Die Öffnung dieser Beschränkungen bietet eine zeitlich eng angelagerte Voreinspritzung. Damit lässt sich mit digitalem Einspritzmuster (Voreinspritzung/Haupt einspritzung) ein „weicher“ Brennverlauf ohne Unterbrechung realisieren, der zu Geräuschminderung führt und weitere Reduzierung von Emissionen und Verbrauch zulässt.

Aus dieser Digital-Rate-Shaping-Strategie entstehen neue Anforderungen an den Injektor in Bezug auf zeitlichen Abstand zwischen Vor- und Haupteinspritzung, Mengenpräzision und Reproduzierbarkeit. Diese wurden bei der Entwicklung des neuen Magnetventil-Injektors CRI2-20 berücksichtigt, der ein neues Grundkonzept mit integriertem Hochdruckvolumen und einem „Lange Nadel“-Design verfolgt. Die realisierbare Mehrfacheinspritzung weist bislang unerreichte Zumessgenauigkeit und Geräuschminderungspotenzial auf. CO₂-optimierte Verbrennungsansätze mit kürzesten Spritzabständen können zur

weiteren Verbesserung des Verbrauchs von Dieselmotoren umgesetzt werden.

Der neue CRI2-20 von Bosch gehört zu einem modularen, hinsichtlich des Einspritzdrucks erweiterbaren Baukastenkonzepts, wodurch Vorteile und Attraktivität des Dieselmotors auch in Zukunft weiter gesteigert werden können.

Dr.-Ing. A. Kufferath (Vortragender), **Dr.-Ing. S. Berns, Prof. Dr.-Ing. J. Hammer, Dr.-Ing. R. Busch, Dipl.-Ing. (FH) M. Frank, Dipl.-Ing. (FH) A. Storch**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart:

„EU6 als Herausforderung für die Benzindirekteinspritzung – Eine Bewertung zukunftsfähiger Systemansätze“:

Die Ende 2011 definierte EU-6-Gesetzgebung legt belastbare Rahmenbedingungen für die Anforderungen der nächsten Jahre fest. Die Reglementierung der Partikelanzahl (PN) auf 6x1011 Partikel/km stellt dabei eine Herausforderung für Ottomotoren mit Direkteinspritzung dar. Im Rahmen von Untersuchungen an einem optisch zugänglichen Einzylinder werden die Wirkzusammenhänge der Partikelentstehung diskutiert. Daraus wer-

den Anforderungen für Komponenten und Funktionalitäten abgeleitet, die einen maßgeblichen Beitrag zur Reduzierung der Partikelemissionen leisten.

Der Einsatz eines innovativen Ferti-gungsverfahren am Hochdruckein-spritzventil reduziert die Spraypenetration und erschließt Freiheitsgrade bei der räumlichen Kraftstoffzuteilung im Brennraum durch individuelle Spritzlochgrößen. Die Entwicklung einer Funktionalität zur Adaption der Kraftstoffzumessung bei ballistischer Einspritzung ermöglicht erstmalig stabile kleine Einspritzmengen auch bei hohem Kraftstoffdruck und wird damit zu einer Schlüsseltechnologie bei Betriebsarten mit mehreren Einspritzpulsen. Die konsequente Umsetzung dieser Ansätze an einem aktuellen EU-5-Motor konnte sukzessive die Rohemissionen reduzieren. Der Euro-6-PN-Grenzwert wird eingehalten. Bosch stellt hiermit den Fahrzeugherstellern verschiedene Hardware-, Software- und Applikationsmaßnahmen zur Verfügung, die bei den spezifischen Brennverfahren die Rohemission verbessern.



6 Ausstellung

Alternative Lösungen wie Dualeinspritzung, Druckerhöhung und Abgasnachbehandlung wurden im Vortrag dargestellt und auf die Vorzüge der hier im Schwerpunkt präsentierten Gesamtsystemoptimierung wurde hingewiesen.

NEUE DIESELMOTOREN

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

Jelden, Dipl.-Ing. H.-J. Engler, Dipl.-Ing. R. Dorenkamp, Dr.-Ing. S. Jauns-Seyfried, Dipl.-Ing. A. Krause, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Die neue modulare TDI-Generation von Volkswagen“:

Die neue TDI-Motorengeneration ergänzt die Modulstrategie der Marke Volkswagen. Bei der Entwicklung des Triebwerks wurden deutliche Schwerpunkte auf die Aggregateigenschaften, Kraftstoffverbrauch und Leistungsentfaltung

gelegt. Erst der Einsatz des modularen Konzepts ermöglichte es, zukünftige Herausforderungen wie Gesetzes-, Regions- und Länderanforderungen wirtschaftlich zu erfüllen. Vorgestellt wurden die neuen und weiterentwickelten Bausteine für diese neue Motorengeneration sowie deren Kombination, einschließlich der hierfür entwickelten Motorsteuerungsfunktionen.

Der Erstersatz des 2,0 l TDI MDB erfolgte im neuen Audi A3, gefolgt vom neuen Golf. Gegenüber dem Vorgänger setzte das neue MDB-Konzept Maßstäbe bei Fahrleistungen, Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen.

Infolge des fülligeren Drehmomentverlaufs und des Leistungsplateaus – ab 3000/min steht die Nennleistung bereit – trug die Fahrzeuggewichtsreduktion bei gleichzeitig verbessertem Luftwiderstandsbeiwert zu den eindrucksvollen Verbesserungen bei. Im gleichen Zug konnte der Kraftstoffverbrauch nochmals gesenkt werden.

Neben diesen Maßnahmen sorgten Start-Stopp und Bremsenenergieerückgewinnung (Rekuperation) für eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs. In Verbindung mit einem Handschaltgetriebe wurde in der Kompaktklasse ein Kraftstoffverbrauch von 4,1 l/100 km im NEFZ erreicht – eine Größenordnung, die sonst



7 Ausstellung



8 Ausstellung

nur Fahrzeugen mit Ausstattungsrestriktionen beziehungsweise deutlich kleineren Fahrzeugen vorbehalten ist.

Dipl.-Ing. P. Lückert (Vortragender), **Dipl.-Ing. D. Busenthür**, **Dipl.-Ing. R. Binz**, **Dipl.-Ing. H. Sass**, **Dipl.-Ing. T. Roth**, **Dr.-Ing. M. Stotz**, Daimler AG, Stuttgart: „Die Mercedes-Benz Dieselmotoren Powertrains für die neue A- und B-Klasse – eine innovative Integrationslösung“:

Ende 2011 hat sich die neue B-Klasse erfolgreich auf dem Markt etabliert. Jetzt führt Mercedes-Benz mit der neuen A-Klasse ab Sommer 2012 den neuen Mercedes-Benz-Vierzylinderdieselmotor OM 651 ein, in drei Leistungsstufen in Kombination mit einem Sechsgang-Handschatgetriebe und dem neuen Siebengang-Doppelkupplungsgetriebe (7G-DCT) von Mercedes-Benz.

Um ein optimales Antriebskonzept zu entwickeln, wurde ein Schwerpunkt auf innovative Motor- und Getriebe-Antriebskomponenten und deren Integration und Applikation zu einer optimalen Powertraineinheit gelegt. Weitere Schwerpunkte sind die neue TopType-Leistungsvariante in Kombination mit dem neuen Doppelkupplungsgetriebe sowie die Maßnahmen

zur NVH-Optimierung.

Dieser Vortrag beschrieb die unterschiedlichen Applikations- und Betriebsstrategien der Powertrainsauslegung, um die anspruchsvollen Verbrauchsziele und einen in der Fahrperformance und Agilität attraktiven Antrieb darzustellen.

Die neuen Mercedes-Benz-Diesel-Powertrains tragen sowohl den Komfortansprüchen der traditionellen B-Klasse-Kunden als auch den Anforderungen der zukünftigen A-Klasse-Kunden nach sportiven Fahreigenschaften Rechnung.

Dr.-Ing. N. Ardey (Vortragender), **Dipl.-Ing. R. Wichtl**, **Dipl.-Ing. T. Steinmayr**, **Dr. techn. M. Kaufmann**, **Dipl.-Ing. D. Hiemesch**, **Dipl.-Ing. W. Stütz**,

BMW Motoren GmbH, Steyr: „Die neuen Diesel Spitzenmotorisierungen von BMW“:

Dieselantriebe waren von Beginn an wichtige Bausteine der BMW-Strategie EfficientDynamics. Hohe Fahrdynamik in Kombination mit attraktivem Kraftstoffverbrauch zeichnen die breite Modellpalette aus. Mit der erstmaligen Einführung der zweistufigen Abgasturboaufladung für Pkw-Dieselmotoren in 2004 durch BMW konnte die Leistungsdichte signifikant gesteigert werden, ohne Zylinderzahl oder Hubraum zu erhöhen.

Die BMW-TwinPower-Turbo-Dieselvarianten erreichen inzwischen eine Nennleistung von bis zu 160 kW beim 2,0-l-V4 beziehungsweise 230 kW beim 3,0-l-V6.

Zum weiteren Ausbau der Führungsposition im Premiumsegment wurde als Dieselspitzenmotorisierung eine neue BMW-TwinPower Turbo-Variante entwickelt. Wesentliche Ziele waren ein Leistungs-, Drehmoment- und Komfortangebot mindestens auf Niveau von Achtzylinder Wettbewerbern, jedoch gleichzeitig ein für bisherige BMW-Sechszylinder-Dieselmotoren typischer Kraftstoffverbrauch und ein niedriges Leistungsgewicht. Der neue Motor wird erstmals in den betont sportlichen BMW-M-Performance-Automobilen (MPA) der X5/X6- und 5er-Baureihe eingesetzt. Aufladung, Einspritztechnik und die triebwerksseitige Darstellbarkeit hoher Zylinderdrücke tragen als Schlüsseltechnologien zur Leistungssteigerung bei. Der neue BMW-TwinPower Turbo-Dieselantrieb basiert auf den Hauptabmessungen der bisherigen 3,0-l-V6-Reihendieselmotoren. Kernstück des neuen Motors ist ein zweistufiges Aufladesystem, bestehend aus drei Abgasturbohaltern. Erstmals wird ein Common-Rail-Einspritzsystem mit 2200 bar Systemdruck eingesetzt. Das Triebwerk

wurde für einen maximalen Zylinderdruck von 200 bar ausgelegt. Innovatives Merkmal ist ein Aluminium-Zylinderkurbelgehäuse mit Zugankerverschraubung. Das Kühlsystem beinhaltet eine indirekte zweistufige Ladeluftkühlung. Die Abgasanlage des neuen BMW-Dieselantriebs in der 5er-Baureihe ist serienmäßig mit einem NO_x-Speicherkatalysator ausgerüstet.

Der neue BMW-Sechszylinder-Twin-Power-Turbo-Dieselmotor erreicht eine Nennleistung von 280 kW und ein maximales Drehmoment von 740 Nm. Mit einer spezifischen Leistung von 93,6 kW/l Hubraum nimmt er die Spitzenposition unter Seriedieselmotoren ein. Durch umfangreiche Reibleistungsmaßnahmen wird trotz höherer Zünddruckauslegung das Reibleistungsniveau bisheriger BMW-Sechszylinder-Dieselantriebe erreicht.

ZUKÜNFTIGE KRAFTSTOFFE UND ROHSTOFFE

Prof. A. Steinfeld, Ph.D., ETH Zürich: „Flüssige Kohlenwasserstoffkraftstoffe aus Wasser, CO₂ und konzentrierter Solarenergie“:

Bei solaren H₂O/CO₂-trennenden, thermochemischen Redoxzyklen für die Darstellung synthetischer Treibstoffe wird die konzentrierte Sonneneinstrahlung als Quelle der Prozesswärme mit hoher Temperatur eingesetzt. Diese Prozesse laufen bei hohen Temperaturen ab, nutzen das gesamte Spektrum der Sonneneinstrahlung und bieten somit thermodynamisch günstige Voraussetzungen für die Herstellung von Solartreibstoffen. Das erzeugte Produkt ist ein Synthesegas, eine Mischung, die vorwiegend aus H₂ und CO₂ besteht und zu flüssigen Kohlenwasserstoffen für das Verkehrswesen weiterverarbeitet werden kann. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten umfassen grundlegende Studien der Thermodynamik, Reaktionskinetik, Wärme-/Massenübertragung und chemischer Verfahrenstechnik. Sonnenreaktorprototypen – mit einer Leistung von 5 bis 10 kW – werden entworfen, als Modelle gebaut, in einem Hochfluss-Sonnenofen getestet, dann weiter optimiert, um so bestmöglich Sonnenenergie in Treibstoffenergie umzuwandeln. Ziel ist es, konzentrierte Solarturmtechnologie auf das Niveau von MW-Leistungen für industrielle Anwendungen zu bringen.

Dr. E. Jacob, Emissionskonzepte Mo-

toren, Krailling: „Dieselkraftstoffe im technologischen Übergang zum post-fossilen Zeitalter“:

Im Zusammenspiel mit DPF-SCR-Abgassystemen, verbesserten Dieselkraftstoffen und Motorenölen bieten Niedrigst-Emissions-Dieselmotoren weiteres Potenzial für Verbrauchsreduzierung und Langzeitstabilität limitierter Emissionen.

Der Mineralölindustrie gelangen in letzter Zeit bedeutende Fortschritte bei der Verbesserung der Kraftstoffqualität, insbesondere durch die Einführung schwefelfreier Kraftstoffe. Gleichzeitig hat die Politik durch die Beimischungspflicht von qualitativ minderwertigen Biokomponenten unter dem Vorwand der CO₂-Verminderung diese positive Entwicklung konterkariert. Gerade die Beimischung von Biodiesel (FAME) senkt die Qualität des Dieselkraftstoffs. Verantwortlich hierfür sind die Schwerflüchtigkeit und die Zersetzlichkeit von FAME. Die Hydrierung der Pflanzenöle zu HVO (Hydrotreated Vegetable Oil), einem hochwertigen Alkangemisch, überwindet diese Nachteile. Doch bedeutet die Einbeziehung der indirekten Landnutzungsänderung (ILUC) in die CO₂-Bilanz ein absehbare Ende von pflanzenölbasierten Kraftstoffzusätzen.

Mineralölbasierte Dieselkraftstoffe bleiben mindestens bis 2045 unsere wichtigste Versorgungsbasis. Hochwertige, bereits heute im Handel befindliche Premiumdiesel sind Qualitätsziele für den Standarddiesel der Zukunft. Die Herstellung von synthetischem Diesel (GtL) gewinnt nach einer Stagnation in den letzten Jahren zunehmend an Attraktivität. Die Produktion von GtL erfordert erhebliche Mengen an Wasserstoff und Prozessenergie. Im nächsten Jahrzehnt wird vor allem Erdgas (Sinken des Gaspreises, steigende Explorations- und Verarbeitungskosten des Erdöls) für diesen Zweck eingesetzt werden. Wenn neue Raffinerien und Anlagen zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe im Sonnengürtel der Erde angesiedelt werden, kann die Einkopplung von solarthermischer Prozesswärme und Elektrizität zur Erzeugung von „grünem“ Wasserstoff den CO₂-Fußabdruck der so produzierten Kraftstoffe deutlich vermindern.

Biomethanol kann über Synthesegas durch Vergasung (zum Beispiel nach dem Bioliq-Verfahren) und Bioethanol enzymatisch jeweils aus Lignocellulosehaltigen Reststoffen hergestellt werden.

Beide Alkohole kann man Dieselkraftstoff nicht direkt zumischen. Durch chemische Umwandlung dieser Alkohole in Oximethylenether (OME) und weiteren Polyethern können multifunktionelle Dieselkraftstoffzusätze hergestellt werden, die bereits im 5 bis 10 Vol.-%-Bereich die Rußbildung bei der motorischen Verbrennung signifikant vermindern, die kontinuierliche Regeneration von Partikelfiltern erleichtern, die Cetanzahl erhöhen und die Kältestabilität verbessern. Im derzeit laufenden Projekt „EREKA“ werden Hunderte von Oxygenaten auf ihre Eignung untersucht und die wirkungsvollsten Zusätze erprobt. Polyethern, chemisch verwandt mit den höherpolymeren Polyalkylenglykolen (PAG), gewährleistet als Basisöl für nicht verkokende, asche-, schwefel- und phosphorfreie Motorenöle über lange Dauer niedrigere Emissionen bei zukünftigen Motoren.

Dr. D. Gagliardi (Vortragender), **T. Finken**, Ricardo Deutschland GmbH, Schwäbisch Gmünd: „Risiken und Faktoren der Rohstoffverfügbarkeit und deren Folgen für die Entwicklung zukünftiger Automobilantriebe“:

Der Vortragende untersuchte die Risiken und externe Faktoren, die die Verfügbarkeit von Rohstoffen beeinflussen und die Folgen für die Entwicklung zukünftiger Automobilantriebe. Der Vortrag gliederte sich in eine eingehende



② Dipl.-Ing. Wolfgang Hatz



10 Dipl.-Ing. Peter Langen

Analyse der aktuellen Situation, eine Zusammenfassung der zu erwartenden zukünftigen technologischen Entwicklungen sowie unterschiedliche Zukunftsszenarien für das Marktpotenzial verschiedener Architekturen für Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Der Vortragende stellte die aktuelle Konstellation politischer Faktoren, den Zugang zu den Ressourcen und weitere Aspekte vor. Dabei wurden einige der wichtigeren Risiken mit ihrem Einfluss auf die Einführung von alternativen Antriebstechnologien hervorgehoben.

Dr. Gagliardi untersuchte die Beziehung zwischen Angebot und Nachfrage für bestimmte Seltenerdmetalle sowie deren Auswirkung auf die Preisentwicklung. Er zeigte Möglichkeiten auf, wie diese Faktoren bestehende Beziehungen innerhalb der Automobilindustrie beeinflussen können. Dr. Gagliardi schloss mit Vorschlägen zu alternativen Strategien für bestimmte Gruppen innerhalb der automobilen Wertschöpfungskette, mit denen sich die genannten Risiken gegebenenfalls mindern lassen.

MOBILITÄT DER ZUKUNFT

Univ.-Prof. Dr.-Ing. L. Eckstein (Vortragender), **Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. C.-S. Ernst, Dipl.-Ing. S. Faßbender, Dr.-Ing. B. Gnörich**, RWTH Aachen University:

„Mobilitätsbedürfnisse der kommenden Kundengeneration und Auswirkungen auf den Antriebsstrang“:

Der Vortrag fasste auf Grundlage jüngster Studien wesentliche Kundenanforderungen an zukünftige Kraftfahrzeuge und deren Antriebe zusammen. Prof. Eckstein zeigte vor diesem Hintergrund mehrere Entwicklungsrichtungen für alternative Antriebsstränge auf.

Er nannte Emissionsminderung, Urbanisierung und Peak-Oil als die wesentlichen Megatrends, die die Zukunft der Mobilität beeinflussen. Sie wirken auf die Fahrzeugentwicklung, die nicht zuletzt auch durch legislative Rahmenbedingungen bestimmt wird. Das Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen untersuchte die Auswirkungen geänderter Rahmenbedingungen auf die Mobilitätsbedürfnisse der kommenden Kundengeneration. Abgefragt wurden neben der Grundeinstellung zum Automobil insbesondere die auf den Antriebsstrang bezogenen Anforderungen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Ein Schwerpunkt dieser Analyse lag auf den Optionen zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs in unterschiedlichen Märkten.

Neben den zentralen Charakteristika der verschiedenen Antriebsstrangkonzeppte beschrieb der Vortragende die Entwicklungsbedarfe für alternative Antriebe sowie unterschiedliche Lösungen in einer Kostenanalyse, die mit den zuvor erhobenen Kundenanforderungen in Verbindung gesetzt wurden. Der für die Gesamtkostenanalyse wichtige Aspekt des Energieverbrauchs alternativ angetriebener Fahrzeuge wurde anschließend anhand zweier Forschungs- beziehungsweise Benchmarking-Projekte mit konkreten Beispielen hinterlegt.

Abschließend fand eine Bewertung der Antriebsstrangkonzeppte vor dem Hintergrund verschiedener technischer und wirtschaftlicher Kriterien mit Ableitung entsprechender Anwendungsfelder statt.

F. Balthasar, Dr. W. Warnecke (Vortragender), Shell Global Solutions (Deutschland) GmbH, Hamburg; **Dr. H. Ma, Dr. X. Riera-Palou, Dr. N. Tait**, Shell Global Solutions (UK), Chester: „Studien zur Mobilität in der Zukunft – ‘Life Cycle’ Betrachtungen von BEVs und ICVs aus globaler Sicht“:

Bis zum Jahr 2050 wird die steigende Nachfrage nach individueller Mobilität weltweit zu einer massiven Ausweitung des Fahrzeugbestands führen. Es wird

erwartet, dass sich die heutige Zahl verdreifachen, das heißt, auf etwa zwei Milliarden Fahrzeuge ansteigen wird. Steigende Nachfrage nach Mobilität bedeutet zugleich steigenden Energiebedarf. Um bei gleichzeitiger Senkung von CO₂-Emissionen und Verbesserung der Luftqualität diese Anforderungen erfüllen zu können, werden integrierte, intelligentere Mobilitätskonzepte mit einer breiten Palette von intelligenteren Fahrzeugen und Treibstoffen sowie innovativer Infrastruktur benötigt. Damit wird eine intelligentere Fahrzeugnutzung erst möglich. Shell setzt auf die Vielzahl unterschiedlicher Mobilitätsansätze im Straßenverkehr und befasst sich aktiv mit der Energieversorgung zukünftiger Antriebsstränge, die einen Teil dieser integrierten Lösung darstellen.

Abgesehen von der Weiterentwicklung der heute bestehenden Benzin- und Dieselmotoren, die mit Treibstoffen auf Rohölbasis sowie Biotreibstoffen der ersten und nachfolgender Generationen angetrieben werden, untersucht Shell auch Treibstoffe aus Gas, wie komprimiertes Erdgas (CNG), verflüssigtes Erdgas (LNG) oder aus Gas in Flüssigkeit umgewandeltes Erdgas (GTL), aus Wasserstoff und aus der Rückgewinnung der Energie von mit elektrischen Motoren betriebenen Fahrzeugen. Die vom Straßenverkehr verursachten Emissionen



11 Dr. Jürgen M. Geißinger

stellen einen Schlüssel für die Beurteilung der besten zukünftigen Kombinationen von Energie/Antriebskonzepten dar. Die ständig wachsenden Herausforderungen, die sich aus der Zunahme der Weltbevölkerung, der fortschreitenden Urbanisierung, aus Emissionen infolge von Verkehrsstaus und Smog ergeben, sind ebenfalls wichtige Faktoren. Andererseits hat der Straßenverkehr einen beachtlichen Anteil am weltweiten Energieverbrauch und ist für den damit verbundenen Ausstoß von Treibhausgasen mitverantwortlich.

Elektrofahrzeuge werden als die vielversprechendsten, langfristigen Lösungen zur Sicherung der nachhaltigen individuellen Mobilität angesehen. Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge zeichnen sich durch Nullemissionen aus und tragen daher dazu bei, nicht nur den Ausstoß von Treibhausgasen im Straßenverkehr, sondern auch andere, gesetzlich durch Grenzwerte limitierte Emissionen (die zum Beispiel Smog verursachen) zu reduzieren. Jedoch kann das wirkliche Potenzial der Reduktion von Treibhausgasemissionen nur dann richtig eingeschätzt werden, wenn die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus mit jenen von mit konventionellen Verbrennungsmotoren betriebenen Fahrzeugen verglichen werden. In der Studie untersuchte Shell die Auswirkungen von drei wichtigen Faktoren auf Fahrzeuge, die im Jahre 2012 in Westeuropa, den USA und China auf den Markt kommen sollen: a) Vergleich ähnlicher Fahrzeuge und Fahrbedingungen im realen Betrieb; b) Erfassung der Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung des zusätzlichen Stromverbrauchs für das Aufladen der Batterien; c) Einbeziehung der Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus von Fahrzeugen (das heißt von der Herstellung bis zur Entsorgung usw.).

Sie kamen zum Ergebnis, dass über den gesamten Lebenszyklus betrachtet die Emissionen von batterieelektrischen Fahrzeugen – aufgrund der mit der Herstellung der Batterien verbundenen Treibhausgasemissionen – höher ist als die von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.

N. Brinkman, GM Global Research & Development, Warren, MI, USA; **Dr. U. Eberle**, **Dr. V. Formanski**, **Prof. Dr. U. D. Grebe** (Vortragender), **R. Matthé**, General Motors Europe, Rüsselsheim: „Fahrzeugelektrifizierung – Quo Vadis?“:

Der Vortrag von Prof. Grebe beschäf-



12 Plenar-Schlusssektion (v.r.n.l.): Dipl.-Betr.-Wirt Stadler, Prof. Weber, Prof. Demel, Dr. Hametner, Prof. Lenz

tigte sich mit der Entwicklung der elektrischen Fahrzeugantriebe von der Erfindung des Kraftfahrzeugs bis zur Gegenwart, gefolgt von einem Ausblick auf den zu erwartenden Fortschritt. Grebe zeigte sinnvolle Einsatzfelder elektrifizierter Fahrzeugantriebe mit den Randbedingungen verschiedener Energieketten und technischer Grenzen aller Systemkomponenten eines elektrischen Antriebsstrangs. Antriebsstränge werden in Zukunft zunehmend elektrifiziert. In einigen Anwendungen sind batterieelektrische Fahrzeuge wettbewerbsfähig, besonders im städtischen Kurzstreckenverkehr. Hier eignen sich Fahrzeuge vom Kleinwagen bis zum Stadtbus. Elektrofahrzeuge mit Reichweitenverlängerung erlauben weitere Fahrtstrecken und sind somit vollwertige Erstfahrzeuge. Dadurch wird das Elektrofahrzeug für größere Kundengruppen interessant. Wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge fahren jederzeit ohne lokale Emissionen und lassen sich schnell betanken. Die Brennstoffzellentechnologie ist für die meisten Fahrzeugsegmente sinnvoll und technisch nur durch die Baugröße der Antriebskühlung und der Wasserstoffspeicher begrenzt.

General Motors erwartet, dass der Marktanteil der elektrischen Antriebe signifikant zunehmen wird. Die konventionellen Antriebe mit Verbrennungsmotoren werden daneben noch eine lange Zukunft

haben, wenn auch viele eine Unterstützung durch Hybridisierung erhalten werden, so Prof. Grebe.

VERBRENNUNG UND AUFLADUNG

Dr.-Ing. B. Mahr (Vortragender), Mahle Powertrain Ltd., Northampton; **H. Blaxill**, **Dr. W. Attard**, Mahle Powertrain LLC, Novi, MI, USA: „Einsatz und Potenzial einer extrem abgemagerten, homogenen Verbrennung zur Reduzierung der NO_x -Emission und des Kraftstoffverbrauches“:

Um zukünftige globale Emissionsziele einzuhalten, wird es kurz und mittelfristig notwendig sein, den Kraftstoffverbrauch des fremdgezündeten ottomotorischen Antriebs zu verbessern. Das Downsizing ist hierbei die dominierende Technologie, die derzeit sowohl in den USA als auch in Europa eingesetzt wird. Zusätzlich sind Technologien wie variable Ventiltriebe sowie geschichtete, magere Verbrennung durch einige Hersteller eingesetzt worden.

Dieser Vortrag analysierte die Anwendung einer homogenen extrem mageren Verbrennung, ausgehend von der derzeitigen und zukünftigen Motortechnik. Die extrem magere Verbrennung wurde durch ein hochenergetisches System des turbulenten Zündstrahls erreicht. Das „Turbulent Jet Ignition“-System ist ein neuartiges fremdgezündetes Brennver-



13 Prominente Gäste bei der Plenarschluss-Sektion (v.l.n.r.): Prof. Piech, Frau Piech, Frau Lenz, Prof. Lenz

fahren. Dieses extrem magere Verfahren erlaubt einen stabilen Teillastbetrieb bei einem Lambdawert von 2. Der Erfolg hat sich in niedrigem Verbrauch, hohem thermischen Wirkungsgrad und niedrigen NO_x -Emissionen gezeigt. Weiterhin erlaubt die hohe Klopfunempfindlichkeit des Brennverfahrens den Einsatz hoher Verdichtungsverhältnisse oder Synergien mit Aufladungsverfahren.

Der Vortragende beschrieb die Auslegung des Systems und die Anwendung an einem Versuchsaggregat. Im Anschluss wurden die Versuchsergebnisse aus einer saugmotorischen Anwendung im Detail vorgeführt und die Anwendung an einem aufgeladenen Triebwerk gezeigt.

Dipl.-Ing. K. Schmiederer (Vortragender), **Dipl.-Ing. J. Eitel**, **Dr. S. Edwards**, **Dr.-Ing. E. Pantow**, **Dr.-Ing. P. Geskes**, **Dipl.-Ing. R. Lutz**, Behr GmbH & Co KG, Stuttgart; **Dr.-Ing. M. Mohr**, **Dipl.-Ing. B. Sich**, ZF Friedrichshafen AG; **Dipl.-Ing. R. Dreisbach**, **Dr.-Ing. J. Wolkerstorfer**, **Dipl.-Ing. H. Theißl**, **Dipl.-Ing. S. Krapf**, **Dipl.-Ing. K. Neunteufl**, AVL List GmbH, Graz: „Verbrauchspotenzial eines Nutzfahrzeugmotors mit Rankine System, ermittelt über Leistungsmessungen bei Stationär- und Instationärzyklen bei konstanten Emissionen“:

Die zukünftige Einführung von Verbrauchsgesetzgebungen in den verschiedenen Märkten ist zu einem wichtigen

Treiber der Nutzfahrzeugentwicklung geworden. Die Abgaswärmenutzung mittels Rankine-Prozess stellt unter den möglichen Maßnahmen einen wesentlichen Schritt dar, um die zu erwartenden gesetzlichen Vorgaben zu erreichen.

In der Folge der auf dem Wiener Motorsymposium 2009 vorgestellten Studien wurde ein repräsentativer schwerer Nutzfahrzeugmotor auf Euro-VI-Emissionsniveau mit einem vollständigen Rankine-Prototyp-System ausgestattet. Dieser Aufbau wurde auf dem Motorprüfstand erfolgreich unter stationären und transienten Prüfbedingungen betrieben, um das Potenzial und die Machbarkeit dieser Technologie nachzuweisen.

Mit diesem Prototypaufbau konnte die Expansionsmaschine aus der Wärme der Abgasrückführung und des Abgases nach der Abgasnachbehandlung im Testzyklus bis zu 5 % der primären Motorleistung erzeugen. Damit wurde der Nachweis erbracht, dass diese Technologie auch eine signifikante Verbrauchsverbesserung im realen Fahrbetrieb liefern kann.

Der Vortragende präsentierte die Ergebnisse dieser Untersuchungen mit einem Ausblick auf die Zukunft. Dabei diskutierte er insbesondere die Wechselwirkungen mit dem Fahrzeugkühlsystem, der Emissionsstrategie und einer möglichen Hybridisierung.

Dipl.-Ing. K.-H. Bauer (Vortragender), **C. Balis**, **MSE**, **G. Donkin**, **CEng**, **P. Davis**,

CEng, Honeywell Transportation Systems, Rolle: „Die nächste Generation der Otto-Motoren Turbolader Technologie“:

Die Fortschritte beim Downsizing von Ottomotoren mit effektiver Turbo-Aufladung bringen konventionelle Turbolader mehr und mehr an ihre Grenzen. Höhere gewünschte Drehmomente bei kleinen Motordrehzahlen sowie ein dynamisches Hochlaufverhalten sind kritische Eigenschaften, die von modernen Fahrzeugmotoren erwartet werden. Insbesondere der Trend zu hohen Mitteldrücken im unteren Drehzahlbereich zwingt die Turboladerhersteller dazu, ihre Layouts zu überdenken.

Der Vortragende zeigte Wege auf, um Motor- und Fahrzeugleistungen zu erzielen, die mit herkömmlichen Wastegate-Ottomotor-Turboladern nicht zu erreichen sind. Das Konzept zeigte entscheidende Verbesserungen im Bereich der transienten Motorleistung, ohne auf exotische Materialien, wie etwa Titanaluminide, oder auf die zusätzliche Komplexität von Turbinen variabler Geometrie für Ottomotoren angewiesen zu sein.

HYBRIDANTRIEBE

S. Adachi (Vortragender), **H. Hagihara**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: „Die erneuerte 4-Zylindermotorengruppe für das Toyota Hybridsystem“:

Die Reduzierung der CO_2 -Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs gehört zu den großen Herausforderungen für die Automobilhersteller. Im Jahr 1997 hat Toyota das Toyota Hybrid System (THS) als einen der effektivsten Ansätze für einen hocheffizienten Antriebsstrang eingeführt. Die THS-Technologie wurde kontinuierlich weiterentwickelt, um den Wirkungsgrad parallel zur globalen Markteinführung weiter zu verbessern.

Toyota hat die Vierzylindermotorengruppe für Hybridsysteme erneuert, um den thermischen Wirkungsgrad und damit die CO_2 -Emissionen zu verbessern. Im Jahr 2009 wurde der 1,8-l-Motor als erster dieser neuen Motoren eingeführt, gefolgt von den 1,5-l und 2,5-l-Motoren in 2011. Die neuen Motoren sind in Fahrzeugen des B-, C- und D-Segments integriert.

In der Entwicklung der neuen Motorengruppe kam es darauf an, auf den Vorteilen der Basismotoren wie gutem Kraftstoffverbrauch und hoher Zuverlässigkeit sowie gutem Abgasverhalten aufzubauen. Die Modifizierungen sollten die

Vorteile des Hybridsystems optimieren. Die technischen Maßnahmen beinhalten ein gekühltes AGR-System, eine elektrische Wasserpumpe und den Atkinson-Zyklus. Dadurch und durch Reibungsoptimierung konnte ein thermischer Wirkungsgrad von nahezu 39 % erreicht werden. Der mit diesem Konzept erreichte hohe Gleichanteil zu den Basismotoren trägt zu der Zuverlässigkeit des Motors und Integrierbarkeit in den Motorraum der Fahrzeuge bei.

Die neue Motorengruppe von Toyota führt zu einer deutlichen Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs und zur Einführung des Hybridsystems in einer breiten Fahrzeugpalette vom B- bis zum D-Segment. Dies ist ein weiterer Schritt in Toyota's zukunftsorientierter Strategie innovativer Technologien in Richtung nachhaltiger Mobilität.

Dr.-Ing. U. Keller (Vortragender), **Dipl.-Ing. C. Enderle**, **Dipl.-Ing. T. Gödecke**, **Dipl.-Ing. G. Henning**, Daimler AG, Stuttgart: „Diesel-Hybrid – Die nächste Generation Hybridantriebe von Mercedes-Benz“:

Die nächste Generation der Hybridantriebe aus dem Hause Mercedes-Benz kombiniert einen Parallelhybrid erstmals mit einem Vierzylinder-Dieselmotor. Das neuentwickelte Mercedes-Benz-Hybridgetriebe basiert auf dem überarbeiteten Automatikgetriebe 7G-Tronic Plus und den Erfahrungen aus den vorangegangenen Hybridserienentwicklungen.

Die überwiegende Anzahl der bisherigen Hybridanwendungen bezieht sich auf Hybridantriebe mit Ottomotoren. Mit diesen Antrieben werden teilweise sehr beachtliche Verbrauchseinsparungen erzielt. Jedoch werden auch bei den konventionellen Antrieben weiterhin enorme Verbrauchspotenziale bei Motor und Triebstrang erschlossen. Daher wurde eine Kombination eines höchsteffizienten Dieselmotors mit einem Parallelhybrid entwickelt. Im Zusammenspiel Parallelhybridgetriebe mit dem bekannten Vierzylinder-Dieselmotor OM651 ergibt sich ein Antrieb mit höchster Effizienz, Flexibilität und Modularität. Der Vortrag stellte die besonderen Eigenschaften des neuen Hybridantriebs vor. Die Funktionsweise wurde erläutert und die erzielten Verbrauchseinsparungen vorgestellt. Der Vortragende gab abschließend einen Einblick in die Systemmodularität und auf die vielfältigen Anwendungen.

R. Wadhera (Vortragender), **A. Srinivas**, Mahindra & Mahindra Ltd., Mum-

bai, Indien; **Dr. R. Ellinger**, **Dipl.-Ing. M. Sattler**, AVL List GmbH, Graz: „Die Entwicklung von Hybridfahrzeugen für den indischen Markt“:

Auf dem indischen Pkw-Markt findet derzeit ein stetiges Wachstum statt, das sich erwartungsgemäß in der Zukunft fortsetzen wird. Die indische Automobilindustrie untersuchte, wie die bevorstehenden gesetzlichen Auflagen für konventionelle Verbrennungsmotoren erfüllt werden können, um wettbewerbsfähig zu bleiben, und wie Emissionen und Kosten für den Kauf und Betrieb eines Fahrzeugs gesenkt werden können.

Nach der praktischen Erprobung von Fahrzeugen in verschiedenen Regionen Indiens und der anschließenden Untersuchung der Verkehrsströme erweisen sich elektrische Hybridfahrzeuge als geeignete Technologie für die nahe Zukunft. Sie sind verbrauchsgünstig und weisen hohe Leistung sowie niedrige Emissionen auf.

Mahindra & Mahindra hat sich daher für die Entwicklung von Hybridfahrzeugen mit elektrischem Antrieb klare, zeitlich festgelegte Ziele gesetzt. Mit der Entwicklung von elektrischen Hybridfahrzeugen sind aber auch viele technologische Herausforderungen verbunden, wie zum Beispiel ein geeignetes Wärme- und Sicherheitskonzept, hohe Haltbarkeit, Reduktion von Lärm infolge von Vibrationen und Härte. Darüber hinaus muss der Kauf von elektrischen Hybridfahrzeugen für die Kunden auch bezahlbar sein, um eine gute Marktdurchdringung sowie einen nachhaltigen Geschäftserfolg erzielen zu können.

Der Vortragende gab einen Überblick über die indischen Pkw-Verkaufsstatis-tiken und beschrieb abschließend die typischen Verkehrsströme auf unterschiedlichen Straßen, die Umweltschutzauf-lagen sowie die Herausforderungen auf dem indischen Markt.

FUNKTIONSINTEGRATION/ HD-DIESEL

Dr. H. Sorger (Vortragender), **Dr. R. Ellinger**, **Dipl.-Ing. G. von Falck**, **Dipl.-Ing. B. Graf**, **Dr. V. Hennige**, **Dipl.-Ing. J. Lewis**, **Dr. W. Schöffmann**, **Dipl.-Ing. F. Zieher**, AVL List GmbH, Graz: „AVL e-Fusion – Funktionsintegration als Schlüssel zur leistbaren Elektrifizierung des Antriebsstranges“:

Die Elektrifizierung des Antriebs-

strangs im Pkw ist in Zukunft zur Erfüllung der Flottenverbrauchsziele nicht mehr wegzudenken. Dies führt trotz erwarteter Skaleneffekte in der Großserienfertigung der elektrischen Systeme und Komponenten – wie Batterie, Generator, E-Motor und Leistungselektronik – zu erheblichen Mehrkosten im Vergleich zu nicht elektrifizierten Antriebssträngen. Um am Markt erfolgreich zu sein, müssen die Kosten des Gesamtsystems durch intelligente Ansätze deutlich reduziert werden, so Dr. Sorger.

Der AVL-Ansatz zur Kostenreduktion bei vergleichbaren Performance- und Verbrauchszielwerten ist eine tiefgreifende und durchgängige Funktionsintegration.

Existierende Schnittstellen, basierend auf den etablierten Fertigungs- und Montageabfolgen in der Großserie, werden durch das Konzept der Funktionsintegration kritisch hinterfragt und neu definiert. Diese Funktionsintegration wird nicht nur auf die singulären Hauptelemente des Antriebsstrangs wie Motor, Getriebe und E-Maschine angewandt, es wurden auch innovative Lösungen gefunden, die diese Hauptelemente, ausgehend von der Antriebsstranggesamt-funktion, logisch zusammenführen.

Trotz der hohen Funktionsintegration war es möglich, einen modularen Antriebsstrangbaukasten darzustellen, der vom konventionellen Triebstrang über Mild Hybrid, Plug-in-Hybrid bis hin zum Range Extender und einem reinen Elektrofahrzeug reicht.

Der modulare AVL-e-Fusion-Baukasten ist durch seine Kompaktheit und die breitbandige Performancespreizung für die Fahrzeugklassen im A-, B- und C-Segment geeignet, wobei die gezeigte Auslegung des Zweizylinder-TGDI-Motors die Einstiegs-/Volumenmotorisierung im C-Segment abdecken kann. Der Dreizylinder-TGDI kann auch höhere Leistungsklassen abdecken. Besonderes Augenmerk in der Entwicklung lag auf der Beherrschung des NVH-Verhaltens, das für niedrigzylindrische Motoren eine besondere Herausforderung darstellt.

Die erzielbaren Stückkostenreduktionen für den gesamten Antriebsstrang liegen je nach Applikation zwischen 10 und 40 % im Vergleich zu bekannten Lösungen.

In diesem Beitrag wurden neben der Gesamtsystemauslegung die hochintegrierten Lösungen im Detail vorgestellt und

die Betriebs- und Schaltstrategien für die unterschiedlichen Applikationen erläutert.

Dr. E. Böckenhoff, Dr. A. Gorbach (Vortragender), Daimler AG, Stuttgart: „Die Konzeption der neuen HD Motoren-generation im weltweiten Entwicklungs- und Produktionsnetzwerk“:

Daimler Trucks setzt mit den neuen Reihen-Sechszylindermotoren OM470 und OM471 nicht nur bei Verbrauch, Leistung und Emissionserfüllung neue Maßstäbe, sondern auch mit global harmonisierten Standards in der Entwicklung einer neuen Motorenplattform.

Um eine derartige Entwicklungsleistung in Anbetracht aller Kosten- und Gleichteilanforderungen bewältigen zu können, müssen Effizienz und Know-how innerhalb des weltweiten Entwicklungsnetzwerks zum Einsatz kommen, so Gorbach. Nur durch die Nähe der einzelnen Entwicklungsstandorte zu den Märkten kann eine globale Plattform beim Kunden erfolgreich sein. Im Netzwerk können die Stärken der lokalen Standorte optimal genutzt, spezifische Anforderungen entsprechend berücksichtigt und Technologien erfolgreich kombiniert werden.

Gleichzeitig ermöglicht eine gemeinsame Plattform die optimale Nutzung des Produktionsnetzwerks. Die gewonnene Flexibilität und Synergie stellt einen effizienten Einsatz der Mittel und so eine verbesserte Wirtschaftlichkeit sicher.

Dr. C. Teetz (Vortragender), **Dr. D. Bergmann, Dr. C. Sauer, Dr. A. Schneemann**, MTU Friedrichshafen GmbH, Friedrichshafen; **Dipl.-Ing. J. Eichmeier, Prof. Dr. U. Spicher**, IFKM, Karlsruher Institute of Technology (KIT): „HCCI-Motor der MTU Baureihe 1600 mit extrem niedrigen Abgasemissionen im gesamten Motorkennfeld“:

Bei der Entwicklung von Off-Highway-Motoren besteht die wesentliche Herausforderung darin, die zukünftigen Abgasemissionsgrenzwerte einzuhalten und gleichzeitig einen geringeren Kraftstoffverbrauch beziehungsweise niedrigere CO₂-Emissionen zu erreichen. Dieselmotoren im Leistungsbereich von 130 kW bis 560 kW, für die ab 2014 in den USA die EPA-Tier-4-Gesetzgebung (NO_x: 0,4 g/kWh und Partikel: 0,02 g/kWh) gilt, unterschreiten die geforderten Grenzwerte nur noch mit einer Kombination aus innermotorischen Maßnahmen und Abgasnachbehandlungssystemen (SCR, Partikelfilter). Die Komplexität und die Kosten des Dieselmotors steigen dadurch

deutlich an. Im Hinblick auf die CO₂-Emissionen und unter dem Aspekt des stetig steigenden Dieselbedarfs treten alternative Kraftstoffe immer stärker in den Vordergrund. Eine Alternative zu aufwendigen Abgasnachbehandlungssystemen stellt die homogene kompressionsgezündete Verbrennung dar (englisch: Homogeneous Charge Compression Ignition, HCCI), die nahezu keine Ruß- und Stickoxidemissionen aufweist. Allerdings ergeben sich mit diesem Brennverfahren neue Herausforderungen hinsichtlich der Verbrennungssteuerung und der Motorbelastung. Es ist bisher nicht gelungen, das Potenzial des Brennverfahrens im gesamten Motorkennfeld auszunutzen, da die hohe Zündwilligkeit des Dieseldieselkraftstoffs bei hohen Lasten zu extrem frühen Verbrennungslagen und unzulässigen Druckgradienten führt. In der Vorentwicklung der MTU Friedrichshafen wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Kolbenmaschinen des KIT ein Forschungs-Prototyp für eine Industrieanwendung entwickelt, der eine teilhomogene Verbrennung mit kontrollierter Selbstzündung im gesamten Motorkennfeld ermöglicht. Der Motor basiert auf der Sechszylindervariante der MTU-Baureihe 1600 und liefert eine Nennleistung von 300 kW. Dabei werden die Kraftstoffe Benzin beziehungsweise Ethanol und Diesel so kombiniert, dass die bekannten Nachteile der meisten HCCI-Brennverfahren entfallen. Der Einsatz von Ethanol verbessert zusätzlich die Effizienz des Brennverfahrens und wirkt sich in zweierlei Hinsicht positiv auf die CO₂-Bilanz aus: Mit diesem Motor gelingt es, die Tier-4-Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO_x ohne aufwendige Abgasnachbehandlungssysteme sehr deutlich zu unterschreiten.

NEUE WEGE BEIM OTTOMOTOR

K. Kishi (Vortragender), **T. Satou**, Nissan Motor Co. Ltd., Kanagawa, Japan: „Der neue hocheffiziente 1,2-l Dreizylinder GDI-Kompressormotor von Nissan ermöglicht 95g/km CO₂-Emissionen und hohe Fahrleistungen“:

Dieser Vortrag beschrieb einen neuen 1,2-l-Dreizylinder-Benziner HR12DDR, der den niedrigsten CO₂-Ausstoß im europäischen B-Segment erreichen soll. Dieser Motor wird unter Berücksichtigung weiterer strenger Vorschriften in den kommenden Jahren entwickelt und bietet die Möglichkeit, ein alternativer Antrieb zu

zukünftigen Dieselmotoren zu sein. In einem ersten Schritt kam dieser Motor im europäischen Nissan Micra im Jahr 2011 zum Einbau; er erreichte 95 g/km CO₂-Emissionen (NEFZ-Modus). Dieser niedrige Verbrauch wurde in erster Linie durch Technologien erreicht, die den thermischen Wirkungsgrad mit hoher Kompressionsrate maximieren und die mechanischen Reibungsverluste minimieren. Die Verbrennung wurde durch ein Direkt-einspritzungssystem (DI) optimiert. Nissan entschied sich für das Kompressorsystem mit Bypass-Ventil und magnetischer Kupplung, um eine bessere Kraftstoffverbrauchsleistung ohne Einbußen bei hoher Leistung zu erreichen.

Der Vortragende stellte Details des HR12DDR vor, zusammen mit den Highlights der angewandten Technologien.

Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, Dr.-Ing. H.-J. Neußer, Dr.-Ing. R. Szengel, Dr.-Ing. H. Middendorf (Vortragender), **Dr.-Ing. J. Theobald, Dipl.-Ing. N. Möller**, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Der neue TSI“:

Mit dem neuen Modularen Querbaukasten hat Volkswagen seine Aggregate-Plattformen grundlegend überarbeitet. Dabei wurde die sehr erfolgreiche kleine Vierzylinder-TSI-Motorenbaureihe EA111 grundlegend erneuert, um eine optimale Basis für die zukünftigen Anforderungen hinsichtlich Fahrzeug-Package, Emissionen und CO₂-Ausstoß sowie Modularität zu schaffen.

Die in Aluminiumleichtbau ausgeführte Konstruktion mit Vierventil-Technik und ein im Zylinderkopf integrierter Abgaskrümmen bilden das technische Herzstück der neuen Motorengeneration EA211. Zur Verbesserung der Reibleistung besitzen die neuen TSI-Motoren einen Zahnriemen-Steuertrieb und ein monolithisches Ventiltriebsmodul mit Wälzlagerung. Die Motoren basieren auf einem sorgfältig gestaffelten, tribologisch optimierten Systembaukasten.

In den kommenden Jahren werden die neuen TSI-Motoren mit 1,2- und 1,4-l-Hubraum weltweit zum Einsatz kommen. Durch den kompakten und modularen Aufbau lassen sich erweiterte Maßnahmen und Variabilitäten, aber auch unterschiedliche Elektrifizierungs- und Hybridisierungskonzepte zur weiteren Verbrauchsreduzierung flexibel anpassen. Der neue 1,4-l-TSI-Motor mit 103 kW und Zylinderabschaltung stellt das bis dahin fortschrittlichste TSI-Konzept zur Verbrauchsminderung dar. Das weiterentwi-

ckelte AVS-System erlaubt es, den Ventiltrieb von zwei Zylindern zu deaktivieren und damit die Zylinder bedarfsabhängig abzuschalten. Der erste Einsatz ist in der Polo-Plattform geplant.

Die neue Baureihe umfasst das Hubraumspektrum von 1,0 bis 1,6 l mit Drei- und Vierzylindermotoren. Sie beinhaltet nicht nur die weiterentwickelte, sehr erfolgreiche TSI-Technik von Volkswagen, sondern berücksichtigt auch MPI-Anwendungen für Wachstumsmärkte und Einstiegsmodelle.

Dr.-Ing. J. Roß (Vortragender), **Dr.-Ing. P. Grigoriadis**, **Dipl.-Ing. O. Dingel**, **Dipl.-Ing. A. Werler**, **Dipl.-Ing. H. Neukirchner**, IAV GmbH, Chemnitz: „Neue Wege zum variablen Hubvolumen – was kommt nach der Zylinderabschaltung am Ottomotor?“:

Die Zylinderabschaltung ermöglicht den Verbrauch von Ottomotoren im neuen europäischen Fahrzyklus (NEDC) in die Nähe dessen von Dieselmotoren zu bringen, ohne auf die klassischen Tugenden des Ottomotors wie niedriges Geräuschniveau, niedrige Emissionen oder hohe Drehfreude verzichten zu müssen. In anderen, höherlastigen Fahrzyklen kann der verbrauchssenkende Effekt jedoch deutlich geringer ausfallen. Außerdem hat die Stilllegung von Zylindern über die Ladungswechselventile so gut wie keinen Einfluss auf das gesamte Reibmoment des Motors.

Der Vortragende diskutierte Möglichkeiten, die Zylinderabschaltung durch weitergehende Maßnahmen wie eine Teilstilllegung des Kurbeltriebs, eine asymmetrische Hubraumteilung oder eine Kombination mit einem variablen Ventilhub zu erweitern.

Die Verbrauchsszenarien beruhen auf Messungen und Simulationsrechnungen an einem aufgeladenen 1,6-l-Vierzylinder-Ottomotor. Die Auswirkungen der beschriebenen Maßnahmen auf das Schwingungsverhalten des Motors werden identifiziert und in den Potenzialaussagen berücksichtigt. Für die vorgeschlagenen Lösungen werden außerdem Wege zur konstruktiven Realisierung und deren Einfluss sowohl auf das Reibmoment des Motors als auch auf den Verbrauch in höherlastigen Fahrzyklen erörtert.

OPTIMIERUNG VON KOMPONENTEN

Dr.-Ing. J. Schommers (Vortragender), **Dipl.-Ing. G. Doll**, **Dr.-Ing. R. Weller**,

Dr.-Ing. T. Behr, **Dr.-Ing. H. Scheib**, **Dipl.-Ing. M. Löffler**, **Dipl.-Ing. J. Böhm**, **Dr. rer. nat. M. Hartweg**, **Dipl.-Ing. A. Bosler**, Daimler AG, Stuttgart: „Reiblungsoptimierung – Basis für die Zukunftsfähigkeit der Verbrennungsmotoren“:

Die Zukunft des Verbrennungsmotors hängt vor allem von der Erhöhung des Wirkungsgrads und damit von der Reduktion der Verluste ab. Neben den Anstrengungen bei den Thermodynamik- und Ladungswechseloptimierungen weist die Reibungsoptimierung nach wie vor große Potenziale auf, und zwar sowohl in den hydraulischen Kreisläufen als auch in der Lager-, Triebwerks- und Steuertriebsreibung. Die deutlichen Fortschritte beim Kraftstoffverbrauch der jüngeren Zeit sind in erheblichem Maß auf Reibungsminimierung zurückzuführen. Dies erläuterte der Vortragende beispielhaft an Mercedes-Benz-Motoren. Wesentliche Treiber, wie zum Beispiel die von Daimler entwickelte Nanoslide-Technologie (Zylinder-Beschichtungs-technologie mittels LDS), der steigende Einsatz von Wälzlagern sowie bedarfsgerecht schaltbare Nebenaggregate wurden vorgestellt. Weiter wurde die Optimierung von Kolben- und Zylindergeometrie, Kettentrieben, Reibpartnern und Schmierölen erörtert. Mit Hochdruck arbeitet die Mercedes-Benz-Motorenentwicklung gemeinsam mit den Tribologie-Spezialisten der Konzernforschung und

Vorentwicklung und auch mit ausgewählten Zulieferern sowie Forschungsinstituten an der Entwicklung und Umsetzung von weiteren Potenzialen für geringere Verlustleistung, so Dr. Schommers.

Der Vortrag beschäftigte sich mit der durchgängigen Untersuchung und Umsetzung von Potenzialen auf allen Gebieten der Reibung. Zudem zeigte er auf, welche Verbesserungspotenziale für zukünftige Motoren vorhanden sind.

Dipl.-Ing. R. Weinowski, **Dr.-Ing. K. Wittek** (Vortragender), **Dipl.-Ing. B. Haake**, **Dipl.-Ing. C. Dieterich**, **Dr.-Ing. J. Seibel**, **Dr.-Ing. M. Schwaderlapp**, FEV GmbH, Aachen; **Dr.-Ing. D. Tomazic**, FEV Inc., Auburn Hills, MI, USA: „CO₂-Potenzial eines zweistufigen VCR-Systems in Kombination mit zukünftigen ottomotorischen Antriebskonzepten“:

Downsizing in Verbindung mit Aufladung ist derzeit der Haupttrend zur nachhaltigen Absenkung der CO₂-Emissionen bei Ottomotoren. Neben den bekannten Vorteilen des Downsizings hat die Kompensation der Leistungsreduktion durch Aufladung den Nachteil, dass das Verdichtungsverhältnis aufgrund der Klopfneigung im oberen Lastbereich des Motors reduziert werden muss. Mit steigendem Aufladegrad ergeben sich damit Nachteile im Teillastwirkungsgrad. Eine variable Verdichtung hilft, diese Nachteile zu vermindern.

Der Vortragende präsentierte ein zwei-



14 Prominente Gäste bei der Plenarschluss-Sektion (v.l.n.r.): Prof. Winterkorn, Prof. List

stufiges System zur Realisierung einer variablen Verdichtung (VCR – Variable Compression Ratio) durch ein längenveränderliches Pleuel. Neben einer Beschreibung des Systems sowie dessen Funktionsweise wurde gezeigt, welche Vorteile im Verbrauch bei aktuellen und zukünftigen ottomotorischen CO₂-Konzepten zu erwarten sind.

Dipl.-Ing. H. Fennel (Vortragender), **Dipl.-Ing. H. Hakvoort, Dr.-Ing. W. Hackmann**, Continental, Nürnberg und Berlin; **Dipl.-Ing. A. Vignaud** (Vortragender), **Dr.-Ing. L. Forin-Crouvoisier**, Renault S.A.S., Paris: „Effizienter Elektroantrieb mit fremderregter Synchronmaschine ohne Seltene Erden am Beispiel der Renault Systemlösung“:

Im Jahr 2011 wurden die Elektrofahrzeuge Renault Fluence Z.E. und Kangoo Z.E. mit ihrem innovativen Elektroantrieb auf den Markt gebracht. Die Fahrzeuge stehen für hohe Leistung, Zuverlässigkeit und Komfort – ohne Emissionen und nahezu ohne Motorgeräusch. Unter Berücksichtigung von Fahrerverhalten, Autonomie und Fahrzeugpreis erscheint ein Marktpotenzial von drei Millionen Elektrofahrzeugen realistisch.

Der Elektroantrieb besteht aus einer fremderregten Continental-Synchronmaschine sowie den von Continental entwickelten und produzierten Steuer- und Leistungselektroniken. Besonders im Hinblick auf die aktuelle Preisentwicklung für Permanentmagnete (mit Seltenen Erden) gewährleistet er einen guten Kompromiss zwischen Effizienzanforderungen und Kosten. Zusätzlich stellt das Konzept eines kompakten Achsantriebsystems, bestehend aus Elektromotor und Getriebe, eine effektive Lösung zur Reduzierung der Gesamtkosten dar. Weitere Antriebsstandardisierungen sind der Schlüssel zur Kostenreduktion. Voneinander unabhängige elektrische Abschaltpfade von Stator und Rotor garantieren die Einhaltung höchster Sicherheitsstandards.

ELEKTRISCHE ANTRIEBE

Dipl.-Ing. J. Bockstette, Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger (Vortragender), RWTH Aachen University; **Dipl.-Ing. D. Seibert, Dipl.-Ing. J. Ogrzewalla**, FEV GmbH, Aachen: „Innovatives Batteriekonzept für PlugIn-Hybridfahrzeuge“:

Batterien für Plug-In-Hybridfahrzeuge müssen zwei wesentliche Anforderungen erfüllen. Zum einen muss die Batterie

ausreichend Energie für eine angemessene Fahrstrecke bereitstellen. Zum anderen muss auch beim Erreichen des unteren Ladezustandsniveaus noch genügend Leistung sowohl zur Unterstützung des Verbrennungsmotors als auch beim rekuperativen Bremsen aus der Batterie heraus beziehungsweise in die Batterie hinein dargestellt werden können. Diese beiden Anforderungen führen zu einem Kompromiss bei der Zellauswahl.

Hochenergiezellen sind nicht in der Lage, hohe Lade- beziehungsweise Entladeraten bereit zu stellen. Hochleistungszellen haben dagegen keinen ausreichenden Energieinhalt. Dies führt dazu, dass die Batterien entweder durch Parallelschaltung vieler Leistungszellen den benötigten Energieinhalt bekommen oder durch eine sehr große Energiebatterie die Leistungsanforderung auch bei niedriger Entladerate erfüllen können. Beide Lösungen sind unter Bauraum-, Gewichts- und Kostenaspekten nicht optimal.

Der Vortrag stellte ein Batteriekonzept vor, bei dem durch Kombination von Energie- und Leistungsmodulen eine genau auf den Bedarf abgestimmte Batterie aufgebaut werden kann. Der Stromfluss aus dem Energieteil in den Leistungsteil der Batterie wird dabei durch einen kostengünstigen Stromsteller realisiert. Die Batterie kann so ohne Änderung des Zelltyps an unterschiedliche Kundenbedürfnisse hinsichtlich der elektrischen Reichweite angepasst werden.

Das Batteriekonzept zeigt im Vergleich zu aktuellen Batterien mit gleicher Leistung und Energie eine höhere Leistungsdichte und höhere Energiedichte bei gleichzeitig gleichen oder niedrigeren Kosten. Mit diesem Konzept lassen sich bis zu 12 % Kosten einsparen, so Prof. Pischinger. Zudem sind im direkten Vergleich aktuelle Batterien mit gleichem Leistungs- und Energieinhalt bis zu 22 % schwerer als das vorgestellte Konzept.

Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, Dr.-Ing. H.-J. Neußer, Dipl.-Ing. H. Jelden, Dipl.-Ing. P. Lück (Vortragender), **Dipl.-Ing. J. Tossen**, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Golf Blue-e-Motion – Der elektrische Volkswagen“:

In den letzten Jahren hat Volkswagen mit der Entwicklung seiner Antriebstechnologie viele Meilensteine gesetzt, wie der außergewöhnliche Erfolg der TSI- und TDI-Motoren sowie des Doppelkupplungsgetriebes beweist. Die umfassende

Beschreibung der Antriebstechnologie beinhaltet auch die Entwicklung von Antrieben für alternative Treibstoffe wie CNG. Volkswagen arbeitet mit besonderem Nachdruck an der Elektrifizierung von Antrieben, um mit diesen neuen Technologien weitere Kunden ansprechen zu können. Der Golf Blue-e-Motion setzt neue Maßstäbe in der Elektrifizierung, wobei im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen der Fahrkomfort und insbesondere die Leistung im Stadtfahrzyklus verbessert werden konnte. Die hohe Fahrleistung ergibt sich aus dem Einsatz eines elektrischen Antriebs, der aus einem permanentmagnetenerregten elektrischen Synchronmotor in Kombination mit Leistungselektronik und einer Lithium-Ionen-Batterie besteht. Der Vortrag beschäftigte sich vorwiegend mit den technischen Merkmalen des Antriebssystems und seinen Komponenten. Die wirksame Antriebslösung mit Rückgewinnung der Bremsenergie und die Optimierung aller Komponenten erhöhte nicht nur die Reichweite des Fahrzeugs, sondern gewährleistet auch einen umweltfreundlichen Betrieb und höchstes Fahrvergnügen. Der Golf-Blue-e-Motion zeigt, dass sich diese Anforderungen mithilfe eines elektrischen Antriebssystems erfüllen lassen.

Dipl.-Ing. A. Eiser, Dipl.-Ing. M. Enzinger, Dipl.-Ing. (FH) M. Werner (Vortragender), **Dipl.-Ing. (FH) U. Wierl, Dipl.-Ing. A. Kruse, Dipl.-Ing. C. Westermaier, Dipl.-Ing. (FH) T. Felkel**, Audi AG, Ingolstadt: „Der elektrische Antrieb im R8 e-tron – Elektromobilität sportlich erfahren“:

Dieser Vortrag beschäftigte sich mit dem elektrischen Antriebssystem des neuen Audi R8 e-tron. Besonderheit dieses Sportwagens ist ein Hochleistungs-Elektroantrieb als alleiniges, eigenständiges und voll alltagstaugliches Antriebssystem.

Kern dieses Systems bilden zwei permanent erregte Synchronmaschinen, die getrennt das linke beziehungsweise das rechte Hinterrad antreiben. Die Maschinen wurden speziell für den Einsatz im R8 e-tron auf maximal hohe Leistungsdichte, sportliche Performance und bestmögliche Energieausnutzung hin entwickelt.

Aufbauend auf aktuellen Audi-Vernetzungstechnologien wurde die FlexRay Kommunikation auf die Antriebskomponenten erweitert. Die Applikation und Abstimmung der Fahrzeugeigenschaften, der Funktionssicherheit und der Fahr-

barkeit wurden von Anfang an parallel im realen Fahrzeug erprobt. Dies hat zu einer beispielhaft kurzen Entwicklungszeit geführt.

ABGASNACHBEHANDLUNG

Dr. K. Harth (Vortragender), **Dr. S. Kumar**, **Dr. P. Burk**, BASF Corporation, Iselin, NJ, USA; **Dr. S. Stiebels**, **Dr. T. Müller-Stach**, **Dr. T. Neubauer**, BASF Catalysts Germany GmbH, Hannover: „Intelligente Katalysatorentechnologien für zukünftige Emissionskontrolle in Fahrzeugen“:

Die Verschärfung der gesetzlichen Anforderungen für die Schadstoffemission von Fahrzeugen hat im letzten Jahrzehnt zu mehr Komplexität bei katalytischen Abgasreinigungssystemen geführt. So konnte beispielsweise bei Diesel-Fahrzeugen ein einzelner Oxidationskatalysator (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) die früheren gesetzlichen Anforderungen zur Emission von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen alleine gewährleisten. Das Volumen des DOC war dabei vergleichbar mit dem Hubraum des Motors. Durch die stringenter Regulierung zur Emission von Russpartikeln mussten Partikelfilter (Diesel Particulate Filter, DPF) als zusätzliche Komponente eingebaut werden, wodurch sich das Volumen des Abgasreinigungssystems typischerweise verdoppelte und Strategien zur Regeneration des Filters verlangte. Die Einführung von Euro 6 macht nun einen weiteren Katalysator für die Entfernung von Stickoxiden (NO_x) erforderlich. Dieser Katalysator kann entweder auf dem Prinzip der NO_x -Speicherung (Lean NO_x Trap, LNT) oder auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion (Selective Catalytic Reduction, SCR) mit Ammoniak beruhen. In beiden Fällen nehmen das Volumen und die Komplexität der katalytischen Abgasbehandlung nochmals deutlich zu.

Für die kommenden Fahrzeuggenerationen sind intelligente Katalysatortechnologien notwendig, die eine Integration unterschiedlicher katalytischer Funktionen auf einem Bauteil ermöglichen und damit Volumen und Komplexität des Abgassystems reduzieren. Der Vortrag zeigte verschiedene Konzepte für solche Katalysatorsysteme auf. Im Detail wurden Systeme behandelt, bei denen der SCR-Katalysator auf ein Filter-Bauteil aufgebracht wird (SCR on Filter, SCRoF) und

damit simultan Rußpartikel und NO_x reduziert. Potenziale und Grenzen der SCRoF-Technologie wurden diskutiert und abschließend neueste Ergebnisse zur Filtration, zum Oxidations- und Reduktionsverhalten sowie zur Dauerhaltbarkeit vorgestellt.

Dipl.-Ing. W. Maus (Vortragender), **Dipl.-Ing. R. Brück**, **Dipl.-Ing. K. Müller-Haas**, **Dipl.-Ing. R. Konieczny**, Emitec GmbH, Lohmar: „Die nächste Generation hocheffektiver De NO_x Abgasnachbehandlung – ultrakompaktes SCR Dosiersystem für motornahe SCR Anwendungen“:

Die aktuell diskutierten und schon teilweise bereits beschlossenen neuen CO_2 -Grenzwerte führen indirekt – über erhöhte NO_x -Rohemissionen verbrauchsgünstiger Motoren – dazu, dass eine hocheffektive NO_x -Abgasnachbehandlung eingesetzt werden muss. Daher wird die SCR-Technik bei Pkw- als auch bei Nutzfahrzeuganwendungen in der Breite zum Einsatz kommen.

Emitec erweitert die bekannte und erfolgreich eingeführte NoNO_x -Produktpalette um das kompakte Intank-Dosiersystem Gen III. Dieses Dosiersystem beinhaltet in einem Gehäuse alle notwendigen Funktionen wie Dosieren, Filtern, eine Level- und Qualitätsmessung und das Auftauen. Das System ist sowohl für Pkw- als auch für Nutzfahrzeuganwendungen einsetzbar.

In Kombination mit den bekannten metallischen Substratstrukturen für Hydrolyse-, Misch- und SCR-Katalysatoren ergeben sich kompakte und hocheffektive SCR-Gesamtsysteme.

Die Robustheit der Komponenten in Verbindung mit dem Emitec-Engineering führen zu innovativen Lösungen. Ein Beispiel dafür ist das motornahe kompakte SCR-Katalysatorsystem mit rückwärtiger Eindüsung und universell einsetzbaren Mischstrecken mit Hydrolysekatalysatoren, die gerade bei niedrigen Temperaturen Vorteile zeigen.

Dipl.-Ing. A. Döring (Vortragender), **Dipl.-Ing. G. Emmerling**, **Dr. rer. nat. D. Rothe**, MAN Truck & Bus AG, Nürnberg:

„Downsizing der Euro-VI-Abgasnachbehandlung auf das Niveau des Euro-III-Schalldämpfers“:

Neben der Einhaltung der Euro-VI-Grenzwerte ist es eine große Herausforderung, dies mithilfe eines kompakten, kostengünstigen und robusten Gesamtsystems aus Motor und Abgasnachbehandlung darzustellen. Mit einer konventionellen seriellen Anordnung von



15 Prof. Dr. Herbert Demel

Partikelfilter und SCR-Katalysator ist dies kaum erreichbar, da das üblicherweise eine Verdopplung des Volumens für die Abgasnachbehandlung im Vergleich zu Euro-V-Systemen nach sich zieht.

Daher wurde vorab ein System, bestehend aus SCR-Katalysator und Partikelfilter, entwickelt, das im Bauraum des Euro-III-MAN-TGA-Schalldämpfers, der noch keine Abgasnachbehandlung enthielt, untergebracht werden konnte. Dies gelang zum einen, indem der Partikelfilter mit einer SCR-aktiven Beschichtung versehen wurde und zum anderen durch einen parallel zum Turbolader angebrachten Hydrolysekatalysator zur Harnstoffaufbereitung sowie einen fest positionierten NO -Oxidationskatalysator. Zusätzlich war der im Turbolader-Bypass verbaute Hydrolysekatalysator mit einer SCR-aktiven Beschichtung versehen, sodass nicht nur eine quantitative Harnstoffzersetzung erreicht werden konnte, sondern bereits kurz nach Motorstart oder bei gering belastetem Motor auch ein deutlicher SCR-Umsatz. Die Beeinflussung der passiven DPF-Regeneration mithilfe von NO_2 durch die auf dem Partikelfilter parallel ablaufende Fast-SCR-Reaktion konnte durch eine räumliche Trennung der beiden Reaktionen minimiert werden. Dies ist für den Einsatz bei schweren Nutzfahrzeugen als unkritisch anzusehen.

Durch die Kombination der oben genannten Komponenten mit AGR-Motoren war es möglich, sowohl das Schalldämpfervolumen als auch die Schalldämpfermasse im Vergleich zu konventionellen Euro-VI-Systemen um circa 50 % zu verringern sowie selbst bei äußerst geringen Abgastemperaturen von unter 250 °C noch NO_x-Umsätze von 85 % darzustellen.

Somit stellt das Verfahren einen interessanten Ansatz bei der Entwicklung zukünftiger Euro-VI-Systeme dar. Allerdings muss man den höheren Aufwand bei der mechanischen Erprobung der motorfesten Abgasnachbehandlungskomponenten berücksichtigen. Fragen zur Langzeitstabilität der SCR-Beschichtung werden noch untersucht, so Döring.

PLENAR-SCHLUSSEKSION: BLICK IN DIE ZUKUNFT

In der Plenar-Schlusssektion, 12, wurde ein weiterer Blick in die Zukunft der Mobilität gerichtet, den prominente Besucher mit Interesse verfolgten, 13 und 14.

Prof. Dr. Herbert Demel, 15, Executive Vice President, Magna International, President Magna China, India, South/East Asia, South America, Africa, Magna International, Oberwaltersdorf: „Märkte außerhalb der Triade“:

Beinahe 85 % der heutigen Weltbevölkerung leben innerhalb von „Emerging-Regionen“. Für die nächsten zwei Dekaden ist in diesen Ländern weiterhin mit einem starken Bevölkerungswachstum zu rechnen. Asiens Wirtschaft wird – international gesehen – zur Spitze zurückkehren und damit mehr als hundert Millionen Menschen aus der Armut erheben. Eine gewaltige Mittelschicht wird sich bilden. Die Nachfrage an hochwertigen Konsumgütern steigt dadurch. Die wachsende Anzahl von Haushalten, die potenziell in der Lage sind, ein Fahrzeug zu besitzen, und die fortschreitende Urbanisierung sollen nur exemplarisch als zwei wesentliche Markttreiber für diese aufsteigenden Volkswirtschaften genannt sein. Diese Nationen gewinnen an Stärke und werden zu entscheidenden Märkten für weltweit agierende Firmen. Unternehmen müssen sich an die lokalen Gegebenheiten anpassen, maßgeschneiderte Geschäftsmodelle und spezifische Produkte für diese Regionen entwickeln, um in Zukunft erfolgreich partizipieren zu können.

Prof. Dr. Thomas Weber, 16, Mitglied des Vorstands – Konzernforschung &

Mercedes-Benz Cars Entwicklung, Daimler AG, Stuttgart: „(Auto)Mobilität von morgen – wohin geht die Reise?“:

„Das Automobil ist der Inbegriff von Freiheit und Unabhängigkeit. Kaum eine andere Erfindung prägt unsere Gesellschaft so stark wie die „Kutsche ohne Pferde“, die uns vor 126 Jahren eine neue Dimension der individuellen Mobilität eröffnet hat: Wir können fahren, wohin wir wollen, wann wir wollen und so oft wir wollen.

Gleichzeitig hat uns diese Freiheit aber auch abhängig gemacht, insbesondere vom Öl. Und von dieser Abhängigkeit müssen wir uns lösen. Gehört das Auto deshalb zum „alten Eisen“? Nein. Sicher ist, dass sich die individuelle Mobilität in Zukunft stark verändern wird. Fest steht aber auch: Die einzig sinnvolle Alternative zum heutigen Auto ist das bessere, das wirklich unabhängige Auto. Also müssen wir es neu erfinden. Und wie schon vor 126 Jahren übernimmt Daimler auch dieses Mal die Verantwortung.

Das Auto der Zukunft fährt zunehmend unabhängig von Öl; es vernetzt uns mit seiner Umwelt, informiert uns, steigert unseren Fahrkomfort und unsere Sicherheit. Außerdem ist dieses Fahrzeug weit mehr als die Summe seiner Einzelteile – unsere Kunden profitieren von ergänzenden Dienstleistungen und zwar selbst dann, wenn sie die Autos gar nicht besitzen. Kurzum: Es macht uns noch unabhängiger! Wir bei Daimler haben das frühzeitig erkannt und gestalten aktiv die Zukunft der Mobilität in allen Bereichen – für eine nachhaltige individuelle Mobilität.“

Dipl.-Betr.-Wirt Rupert Stadler, 17, Vorsitzender des Vorstands, Audi AG, Ingolstadt: „E-Mobilität: Sackgasse oder Beschleunigungstreifen für das Auto 2.0?“:

„In den vergangenen zwei Tagen konnte man hier in Wien wieder erfahren, was unsere Industrie so einzigartig macht: weiter voran zu wollen, immer eine Idee mehr zu haben, sich nie zufrieden zu geben.

Besonders dieser Geist ist hier zu spüren. Auch das macht das Motorensymposium zu einem Mekka unserer Branche. Beim Thema „Antrieb der Zukunft“ stehen Forscher und Entwickler vor einer noch größeren Aufgabe, individuelle Mobilität völlig neu zu erfinden, die zusammenfassend in neun Punkten wie folgt lauten:

1. Elektromobilität muss aus dem

Nischendasein heraus. Deshalb halten wir bei Audi daran fest, dass wir bis 2020 e-tron-Modelle in jeder Baureihe anbieten werden.

2. Auf dem Weg dorthin bietet die Weiterentwicklung der konventionellen Antriebe noch viel Potenzial und genießt weiterhin hohe Priorität.
3. Der Hybrid, wie wir ihn heute kennen, stellt als Full-Hybrid eine Brückentechnologie dar, bis Plug-in-Hybride und reine E-Fahrzeuge größere Reichweiten bieten.
4. Der Plug-in-Hybrid verbindet das Beste aus zwei Welten – Verbrennungsmotor und E-Motor.
5. Die Dynamik beim Thema Batterie bleibt hoch: Mittelfristig rechnen wir mit 100 bis 200 Euro pro kWh; ab 2020 dürfte sich die Energiedichte der Batteriezellen verdoppeln.
6. Gerade in Metropolen hat ein reines Battery Electric Vehicle die Chance, zum Standard der Mobilität zu werden. Laut McKinsey könnte New York schon 2015 Spitzenreiter mit 70.000 Elektrofahrzeugen werden, gefolgt von Paris und Shanghai mit 60.000 beziehungsweise 25.000 E-Autos.
7. Die Gesamtbetrachtung muss nachhaltig sein. Fossiles Rohöl kann langfristig durch regenerativ und synthetisch erzeugte, flüssige und gasförmige Kraftstoffe ersetzt werden. Deshalb gestaltet Audi aktiv den Energiemix der Zu-



16 Prof. Dr. Thomas Weber



17 Dipl.-Betr.-Wirt Rupert Stadler

kunft mit.

8. Wenn sich eine Industrie grundsätzlich neu erfindet, müssen wir bei den Standards alle an einem Strang ziehen.
9. Eine Anschubhilfe durch die Politik kann zum Turbolader für die E-Mobilität werden. Aber dauerhafte Subventionen brauchen wir nicht.“

POSTERPRÄSENTATIONEN

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Kirchberger, Dipl.-Ing. H.-J. Schacht, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Eichlseder, Technische Universität Graz: „Potenzial eines REX Konzeptes für Stadtscooter – eine Alternative zur rein elektrischen Mobilität?“:

Aktuell dominieren kostengünstige Zweitakt-Vergasermotoren den Scootermarkt der Klasse 11e (bis 50 cm³ und 45 km/h). Mit Inkrafttreten der Euro-3-Gesetzgebung für Neufahrzeuge ab 2014 werden diese durch die geforderte Dauerhaltbarkeit der Abgasnachbehandlung vom Markt verdrängt. Komplexere Antriebsaggregate, in Form von lambda-geregelten Viertaktmotoren oder direkt einspritzenden Zweitaktmotoren, werden als Nachfolger zum Einsatz kommen müssen. Rein elektrisch getriebene Scooter stellen eine weitere Möglichkeit dar, die entstehende Lücke zu füllen. Mit allen Ansätzen sind steigende Kosten verbunden. Bei den Verbrennungsmotorvarianten werden zusätzliche Systemkomponenten benötigt, die Mehrkosten verur-

sachen, beim Elektromotor sind es die Batteriekosten. Es gilt also eine Alternative zu finden, welche einerseits den Anforderungen der Abgasgesetzgebung entspricht und andererseits den Produktpreis auf möglichst niedrigem Niveau hält. Aus einem Vergleich der unterschiedlichen Ansätze geht eine Hybridvariante in serieller Konfiguration als vielversprechend hervor. Das bewertete System und das daraus abgeleitete Konzept bestehen aus einer Kombination eines Elektro-Scooters mit einer um den Faktor zwei reduzierten Batteriekapazität (Kostenreduktion) und einem Range Extender, der im Bedarfsfall die Reichweite auf das Niveau einer konventionellen Verbrennungsmotorvariante erweitert. Diese Alternative ermöglicht Elektromobilität und damit lokale Emissionsfreiheit, ohne die bis dato immanente „Reichweitenangst“ rein elektrischer Fahrzeuge zu verursachen. Nach der Festlegung der Systemarchitektur als Plug-in-hybridelektrisches Fahrzeug (PHEV) und umfangreichen Voruntersuchungen der Einzelkomponenten wurde eine Längsdynamik-Rückwärts-Simulation durchgeführt: Bei unterschiedlichen Betriebsstrategien wurden die Verbrauchsminderungspotenziale ermittelt.

Die konstruktive Machbarkeit zeigte eine Packaging-Studie. Der präsentierte Rohentwurf eines Range-Extender-Fahrzeugs offenbart das Potenzial zur CO₂-Minderung dieses Konzepts. Weitere signifikante Emissionsvorteile entsprechend der Emissionsberechnung nach Richtlinie 2009/108/EC sind zu erwarten.

Dipl.-Phys. S. Fischer, Dipl.-Ing. H. Smith, Ass. Prof. Dr. T. Lauer, Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, Technische Universität Wien; **Dipl.-HTL-Ing. G. Pessl, Dipl.-Ing. (FH) C. Krenn,** BMW Motoren GmbH, Steyr: „Einfluss des Tropfen-Wand-Interaktions-Modells auf die Vorhersage der Ammoniak-Homogenisierung in Pkw-SCR-Systemen“:

Um zukünftige internationale Abgasnormen einhalten zu können, müssen Stickoxid-Emissionen von Dieselmotoren weiter signifikant gesenkt werden. Die Selektive Katalytische Reduktion (englisch: Selective Catalytic Reduction, SCR) stellt hierbei einen etablierten Ansatz für mittelgroße und große Pkw dar. Die Optimierung von SCR-Systemen im Hinblick auf die Aufbereitung der eingespritzten Harnstoff-Wasser-Lösung (HWL) zu gasförmigem Ammoniak und eine gute Gleichverteilung des Redukti-

onsmittels am Katalysator ist dabei eine große technische und methodische Herausforderung.

Am Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik der TU Wien wurde in Zusammenarbeit mit der BMW Motoren GmbH Steyr ein CFD-Simulationsmodell der HWL-Aufbereitung und Ammoniak-homogenisierung für ein seriennahes Pkw-SCR-System mit Drallmischer implementiert. Die Bedeutung der Tropfen-Wand-Interaktion und Wandfilmbildung für eine korrekte Vorhersage der Ammoniakdampf-Gleichverteilung über einen weiten Betriebsbereich wurde analysiert. Eine optimale Beschreibung der Interaktion des HWL-Sprays mit den Abgassystemwänden, dem Mischerelement und dem Katalysator konnte auf Basis von numerischen Sensitivitätsstudien erarbeitet werden. Das Modell wurde mit Ammoniakverteilungsmessungen vom Prüfstand validiert. Mithilfe der optimierten CFD-Methodik konnte die beobachtete Reduktionsmittel-Homogenisierung korrekt wiedergegeben und Verbesserungspoten-

Tagungsbände

Die Vorträge des 33. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschritt-Berichten, Reihe 12, Nr. 749, Band 1 und 2 (einschließlich CD in englischer Sprache), nebst Zusatzheften enthalten. Die Unterlagen sind beim Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) erhältlich.

Einladung

Das 34. Internationale Wiener Motorensymposium findet am 25./26. April 2013 im Kongresszentrum Hofburg Wien statt, wozu schon heute herzlich eingeladen wird. Rechtzeitige Anmeldung nach Programmbekanntgabe im Internet ab circa Mitte Dezember 2012 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



Foto: Kucera

33RD 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 33rd International Motor Symposium in Vienna, which was held on April 26th and 27th, 2012. They presented the most recent developments in automotive engineering and previewed 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, ①** welcomed the participants to the 33rd International Vienna Motor Symposium, ②, 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 preceding motor symposia, their titles, authors and the companies as well as other papers read elsewhere.

Prof. Lenz explained that the lecturers would this year again be presenting the most recent findings gained in the areas of drive technology, energy supply, environmental issues and related fields of automotive engineering. He paid tribute to the lecturers, who rank amongst the

most outstanding experts in their respective fields, and expressed his gratitude for their efforts and commitment. He continued as follows:

“We are developing improved or entirely novel drive concepts. Never before have developments in the automotive industry been as exciting and promising as today. Never before have we encountered such a vast potential for improvements, for reducing frictions, for using new engine variants, novel concepts for supercharging and the integration of electric and electronic auxiliary devices.”

He then pointed out: “We will be able to attain our goal of ensuring sustainable mobility in the future as well. Our efforts are less focused on revolutionary changes than on current evolution and long-term development. We are experiencing major breakthroughs with regard to new drive concepts, such as electric motors as drive units. However, we must remain realistic. It is the right approach and an important activity to devise purely electric drive units so as to gain experience with their mass production and also demonstrate that we take this matter seriously.

But we will also hear that progress achieved with internal combustion engines from one model series to the next is also impressive, with performance improvements of 15 to 25 % being no rare feat. As compared to purely electric drive systems, internal combustion engines remain superior by at least the power of ten, primarily due to the storage capacity of batteries. And why should we lower our sights when contemplating purely electric drive units as compared to vehicles with conventional drives?”

Prof. Lenz then drew attention to the fact that pure electric mobility makes sense only if power can be generated from regenerative sources. This is meanwhile generally accepted.

Therefore, the coming decades will be characterized by a combination of conventional drives, gasoline and diesel engines and electric motors.

Human emotions associated with individual mobility will not change drastically in the future. The perception of speed and acceleration as well as the wish to move swiftly from one place to another will not be replaced by modern communication methods to any great degree.

Professor Lenz was convinced that the global automotive engineering industry will face an exciting and eventful phase



① Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz



② Opening ceremony with fanfare performance

with major challenges for us – and automotive engineers will certainly come up with more than one solution to technical problems.

After the joint opening plenary two parallel sessions were held, ③, ④ and ⑤, in which technical papers were presented under the chairmanship of the 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 two monasteries in Lower Austria, a visit to the Augarten porcelain manufacturing plant and a tour of the exhibition at the Leopold Museum marking Gustav Klimt's 150th anniversary. In the evening, the participants and accompanying persons attended a reception given by the Mayor of Vienna at the City Hall.

PLENARY OPENING SESSION

Dipl.-Ing. Wolfgang Hatz, ②, Member of the Executive Board – Research and Development, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach: “Porsche Intelligent Performance – Future Efficiency Strategies for Sportcars”:

After having given a survey of the traditional goals of Porsche, namely maximum power and efficiency, Dipl.-Ing. Hatz illustrated the decisive challenge of the future: further improving efficiency which, by avoiding a single fuel stop, can make the difference between victory or defeat in a 24 hour race.

In the future, Porsche will focus mainly on

- : an optimization of conventional internal combustion engines
- : further developing electrification in the Porsche hybrid engines
- : a targeted use of plug-in-hybrid technology

At the end of his presentation, Dipl.-Ing. Hatz gave an enthusiastic account of his driving experience with the new Porsche 918 Spyder. This parallel hybrid consists of a 4.6-l-V8 naturally aspirated engine with more than 570 HP which can reach a top speed of 9,000 rev./min and an electric motor with approximately 90 kW, which is mounted between the engine and the gearbox and drives the rear wheels.

The 918 Spyder has an electric front axle, an idea taken over from the GT 3 R hybrid. This electric front axle has an independent electric motor with an output of more than 80 kW.

Dipl.-Ing. Peter Langen, ⑩, Senior Vice President Powertrain Development, BMW

Group, Munich: “Future Mobility Solutions of the BMW Group”:

The demands for safeguarding individual mobility are changing globally, thus posing major challenges to automobile manufacturers. The BMW Group has constantly pursued the goal of being the leading manufacturer of premium vehicles and the number one supplier of excellent mobility services. In this context, the sustainability of its product range plays a particularly important role.

In the decades to come, conventional powertrains will remain an important pillar on which BMW's solutions will rest, although their limitations will spur the introduction of alternatives. These include primarily electrification and, in the long run, the use of alternative fuels, such as hydrogen.

Especially with its internal combustion engines featuring its TwinPower Turbo, the BMW Group already now has at its disposal a technology that is in line with its brand image and highly competitive in the market, and this will constitute the basis of its next engine generation. With its ActiveHybrid technology BMW has successfully introduced electrification in its core vehicle series. BMW will continue this strategy with the new sub-brand BMW i, the unique selling point of which is its consistent orientation towards sustainability and its “born electric” concept which reflects BMW's electrification ambitions and the integration of innovative powertrain solutions.

The BMW Group thinks beyond the confines of its vehicles and is thus already today launching in the market pioneering mobility options by offering mobility solutions in combination with, or independently of vehicles. Through cross industry initiatives, the BMW Group supports the provision of infrastructure for safeguarding electric mobility as well as the long-term development of necessary infrastructure for hydrogen.

Dr. Jürgen M. Geißinger, ⑪, President & CEO, Schaeffler AG, Herzogenaurach: “The Future Powertrain – Challenge between Internal Combustion Engine and Electric Mobility”:

As mirrored in the public debate the euphoria about a rapid, general introduction of electric mobility has faded. Nevertheless, the automotive industry has in no way relaxed its efforts. On the contrary, it is now focusing on stepping up development programmes geared to-



③ Plenary opening session: from right to left: Dr. Geißinger, Dipl.-Ing. Langen, Dipl.-Ing. Hatz, Prof. Lenz

wards improving conventional drives while, at the same time, promoting the introduction of electrified and electric drives. Schaeffler is consistently working at the component, module, and system level to further optimize drive trains with internal combustion engines. Today, the reduction of friction and weight, and above all variable valve trains – continuous and non-continuous systems – carry significant potential with regard to the tasks at hand.

Transmissions and wheel-related components are also areas in which action can be taken to further the development of drives based on internal combustion engines. However, internal combustion engines and electric mobility are not complete opposites. Downsizing and downspeeding concepts are complemented by electrified systems, and the resulting combination ensures a driving experience that lives up to the expectation for further improvements in both driving dynamics and fuel economy.

The area in which all-electric driving shows the highest potential is in the world's booming megacities, where it can contribute to emission-free local mobility. New vehicle concepts designed to cope with congested traffic situations are now being devised. Schaeffler is already making an important contribution by developing wheel hub drives that significantly improve vehicle maneuverabil-

ity and offer the option of designing cars with new spatial concepts.

NEW OTTO ENGINES

Dipl.-Ing. T. Wasserbäch (lecturer), **Dipl.-Ing. M. Kerkau**, **Dipl.-Ing. G. Bofinger**, **Dipl.-Ing. M. Baumann**, **Dipl.-Ing. J. Kerner**, **Dr.-Ing. H.-J. Neußer**, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach: "Performance and Efficiency – The Flat-Six Engines in the New Porsche 911 Carrera":

With 48 years under its belt, the new Porsche 911 Carrera is younger than ever. The completely revised generation of this sports car icon has set an even higher standard in terms of performance and efficiency. All versions boast fuel consumption of less than 10 l per 100 km. Fuel consumption and emissions have been reduced by up to 16 % as compared to its predecessor.

The extensively optimized flat six-cylinder engines have made a significant contribution to these excellent data. Thanks to a further dethrottling of the intake section and the exhaust system and in combination with an optimization of the combustion process, the output of this 3.8-l engine in the 911 Carrera S was raised to 400 HP. As compared to the predecessor engine, it has been possible to bring down fuel consumption and emissions by as much as 15 % thanks to

the use of Porsche's dual clutch system. The displacement of the 3.4-l engine in the 911 Carrera was scaled down as compared to its predecessor. Thus it was possible to raise engine output and acceleration values further while bringing fuel consumption down by 16 %.

In order to enhance the emotional appeal of the vehicle's driving performance, the revving ability of the flat engines was further improved by reducing the rotating masses and increasing the maximum engine speed to 7,800 rpm. In combination with the new seven-speed manual transmission and Porsche's dual clutch system (PDK), specific functions were developed which acoustically highlight the engine's spontaneous response to the accelerator position and gearshift command, thus making the new 911 Carrera a significantly more emotive car. Thanks to auto-start-stop coasting, thermal management, and electrical system recuperation, major efficiency gains have been achieved.

Dipl.-Ing. J. Königstedt (lecturer), **Dipl.-Ing. (FH) M. Aßmann**, **Dipl.-Ing. C. Brinkmann**, **Dipl.-Ing. A. Eiser**, **Dr.-Ing. A. Grob**, **Dipl.-Ing. J. Jablonski**, **Dipl.-Ing. R. Müller**, Audi AG, Neckarsulm/Ingolstadt: "The New 4.0-l V8 TFSI Engines from Audi – The Logical Combination of Efficiency and Performance":

With its newly conceived 4.0-l-V8-TFSI engines, Audi has introduced its downsizing strategy into the high-performance market segment, in which these twin turbocharged engines reach an output of 382 kW (520 HP). Thanks to its high boost ratio, the V8-TFSI engine boasts supreme performance with a torque of 650 Nm available in the speed range of 1700 to 5500 rpm.

The cylinder head concept with the intake system arranged on the outside and the exhaust system on the inside, has resulted in short gas flow paths with minimum flow losses. In combination with its two twin-scroll turbochargers, this engine shows a highly spontaneous throttle response. The "cylinder on demand" system which is based on the Audi valve lift system (AVS) represents an outstanding feature of these engines. In addition, friction losses have been significantly reduced through various design measures, and an innovative thermal management (ITM) has been achieved.

The new V8-TFSI engine will be used for the first time in the Audi models S6,

S7 and S8. Both the Audi S6 and the Audi S8 of the predecessor model generation were powered by 5.2-l V10 FSI engines. With the change-over to the new 4.0-l V8 TFSI, Audi succeeded in lowering CO₂ emissions by as much as 25 % while, at the same time, improving driving performance significantly.

Ing. F. Steinparzer (lecturer), **Dr.-Ing. M. Klütting**, **Dipl.-Ing. J. Poggel**, BMW Group, Munich: “The New BMW V8 Powertrains: Customer Value through Turbocharging and Fully Variable Valvetrain”:

The supercharged 4.4-l-V8 turbocharged gasoline engine which was launched as a completely new design represents a major milestone in the high-end product portfolio of the BMW range. This engine has been fundamentally revised in response to the ever more exacting demands with regard to higher fuel efficiency, improved steady-state and dynamic behaviour characteristics, as well as the need to create the preconditions for compliance with the forthcoming, increasingly rigid global exhaust gas emission regulations. Based on the proven fundamental concept of the 90° V8-engine-gearbox unit,

the mechanics, the combustion process and the supercharging method have been consistently developed further. With the integration of BMW Valvetronic, this engine now incorporates the globally unique combination of direct injection, exhaust gas turbocharging and fully variable intake valve timing.

In the new M5, the revised engine has a rated power of 412 kW, a maximum torque of 680 Nm and a maximum speed of 7200 rpm with standard fuel consumption of a mere 9.9 l/100 km. As a result, this engine mirrors BMW's EfficientDynamics strategy also in the top-range vehicle segment.

INJECTION

A. Knight, **BEng**, **S. Crossley**, **MEng**, **CEng**, **D. E. Draper**, **BSc**, **CEng**, (lecturer), Delphi Diesel Systems – Heavy Duty Business, Stonehouse: “Development of High Pressure Common Rail Systems Incorporating Advanced Electronic Control Strategies for Future Heavy Duty Vehicles”:

This paper describes and discusses details of the Delphi Diesel Systems Heavy Duty common rail systems which

are the latest generation of fuel injection equipment that has been specifically designed to meet Euro VI performance requirements. These systems allow OEMs to upgrade engines with minor or no engine modifications. They are designed for injection pressure ratios of up to 3000 bar, with at least five injections per cycle at constant high efficiency rates. These excellent features have been achieved through first-in-class injection technology and a flexible pump configuration with a unique activation system and a delivery rate selector.

In terms of hardware and software, these systems are fully integrated into the control system. These systems are based on Delphi's time-tested state-of-the-art technology, meet current requirements for heavy-duty commercial vehicles and comply with the relevant legal provisions.

These systems incorporate innovative air and fuel control strategies as well as calibration processes which assure constant performance over the entire life cycle of the engine, performing engine and vehicle control functions and complying with the latest requirements con-



④ Festival hall



5 Ceremonial hall

cerning on-board diagnosis. During their development, these systems are tested on specialized rigs designed for this purpose and validated in endurance tests in the latest heavy duty engines and in commercial vehicles so as to enable commercial vehicle manufacturers to comply with EU 6 and US 13 standards. These systems are of modular design, permit flexible installation and can be adjusted to engine configurations over the entire range of 7 l to 16 l.

The sustainable basic design of these systems can be developed further so as to meet future post-EU 6 requirements thanks to higher pressure ratios, enhanced performance and more accurate control.

Dr. R. Maier (lecturer), **J. Warga**, **Dr. T. Pauer**, **Dipl.-Ing. J. Gerhardt**, **Dr. M. Krüger**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: "The Next Generation Bosch Common Rail Injectors with Digital Rate Shaping – A Key Factor for Meeting Future Requirements":

Over the entire operating map of diesel engines, a complex relationship exists between fuel consumption as well as

exhaust gas and noise emissions. The combustion process can be optimized with the aid of pilot injections although the degrees of freedom are limited for conventional PI strategies. However, these limitations can be overcome by starting the pilot injection immediately before the main injection. This digital injection pattern (pilot injection/main injection) results in a "soft" and uninterrupted combustion process, reducing noise emissions and permitting a further reduction in emissions and fuel consumption.

The Digital Rate Shaping strategy has led to new requirements for the injector in terms of the time interval between the pilot injection and the main injection, the precision of injected quantities and reproducibility. These new requirements have been taken into account in the development of the new solenoid-valve injector.

CRI2-20 which is based on a new concept using an integrated high-pressure volume and a "long-needle" design. This injector's capability for multiple injection features unique metering precision and

the potential for a further reduction of noise emissions. Combustion concepts with extremely short injection intervals resulting in optimized CO₂ emissions can be applied to further increase the fuel economy of Diesel engines.

Bosch's new CRI2-20 is based on a modular concept which can be expanded to a higher injection pressure range which permits a further enhancement of the advantages and attractiveness of diesel engines in the future.

Dr.-Ing. A. Kufferath (lecturer), **Dr.-Ing. S. Berns**, **Prof. Dr.-Ing. J. Hammer**, **Dr.-Ing. R. Busch**, **Dipl.-Ing. (FH) M. Frank**, **Dipl.-Ing. (FH) A. Storch**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: "The EU 6 Challenge at GDI – Assessment of Feasible System Solutions":

With the EU 6 legislation defined at the end of 2011 a valid framework was created for setting the standards for the years to come. The limitation of particle numbers (PN) to 6x10¹¹ particles/km represents a true challenge for gasoline engines with direct injection. In our studies destined to clarify the cause-effect relationship of

particle formation we used a visually accessible single-cylinder engine. We have thus been able to define requirements made upon components and functionalities that contribute significantly to lowering particulate emissions.

By using an innovative production method for high-pressure injection valves, we have been able to reduce spray penetration and increase flexibility with regard to the spatial configuration of fuel supply metering in the combustion chamber by varying the size of injection-nozzle holes. By conceiving a function for adjusting fuel metering during ballistic injection we have been able, for the first time, to achieve small injection quantities even under high fuel pressure and have thus created a key technology for modes of operation with several injection pulses. By consistently applying these concepts to a current EU 5 engine it was possible to lower raw emissions step by step. As a result, the engine described in this paper which has a centrally mounted injector complies with the Euro 6 PN standards. Thus Bosch has made available to vehicle manufacturers a range of hardware, software and application options resulting in a reduction of raw emissions with specific combustion processes. This paper also describes alternative approaches, such as dual



6 Exhibition

injection, fuel pressure increases and exhaust gas after-treatment, and illustrates the benefits of the overall system optimization outlined.

NEW DIESEL ENGINES

Dr.-Ing. H.-J. Neußer, Dipl.-Ing. J. Kahrstedt (lecturer), **Dipl.-Ing. H. Jelden, Dipl.-Ing. H.-J. Engler, Dipl.-Ing. R. Dorenkamp, Dr.-Ing. S. Jauns-Seyfried,**

Dipl.-Ing. A. Krause, Volkswagen AG, Wolfsburg: "Volkswagen's New Modular TDI Generation":

The new generation of TDI engines supplement the Volkswagen brand's modular strategy. In the powertrain development special emphasis was placed on engine properties, fuel consumption and performance. It is thanks to this modular strategy that it will be possible to meet future legal, regional



7 Exhibition



8 Exhibition

and country requirements in an economically feasible manner. This lecture presents the new and enhanced modules for this new engine generation together with component combinations, including the engine management functions developed specifically for this purpose.

The 2.0-l TDIR MDB will first be used in the new Audi A3, and subsequently in the new Golf. As compared to the predecessor model the new MDB-concept sets new standards in terms of driving performance, fuel efficiency and pollutant emissions.

Thanks to the round torque curve and the high power output level – rated performance is available from 3000 rpm onwards – the reduced vehicle weight and improved air resistance coefficient contribute to impressive engine data. At the same time, fuel consumption has been further lowered.

Alongside engine design measures, a start-stop system and baking energy recuperation result in higher fuel economy. In combination with manual transmission, compact cars have a fuel consumption of 4.1 l/100 km in the New European Driving Cycle – this is an order of magnitude which can be reached only by vehicles with restricted equipment or much smaller vehicles.

Dipl.-Ing. P. Lückert (lecturer), **Dipl.-Ing. D. Busenthür**, **Dipl.-Ing. R. Binz**, **Dipl.-Ing. H. Sass**, **Dipl.-Ing. T. Roth**, **Dr.-Ing. M. Stotz**, Daimler AG, Stuttgart: “The Mercedes-Benz Diesel Engine Powertrains for the New A- and B-Class – An Innovative Integration Method”:

Since the end of 2011, the new B-Class has successfully established itself in the market. Now Mercedes-Benz will launch its new A-class in summer. It will feature the new OM 651 four-cylinder diesel in three performance levels in combination with a six-speed manual transmission and the new Mercedes-Benz seven-speed dual-clutch (7G-DCT) transmission.

In order to conceive an optimum drive concept, special emphasis was placed on designing innovative engine and transmission drive components as well as on integrating and applying these so as to create an optimum powertrain unit. Mercedes-Benz focuses, in particular, on the new top type output variant in combination with the new dual-clutch transmission as well as on NVH optimization.

This lecture illustrates the different application and operating strategies for powertrain design pursued in order to meet exacting fuel economy targets and to create an attractive drive unit in terms of driving performance and agility.

The new Mercedes-Benz diesel powertrains meet both the demands of traditional B-class customers with regard to driving comfort and the wishes of future A-class customers with regard to sporty driving characteristics.

Dr.-Ing. N. Ardey (lecturer), **Dipl.-Ing. R. Wichtl**, **Dipl.-Ing. T. Steinmayr**, **Dr. techn. M. Kaufmann**, **Dipl.-Ing. D. Hiesmesch**, **Dipl.-Ing. W. Stütz**, BMW Motoren GmbH, Steyr: “The All New BMW Top Diesel Engines”:

From the very beginning, diesel drive-trains have been important components of the BMW EfficientDynamics strategy. High levels of driving dynamics in combination with attractive fuel consumption have become features of a wide range of models. With the introduction of two-stage turbocharging for passenger car diesel engines in 2004, BMW was able to significantly enhance power density without increasing the number of cylinders or cylinder capacity. In the meantime, the BMW TwinPower Turbo diesel engine variants achieve a rated power of up to 160 kW on the 2.0-l four-cylinder engine and 230 kW on the 3.0-l six-cylinder engine.

In order to further strengthen its leading position in the premium segment, a new BMW TwinPower Turbo variant has

been developed. The major objectives were to achieve a range of power output, torque and comfort at least at the level of eight-cylinder competitors, but at the same time equal the lower fuel consumption and power/weight ratio that is typical of existing BMW six-cylinder diesel engines. The new engine will be used for the first time in the clearly sports-oriented BMW M performance automobiles (MPA) of the X5/X6 and 5 model series.

The charging and injection technology as well as high cylinder pressure capability in the core engine are key technologies for the enhancement of performance. The new BMW TwinPower Turbo diesel drivetrain is based on the main dimensions of the existing 3.0-l six-cylinder in-line diesel engines. The core element of the new engine is a two-stage turbocharging system, consisting of three exhaust turbochargers. A common rail injection system with a system pressure up to 2200 bar is deployed for the first time. The drive train has been configured for a maximum cylinder pressure of 200 bar. An innovative feature is the aluminium crankcase with its screwed tension anchor connection. The cooling system contains an indirect two-stage intercooler. The exhaust system of the new BMW diesel engine in the 5 series features an NO_x storage catalyst as standard equipment.

The new BMW six-cylinder TwinPower turbo diesel engine achieves a rated power of 280 kW and a maximum torque of 740 Nm. With a specific power output of 93.6 kW/l cylinder capacity, it occupies the top position among series diesel engines.

Thanks to extensive measures to reduce friction, the friction level of existing BMW six-cylinder diesel drivetrains is achieved despite higher ignition pressure configuration.

FUTURE FUELS AND RAW MATERIALS

Prof. A. Steinfeld, Ph. D., ETH Zurich: "Liquid Hydrocarbon Fuels from Water, CO₂, and Concentrated Solar Energy":

Solar H₂O/CO₂-splitting thermochemical redox cycles for the production of synthetic fuels make use of concentrated solar radiation as the source of high-temperature process heat. These processes operate at high temperatures and utilize the entire solar spectrum: Hence they

offer thermodynamically favourable paths to efficient solar fuel production.

The targeted solar fuel is syngas: a mixture of mainly H₂ and CO, which can be further processed to liquid hydrocarbons for the transportation sectors. R&D work encompasses fundamental studies on thermodynamics, reaction kinetics, heat/mass transfer, and chemical engineering. Solar reactor prototypes – at the 5 to 10 kW power level – are designed, modeled, and tested in high-flux solar furnaces, further optimized for maximum solar-to-fuel energy conversion efficiency, and finally scaled-up for industrial applications – at the MW power level – using concentrating solar power technology.

Dr. E. Jacob, Emissionskonzepte Motoren, Krailling: "Diesel Fuels in Technological Transformation to the Post-Fossil Age":

Together with DPF-SCR exhaust gas after-treatment systems, improved diesel fuels and engine oils destined for ultra-low emission diesel engines offer a further potential for reducing fuel consumption and improving long-term stability. Recently, the mineral oil industry has made great strides in improving the quality of fuels; especially with the introduction of sulphur-free fuels. At the same time, political decision-makers have counteracted this positive trend by imposing the obligation to add low-quality bio-components to fuels on the pretext that these would lower CO₂ emissions. The addition of biodiesel (FAME) in particular, lowers the quality of diesel. The main reasons for this quality impairment are the low volatility and the unfavourable decomposition characteristics of FAME. If vegetable oils are hydrogenated to form HVOs (hydrotreated vegetable oils), a high-grade alkane mixture, these disadvantages can be overcome. But if changes in indirect land use (ILUC) are taken into account in the CO₂ balance, it can be predicted that vegetable oil-based fuel additives will no longer be attractive.

Mineral-oil based diesel fuels will remain our principal source of supply at least until 2045. One of the quality targets for standard diesel will be high-quality diesel fuels, such as premium diesel which is already commercially available. The production of synthetic diesel by means of the Fischer-Tropsch process will become an increasingly

attractive method, although it has stagnated over the past few years.

The production of these premium diesel fuels and the FT synthesis require considerable quantities of additional hydrogen and a lot more process energy. In the coming decade, primarily natural gas will be used for this purpose (as natural gas prices will go down and exploration and processing costs for oil will continue to climb).

As new refineries and FT plants are being mainly established in the sunbelt of the earth, the introduction of process heat and solar thermal power for the electrolytic production of "green" H₂ can significantly reduce the CO₂ footprint of the fuels produced in this way.

Biomethanol and bioethanol can be produced from waste materials containing lignocelluloses through gasification or enzymatic treatment, but cannot be directly added to diesel fuels. Thanks to chemical conversion of these alcohols into oximethylene ether (OME) and other polyethers, multi-functional diesel additives can be produced which significantly lower soot formation by 5 to 10 volume-% during combustion in the engine, facilitate the continuous regeneration of particulate traps, increase cetane numbers and improve cold starting behaviour.

At present, the ongoing research project "EREKA" carries out systematic



9 Dipl.-Ing. Wolfgang Hatz



10 Dipl.-Ing. Peter Langen

analyses of the suitability of hundreds of oxygenates as diesel fuel components and investigates their capacity to reduce soot formation.

Higher polyalkylene glycoles, PAG, which are chemically similar to polyethers can be made from alcohols, and used as base oils for non-cooking ash-sulphur- and phosphorus-free engine oils.

Dr. D. Gagliardi (lecturer), **T. Finken**, Ricardo Deutschland GmbH, Schwäbisch Gmünd: “Risks and Factors Influencing Raw Material Availability and Consequences for the Development of Future Automotive Powertrains”:

It is the objective of this paper to explore the main risks and external factors influencing the availability of raw materials and to describe the consequences associated with the design of drivetrains for future vehicles. The lecture also contained an in-depth analysis of the current situation, a summary of the expected future technological developments as well as various future scenarios of the market potential of different architectures for hybrid and all-electric vehicles. The lecturer also described the current constellation of political factors, access to resources and other important aspects and stressed some of the most significant risks and their influence on the introduction of alternative drivetrain technologies.

Subsequently, the lecturer illustrated the relationship between supply and demand for certain rare earth metals and its impact on price trends and explained how these factors can influence existing relationships in the automotive industry. Lastly, the lecturer presented proposals for alternative strategies for certain groups within the automotive value creation chain by means of which the existing risks can be mitigated.

TOMORROW'S MOBILITY

Univ.-Prof. Dr.-Ing. L. Eckstein (lecturer), **Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. C.-S. Ernst**, **Dipl.-Ing. S. Faßbender**, **Dr.-Ing. B. Gnörich**, RWTH Aachen University: “Mobility Needs of Future Customers and their Impact on the Drivetrain”:

This paper summarizes major customer demands made upon future vehicles and their drivetrains based on most recent studies and against this background illustrates various development trends for alternative drivetrains.

Emission reduction, urbanization and peak-oil constitute the most essential megatrends which will influence the future of mobility. The impact of these megatrends will enlarge the manoeuvre room for automotive engineering solutions, which will, at the end of the day, also be determined by the legislative framework. The lecture explains in detail the findings of two studies carried out by the Automotive Engineering Department of RWTH Aachen University which analyzed the impact of changed framework conditions on the mobility needs of the next customer generation. In addition to the general attitude of these future customers towards motor vehicles, their specific technological and economic requirements with regard to drivetrains are illustrated. This analysis focused, in particular, on the options for electrifying drivetrains, by differentiating between the individual markets. On the basis of a fundamental description of the central characteristics of various drivetrain concepts, the lecturer illustrated the development needs for alternative drivetrains and presented a cost analysis based on the interaction between customer demands and possible technological solutions.

The energy consumption of vehicles with alternative drive trains which is a central element of total cost analysis is

demonstrated by means of two research and benchmarking projects based on practical examples. The lecture ends with an evaluation of the different drivetrain concepts for various fields of application against the background of technological and economic criteria.

F. Balthasar, **Dr. W. Warnecke** (lecturer), Shell Global Solutions (Deutschland) GmbH, Hamburg; **Dr. H. Ma**, **Dr. X. Riera-Palou**, **Dr. N. Tait**, Shell Global Solutions (UK), Chester: “Future Mobility Case Studies – Life Cycle Assessments of BEVs and ICVs with a Global Perspective”:

By 2050, growing demand for individual mobility will lead to a steep increase in car ownership worldwide. It can be expected that the current number of vehicles will triple to around two billion. Growing demand for mobility means increased demand for energy. In order to be able to meet these requirements, while at the same time lowering CO₂ emissions and improving air quality, integrated, smarter mobility concepts are required on the basis of a wide range of smarter vehicles and fuels as well as innovative infrastructure. Thus, it will be possible to ensure a smarter use of vehicles. In this context, Shell believes that a mosaic of mobility options will be required for road transport and is actively evaluating future energy supply for future drivetrains that form part of this integrated solution.



11 Dr. Jürgen M. Geißinger

Apart from the further development of today's gasoline and diesel engines powered by crude-oil-based fuels and first generation and advanced biofuels, Shell is also evaluating options for producing fuels from gas, such as Compressed Natural Gas (CNG), liquefied natural gas (LNG) or Gas To Liquids (GTL), from hydrogen, and also from the recovery of energy in electrified motor vehicles.

On the one hand, emissions from road traffic are a key factor for evaluating the best possible future combination of energy and drivetrain options. The ever more exacting challenges resulting from the growth of the world's population, progressive urbanization, emissions from traffic congestion, and smog caused by road traffic, also constitute important factors which deserve special attention in certain regions of the world.

On the other hand, road transport accounts for a considerable part of global energy consumption and the associated emissions of greenhouse gases.

Electric vehicles have aroused interest all over the world because they are considered as one of the most promising long-term solutions to safeguard sustainable individual mobility. Battery-driven electric vehicles have zero emissions, and therefore contribute to reducing not only greenhouse gas emissions caused by road traffic, but also other emissions limited by maximum permissible values (which cause smog). The real potential for the reduction of greenhouse gas emissions can be properly assessed only if greenhouse gas emissions are compared with emissions from vehicles with conventional internal combustion engines over their entire life cycle. In our study, we analyzed vehicles that will be launched in Western Europe, the US and China in 2012, taking into account the effects of three vital factors:

- : comparison of similar vehicles and driving conditions in real-life operation
- : recording greenhouse gas emissions, taking into account additional electricity consumption,
- : calculating greenhouse gas emissions over the entire life cycle of vehicles (i.e. from production to disposal, etc.)

Over the entire life cycle, the emissions of battery-electric vehicles are higher than those of vehicles driven by internal combustion engines because of the greenhouse gas emissions resulting from the production of batteries.



12 Plenary closing session: from right to left: Dipl.-Betr.-Wirt Stadler, Prof. Weber, Prof. Demel, Dr. Hametner, Prof. Lenz

N. Brinkman, GM Global Research & Development, Warren, MI, USA; **Dr. U. Eberle**, **Dr. V. Formanski**, **Prof. Dr. U. D. Grebe** (lecturer), **R. Matthé**, General Motors Europe, Rüsselsheim: "Vehicle Electrification – Quo Vadis?"

This presentation describes the development of electrified propulsion systems from the invention of the automobile to the present and then provides an outlook on expected technology progress. Vehicle application areas for the various systems are identified based on a range of energy supply chains and the technological limits of electric powertrain components.

GM anticipates that vehicle electrification will increase in the future. Battery-electric vehicles will become competitive for some applications, especially in intra-urban, short-distance driving. Range-extended electric vehicles provide longer driving ranges and offer full capability; with this technology, electric vehicles can serve as the primary vehicle for many customers. Hydrogen-powered fuel cell-electric powertrains have potential for application across most vehicle segments. They produce zero emissions during all phases of operation, offer short refueling times, but have powertrain cooling and hydrogen storage packaging constraints.

While the market share of electrified vehicles is anticipated to increase significantly, GM expects conventional power-

trains with internal combustion engines to also have a long future – however, a lot of them will be supported by various levels of electrification.

COMBUSTION AND CHARGING

Dr.-Ing. B. Mahr (lecturer), Mahle Powertrain Ltd., Northampton; **H. Blaxill**, **Dr. W. Attard**, Mahle Powertrain LLC, Novi, MI, USA: "Application and Potential of an Ultra Lean, Low NO_x Combustion to Reduce Emissions of Nitrogen Oxides and Fuel Consumption":

In order to meet future global emission targets, it will be necessary in the short to medium term to continue improving the fuel consumption of spark ignited gasoline engines. Gasoline engine downsizing is the dominant technology which is currently being implemented in both the EU and US. In addition, technologies such as variable valvetrains and stratified lean combustion have been applied by some manufacturers.

This paper considers the application of a homogeneous ultra-lean combustion system in current and future engine technologies. Ultra-lean combustion is achieved with a high-energy turbulent jet ignition system. Turbulent jet ignition is an advanced spark-ignited prechamber combustion system. This ultra-lean combustion process achieves stable part load

operation at $\lambda = 2$, resulting in high fuel economy, high thermal efficiency and low NO_x emissions. In addition, the improved knock resistance of the combustion process allows, due to the distributed ignition sites, improvements in the compression ratio or a synergy with boosted applications.

The paper describes the system configuration and its application in a test engine. The test results for naturally aspirated engines are illustrated in detail and the application in a supercharged engine is explained.

Dipl.-Ing. K. Schmiederer (lecturer), **Dipl.-Ing. J. Eitel**, **Dr. S. Edwards**, **Dr.-Ing. E. Pantow**, **Dr.-Ing. P. Geskes**, **Dipl.-Ing. R. Lutz**, Behr GmbH & Co KG, Stuttgart; **Dr.-Ing. M. Mohr**, **Dipl.-Ing. B. Sich**, ZF Friedrichshafen AG; **Dipl.-Ing. R. Dreisbach**, **Dr.-Ing. J. Wolkerstorfer**, **Dipl.-Ing. H. Theißl**, **Dipl.-Ing. S. Krapf**, **Dipl.-Ing. K. Neunteufl**, AVL List GmbH, Graz: "The Potential Fuel Consumption of a Truck Engine plus Rankine Cycle System, Derived from Performance Measurements over Steady State and Transient Test Cycles at Constant Emissions Levels".

Future fuel-consumption-related legislation has become a significant stimulus for the development of commercial vehicles around the world. Waste heat recovery by means of the Rankine process features among the most promising options for complying with future legislation.

Following the results of theoretical studies which had been presented at the Vienna International Motor Symposium in 2009, a representative heavy-duty commercial vehicle engine running on the test bed at the EU 6 emission level has been fitted with a complete Rankine cycle prototype. This technology has been tested successfully under steady-state and transient conditions in order to establish its potential and feasibility.

With these prototype components and a system using heat from the EGR and tailpipe exhaust gas downstream of the aftertreatment, it has been demonstrated in a test cycle that the expansion machine can generate up to 5 % of the primary engine output. Thus, it has been shown that this technology has the potential of reducing fuel consumption significantly in real-world operation.

This paper describes the findings of these investigations, presents an outlook for the future and explains, in particular, the interactions between the vehicle



13 Prominent guests from left to right: Prof. Piëch, Mrs. Piëch, Mrs. Lenz, Prof. Lenz

cooling system, its emission strategy and potential hybridization.

Dipl.-Ing. K.-H. Bauer (lecturer), **C. Balis**, **MSE**, **G. Donkin**, **CEng**, **P. Davis**, **CEng**, Honeywell Transportation Systems, Rolle: "The Next Generation of Gasoline Turbo Technology".

The progress achieved in downsizing gasoline engines in recent years has demonstrated the limits of conventional turbocharger design. Higher torque at lower engine speeds and better transient response are critical features expected of state-of-the-art engines today. Especially the trend towards high mean effective pressure rates in the lower speed range forces turbocharger manufacturers to revise modern boosting layouts.

This paper shows ways to attain high engine and vehicle performance characteristics which cannot be reached with conventional waste gate turbochargers for gasoline engines. This novel concept offers decisive improvements of transient engine behaviour without the use of exotic materials, such as titanium aluminides, or without having to deal with the increased complexity of variable geometry turbines.

HYBRIDIZATION

S. Adachi (lecturer), **H. Hagihara**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan:

"The Renewed Four-Cylinder Engine Series for Toyota Hybrid System".

Reducing CO_2 and fuel consumption rank among the major challenges for car makers nowadays. In 1997, Toyota introduced the world premiere Toyota Hybrid System (THS) as one of the most effective solutions for improving powertrain efficiency. The THS technology has been continuously developed further with a view to enhancing its efficiency and has been launched worldwide as a global technology.

Recently, Toyota has revised its four-cylinder engine series for hybrid systems in order to heighten their thermal efficiency and reduce CO_2 emissions. In 2009, the 1.8-l engine was launched as the first engine of this new series, followed by the 1.5-l and 2.5-l engines which were introduced in the market in 2011. This new engine line-up is now integrated in a wide range of B, C and D-segment vehicles.

In the development of the new engine series, special emphasis was placed on retaining the advantages of the base engine, such as high fuel efficiency and reliability as well as clean exhaust gas emissions, whereas a number of modifications were aimed at optimizing the hybrid system. The key technological features of the new engine series are the cooled EGR system, the electric water pump, and the Atkinson cycle. With

these modifications and through the optimization of friction levels, a thermal efficiency of close to 39 % was achieved. The use of a large number of common parts among the base engines has resulted in high reliability and has permitted the integration of these into the engine compartment of the new vehicles.

With the completion of the new engine series, Toyota has taken an important step towards improving fuel consumption and adapting the system from B to D-segment vehicles. In the future, Toyota will keep focusing on introducing advanced technologies, so as to contribute to sustainable mobility.

Dr.-Ing. U. Keller (lecturer), **Dipl.-Ing. C. Enderle**, **Dipl.-Ing. T. Gödecke**, **Dipl.-Ing. G. Henning**, Daimler AG, Stuttgart: "Diesel-Hybrid – The Next Generation of Hybrid Powertrains by Mercedes-Benz":

The next generation of hybrid systems by Mercedes-Benz will, for the first time, combine a parallel hybrid with a four-cylinder diesel engine. The newly developed hybrid transmission is based on the 7G-Tronic Plus transmission and the vast experience with former hybrid projects gained by the parent company.

Most applications of hybrid powertrains are focused on gasoline engines. With these hybrid systems, a huge reduction in fuel consumption can be attained. However, tremendous efforts to increase the fuel efficiency of conventional powertrains are also being made. As a consequence, a diesel parallel hybrid system has been developed.

With the combination of the 7G-Tronic hybrid and the four-cylinder diesel engine OM651, a powertrain with highest fuel efficiency and modularity has been created. The presentation outlines the specific characteristics of the new hybrid powertrain.

R. Wadhwa (lecturer), **A. Srinivas**, Mahindra & Mahindra Ltd., Mumbai, India; **Dr. R. Ellinger**, **Dipl.-Ing. M. Sattler**, AVL List GmbH, Graz: "The Development of Hybrid Vehicles for the Indian Market":

The Indian passenger car market is currently experiencing steady growth which is expected to continue in the future. Whereas this growth is primarily driven by conventional internal combustion engines, the Indian automotive industry is exploring various technological options that will allow it to comply with the forthcoming relevant legal provisions,

to remain competitive and to lower both emissions and the costs for purchasing and operating passenger cars.

As a result of road trials conducted in various parts of India and subsequent analyses of traffic flows, hybrid electric vehicles have emerged as the appropriate technology for the near future as they combine high fuel efficiency, high performance and low emissions.

Mahindra & Mahindra have defined a clear roadmap for the development of hybrid electric vehicles (HEVs) because these are considered as a major technology to meet future demands made upon fuel efficiency, emissions, performance and driving characteristics. The company therefore pursues a clearly defined strategy and timetable for the development and introduction of hybrid electric vehicles in its product range. However, the development of hybrid electric vehicles is also associated with many technological challenges, such as proper thermal management, a safety concept, extensive durability, reduction of noise caused by vibrations and harshness. In addition, aspects of cost-effectiveness must be taken into account in order to safeguard good market penetration and sustainable commercial success.

The lecture gives a survey of Indian passenger car sales statistics and illustrates typical traffic flows on various roads and streets, applicable environmental standards, as well as challenges encountered in the Indian market.

INTEGRATION OF FUNCTIONS/HD-DIESEL

Dr. H. Sorger (lecturer), **Dr. R. Ellinger**, **Dipl.-Ing. G. von Falck**, **Dipl.-Ing. B. Graf**, **Dr. . Hennige**, **Dipl.-Ing. J. Lewis**, **Dr. W. Schöffmann**, **Dipl.-Ing. F. Zieher**, AVL List GmbH, Graz: "AVL e-Fusion – Functional Integration as the Key to Affordable Powertrain Electrification":

The progressive electrification of powertrains in passenger cars will be a sine qua non in order to meet fleet fuel consumption targets. Despite the economies of scale in the mass production of electrical systems, and components, such as batteries, generators, electric motors, power electronics etc. this results in massive cost increases as compared to non-electrified drivetrains. AVL's approach to cost reduction for comparable target performance and fuel consumption

values with current production solutions is a radical and continuous integration of functions. The concept of functional integration critically scrutinizes and redefines existing interfaces, based on the established manufacturing and assembly sequences in mass production. This functional integration considers not only the singular main elements of the drivetrain, such as engine, gearbox and electric motor, but also presents innovative solutions that logically bring these key elements together, in terms of overall powertrain function.

Despite high functional integration, AVL succeeded in designing a modular drivetrain family that encompasses a conventional mild hybrid, a plug-in-hybrid and a range extender as well as an all-electric drive vehicle.

Thanks to its compactness and the wide performance spread, the modular AVL e-fusion family is suitable for universal application in A, B and C-segment passenger cars, whereas the two-cylinder TGDI engine can be used in the entry/volume power class in the C-segment. The three-cylinder TGDI can also be applied to higher performance vehicle segments. In the development of engines with lower cylinder numbers, special attention was paid to their NVH behaviour. Depending on the specific application, it was possible to reduce unit costs for the entire drivetrain by 10 to 40% as compared to conventional drivetrains.

This paper not only explains the overall system design but also illustrates the highly integrated transmission solutions in detail and gives a survey of the operating and control strategies for different applications.

Dr. E. Böckenhoff, **Dr. A. Gorbach** (lecturer), Daimler AG, Stuttgart: "The Design of the New Heavy Duty Engine Generation within the Global Development and Production Network":

With its new six-cylinder in-line engines OM470 and OM471 Daimler Trucks has defined a new benchmark in terms of fuel consumption, performance and emissions, and has achieved a breakthrough in the development of a new engine platform with globally harmonized standards.

In order to be able to reach its ambitious development goals against the background of cost constraints and the extensive use of common parts, Daimler

Trucks had to draw on the expertise and existing efficiencies in the Group's world-wide development network. A global platform can be successful with customers only if the individual development plants are located in close proximity to the markets. In the network, the strengths of the local plants can be optimally used, specific requirements taken into account and technologies successfully combined.

At the same time, a common platform allows optimum utilization of the production network. The flexibility and synergies thus achieved ensure efficient use of resources and hence improved cost-effectiveness.

Dr. C. Teetz (lecturer), **Dr. D. Bergmann**, **Dr. C. Sauer**, **Dr. A. Schneemann**, MTU Friedrichshafen GmbH, Friedrichshafen; **Dipl.-Ing. J. Eichmeier**, **Prof. Dr. U. Spicher**, IFKM, at Karlsruhe Institute of Technology (KIT): "MTU Series 1600 HCCI Engine with Extremely Low Exhaust Emissions over the Entire Engine Map":

In the development of off-highway engines, the main challenge results from the need to comply with future exhaust gas emission standards and at the same time assure high fuel efficiency and low CO₂ emissions. Diesel engines, in the 130 kW to 560 kW power range, in particular, which in the US the EPA-Tier 4 legislation will cover from 2014 onwards (NO_x: 0.4 g/kWh and particulars: 0.02 g/kWh), can comply with these maximum permissible values only by using a combination of internal design measures and exhaust gas aftertreatment systems (SCR, particulate filters). As a result, diesel engines become more complex and expensive. In the face of CO₂ emission regulations and the growing demand for diesel fuel, greater emphasis is now being placed on alternative fuels.

Homogeneous Charge Compression Ignition or "HCCI" constitutes an alternative to complex exhaust aftertreatment systems as it generates virtually no soot nor nitrous oxide emissions. It does, however, present new challenges with respect to combustion control and engine load. Up to now, it has not been possible to exploit the full potential of this combustion process over the entire engine map, since the high ignition performance of diesel fuel at high loads results in excessively early combustion and inadmissible pressure gradients.

The pre-development department of

MTU Friedrichshafen co-operated with the Department for Internal Combustion Engines at the Karlsruhe Institute of Technology (KIT) to devise a research prototype for an industrial application which allows semi-homogenous combustion with controlled self-ignition over the full engine map. The engine is based on a six-cylinder version of the MTU series 1600 unit and has a rated output of 300 kW. The fuels – gasoline or ethanol and diesel – are mixed in such a way as to avoid the disadvantages associated with most HCCI processes. Since the use of ethanol also enhances combustion efficiency, it has a two-fold positive effect on the CO₂ situation. With this engine, it is possible to remain well below the Tier 4 emissions thresholds for particulates and NO_x without the need for complex exhaust aftertreatment systems.

NEW WAYS FOR POWERTRAINS

K. Kishi (lecturer), **T. Satou**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: "The New Nissan High Efficient 1.2-l 3Cyl GDI Supercharged Engine Enables 95 g/km CO₂ Emissions and High Driving Performance":

This paper describes a new 1.2-l three-cylinder gasoline engine designated as HR12DDR. This engine was designed with a view to achieving the lowest CO₂ emissions in the European B-segment and assuring driving pleasure for the customer through high power output. In the development of this engine, attention was paid to the ever more stringent emission regulations expected for the years to come and with due regard for the option of serving as an alternative powertrain to diesel engines. In the first phase, this engine was installed in the European Nissan Micra in 2011. Its emissions amount to 95 g/km CO₂ in the New European Driving Cycle. The low fuel consumption of the engine was achieved with the aid of technologies which maximize thermal efficiency through high compression ratios and minimize friction losses. The combustion process has been optimized by means of a direct injection system. We opted for a supercharger system with bypass valve and magnetic clutch in order to reach higher fuel efficiency without sacrificing high power output. This paper presents details of the HR12 DDR and outlines the highlights of the technologies applied to this engine.

Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, **Dr.-Ing. H.-J. Neusser**, **Dr.-Ing. R. Szengel**, **Dr.-Ing. H. Middendorf** (lecturer), **Dr.-Ing. J. Theobald**, **Dipl.-Ing. N. Möller**, Volkswagen AG, Wolfsburg: "The New TSI":

With the introduction of its new transverse modular system, Volkswagen has fundamentally revised its engine platforms. In this process, the highly successful EA111 series of small four-cylinder TSI engines has been thoroughly redesigned in order to create the optimum basis for satisfying future requirements with regard to vehicle packaging, emissions – including CO₂ – as well as modularity.

Systematic lightweight aluminium construction with four-valve technology and an exhaust manifold integrated into the cylinder head constitute the technological core of the new model generation EA211. With a view to continuously optimizing friction characteristics, the new TSI engines feature a toothed belt drive and a monolithic valve train module with roller bearings. These engines are based on a carefully tiered, tribologically optimized system platform.

The coming years will see the worldwide introduction of the new TSI engines with a displacement of 1.2 and 1.4 l. As a result of their compact and modular design they can easily be adapted without requiring any engine modifications and variabilities and are suitable for an array of electrification and hybridization concepts aimed at reducing fuel consumption even further. The new 1.4-l TSI engine which has a power output of 103 kW and features cylinder deactivation, represents the most advanced TSI version for minimizing fuel consumption to date. With the AVL system which has been further improved, the valvetrains of two cylinders can be deactivated, thus shutting off the cylinders depending on demand. The first application of the new engine is planned for the Polo platform.

The new model series of three and four-cylinder engines covers a displacement range of between 1.0 l to 1.6 l. It incorporates not only the further developed, highly successful TSI technology, but is also available in MPI applications for growth markets and base models.

Dr.-Ing. J. Ross (lecturer), **Dr.-Ing. P. Grigoriadis**, **Dipl.-Ing. O. Dingel**, **Dipl.-Ing. A. Werler**, **Dipl.-Ing. H. Neukirchner**, IAV GmbH, Chemnitz: "New

Approaches to Variable Displacement – What Will Be Next after Cylinder Deactivation on Gasoline Engines?”:

With the aid of cylinder deactivation (CDA) it has been possible to heighten the fuel economy of gasoline engines in the New European Driving Cycle (NEDC) to such an extent that it is similar to that of diesel engines. This can be achieved without sacrificing the classical benefits of gasoline engines, such as low noise and exhaust gas emissions or liveliness. In other cycles, i. e. driving under higher loads, the positive fuel efficiency effect can turn out to be much smaller. In addition, shutting off cylinders by deactivating intake and exhaust valves has virtually no influence on the friction torque of the engine.

This paper therefore deals with the potential of additional measures for reducing fuel consumption, such as partial deactivation of the crank train, an asymmetric displacement split and a combination with variable valve lift. The fuel consumption scenarios are based on experimental and simulation data obtained in tests of a supercharged 1.6-l four-cylinder gasoline engine. The effect of the above-described measures on the vibration characteristics and harshness of the engine is identified and taken into consideration in the analysis of its fuel consumption potential. Design solutions for the suggested measures are illustrated and their impact on friction torque and fuel economy in higher load cycles is also demonstrated.

OPTIMIZATION OF COMPONENTS

Dr.-Ing. J. Schommers (lecturer), **Dipl.-Ing. G. Doll**, **Dr.-Ing. R. Weller**, **Dr.-Ing. T. Behr**, **Dr.-Ing. H. Scheib**, **Dipl.-Ing. M. Löffler**, **Dipl.-Ing. J. Böhm**, **Dr. rer. nat. M. Hartweg**, **Dipl.-Ing. A. Bosler**, Daimler AG, Stuttgart: “Friction (Loss) Reduction – Basis for the Sustainability of the Internal Combustion Engine”:

The sustainable viability of combustion engines will primarily depend on a further improvement of their operating efficiency and thus also on the potential to reduce friction losses. Alongside the progress made in optimizing thermodynamics and gas exchange behaviour, the optimization of friction losses still offers a large potential, both in the hydraulic circuits as well as in bearing systems, powertrains and valvetrains. In recent

times, significant progress has been made in reducing fuel consumption, which can mainly be ascribed to the minimization of friction losses, as exemplified in the following with regard to Mercedes-Benz engines.

The lecture describes major improvements, such as the Nanoslide technology developed by Daimler (cylinder coating strategy by means of TWAS), the growing use of roller bearings, and actively regulated ancillary components. Optimization measures for piston and cylinder geometry, chain drives, friction partners, and lubricating oils are also discussed. The staff of the Mercedes-Benz Engine Development Department, together with the tribology specialists in the Group's research units and experts in engine pre-development as well as selected suppliers are energetically studying and tapping further potential for reducing friction losses.

This paper explains the ongoing systematic investigations and goal-oriented implementation of measures to reduce friction losses for all engine components in which frictions occurs, and assesses the improvement potential for future engines.

Dipl.-Ing. R. Weinowski, **Dr.-Ing. K. Wittek** (lecturer), **Dipl.-Ing. B. Haake**, **Dipl.-Ing. G. Dieterich**, **Dr.-Ing. J. Seibel**, **Dr.-Ing. M. Schwaderlapp**, FEV GmbH,

Aachen; **Dr.-Ing. D. Tomazic**, FEV Inc., Auburn Hills, MI, USA: “CO₂-Potential of a Two-Stage VCR System in Combination with Future Gasoline Powertrains”:

In combination with turbocharging, downsizing currently represents the main technology trend in the automotive industry's efforts to comply with CO₂ emission standards applying to gasoline engines. Besides the well-known advantages of downsizing, turbocharging has to be increased to compensate for the reduction of power output, which means that the compression ratio has to be lowered in order to counteract knocking under higher engine loads. Increased boost pressure, however, results in another disadvantage under part load. By means of a variable compression ratio (VCR) these disadvantages can be mitigated.

This paper presents a two-stage variable compression ratio system (VCR – variable compression ratio), in which the length of the connecting rod can be varied. The paper describes the system layout, its functionalities and the fuel consumption benefits that can be expected from current and future CO₂ concepts for gasoline engines.

Dipl.-Ing. H. Fennel (lecturer), **Dipl.-Ing. H. Hakvoort**, **Dr.-Ing. W. Hackmann**, Continental, Nuremberg/Berlin; **Dipl.-Ing. A. Vignaud** (lecturer), **Dr.-Ing.**



14 Prominent guests from left to right: Prof. Winterkorn, Prof. List

L. Forin-Courvoisier, Renault S.A.S., Paris: "Efficient Electric Powertrain with Externally Excited Synchronous Machine without Rare Earth Magnets Using the Example of the Renault System Solution":

In 2011, Renault started to mass produce and launch its Fluence Z.E. and Kangoo Z.E. electric vehicles with an innovative electric powertrain. These vehicles boast high performance, reliability and driving comfort without emissions and hardly any engine noise. Taking into account driving behaviour, autonomy and vehicle price, the market potential of these electric vehicles can be realistically assumed to exceed three million units already now.

The electric powertrain consists of an externally excited synchronous machine and the second generation control and power electronics developed and produced by Continental. Given the current price trend for permanent magnets (using rare earths), in particular, electric powertrains offer a good trade-off between efficiency requirements and costs. In addition, the concept of a compact axle drive unit consisting of an electric motor and transmission offers an effective solution to reducing overall costs. A further standardization of the powertrain constitutes the key to cost reductions. State-of-the-art safety norms have been met by means of independent shut-off paths of the stator and the rotor.

ELECTRIFICATION

Dipl.-Ing. J. Bockstette, Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger (lecturer), RWTH Aachen University; **Dipl.-Ing. D. Seibert, Dipl.-Ing. J. Ogrzewalla**, FEV GmbH, Aachen: "Innovative Battery Concept for Plug-In-Hybrid-Vehicles":

Batteries for plug-in-hybrid-vehicles must meet two major requirements. First of all, the battery must deliver adequate power to ensure that a reasonable distance can be covered. Secondly, it must be possible to draw enough power from the battery in order to support combustion engine operation as well as recuperative braking, and/or to feed power back into the battery even when reaching lower SOC levels. These two requirements lead to a compromise in cell selection.

High-energy cells cannot attain the high charge and/or discharge rates that are necessary; while on the other hand, high performance cells do not have a

sufficiently high energy content. As a result, the battery can be provided with the required energy either by switching a very large number of power cells in parallel or it can meet the power requirements even at low discharge rates with the aid of a very large energy battery. Neither solution is optimal in terms of packaging, weight and costs.

This article introduces a battery concept that can be used to design a battery that is specifically geared towards individual demands by combining energy and power modules. The energy flow from the battery's energy pack to the power pack is assured by means of an inexpensive current controller. With this approach, the battery can be furthermore adjusted to different customer requirements in terms of the range in electric mode without having to change the cell type. In contrast to current batteries with the same output and energy, this battery concept shows a higher power density and a higher energy density while costs remain the same or are even lower. With this concept, it is possible to reduce cost by as much as 12 %. In a direct comparison, current batteries with the same power and energy content are also up to 22 % heavier than the batteries based on the concept presented here.

Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, Dr.-Ing. H.-J. Neußer, Dipl.-Ing. H. Jelden, Dipl.-Ing. P. Lück (lecturer), **Dipl.-Ing. J. Tausen**, Volkswagen AG, Wolfsburg: "Golf Blue-e-Motion – The Electric Volkswagen":

In the past few years Volkswagen set many milestones in the development of its powertrain technology as is mirrored by the outstanding success of its TSI and TDI engine series as well as its dual clutch transmission. A comprehensive account of this drive technology also covers the development of powertrains for alternative fuels, such as CNG. Volkswagen is also energetically pressing ahead with the electrification of drivetrains so as to be able to attract new customers with these novel technologies. The Golf Blue-e-Motion has set new standards in electrification, and as compared to conventional vehicles offers outstanding driving comfort combined with superior performance, especially in the urban driving cycle. The high driving performance results from the use of an electric drivetrain consisting of a permanent magnet synchronous electric motor with power electronics and lithium-ion battery.

This lecture deals primarily with the technological characteristics of the drivetrain system and its components. Thanks to the efficient powertrain with braking energy recovery as well as the optimization of all components, it has been possible not only to extend the range of the vehicle but also to ensure ecologically sound operation and ultimate driving pleasure. Hence the Golf Blue-e-Motion demonstrates that all these requirements can be met with the aid of an electric drivetrain.

Dipl.-Ing. A. Eiser, Dipl.-Ing. M. Enzinger, Dipl.-Ing. (FH) M. Werner (lecturer), **Dipl.-Ing. (FH) U. Wierl, Dipl.-Ing. A. Kruse, Dipl.-Ing. C. Westermaier, Dipl.-Ing. (FH) T. Felkel**, Audi AG, Ingolstadt: "The Electric Powertrain of the R8 e-tron – A Sportive Experience of Electromobility":

This article presents the electric powertrain for the new Audi R8 e-tron. The special feature of this sports car is its high-performance electric powertrain, which is a unique, stand-alone vehicle propulsion system for everyday operation.

Two permanent-magnet synchronous motors which drive the left and the right rear wheels separately constitute the core of the system. These motors were specifically designed for use in the R8 e-tron and are characterized by maximum power density, sporty performance and optimum power utilization.

Based on the latest Audi networking technologies, the Flex-Ray communication system has been extended to include the drive components. The application and balancing of vehicle characteristics, functional reliability and driveability was tested in parallel under real life conditions from the very beginning, which meant that the development phase was completed in an outstandingly short time.

EXHAUST GAS AFTERTREATMENT

Dr. K. Harth (lecturer), **Dr. S. Kumar, Dr. P. Burk**, BASF Corporation, Iselin, NJ, USA; **Dr. S. Stiebels, Dr. T. Müller-Stach, Dr. T. Neubauer**, BASF Catalysts Germany GmbH, Hannover: "Smart Catalyst Technologies for Future Automotive Emission Control":

Over the past decade, the ever tightening emission regulations applicable to motor vehicles have resulted in markedly larger dimensions and a much higher

complexity of automotive catalyst systems. In diesel-powered passenger cars for example, early requirements to limit the emissions of carbon monoxide and hydrocarbons could be met using a single Diesel Oxidation Catalyst (DOC) with a volume similar to the engine displacement volume.

When particulate emissions had to be controlled, a Diesel Particulate Filter (DPF) had to be added. As a result, the exhaust gas treatment system was often about twice the size of the DOC and required the incorporation of soot regeneration strategies into the engine control module. More recently, with the introduction of EU 6, it is necessary to use a second catalyst for removing nitrogen oxide (NO_x) emissions. This catalyst can be based either on the principle of NO_x storage (Lean NO_x Trap, LNT) or on selective catalytic reduction (SCR) using ammonia as reducing agent. In either case, the incorporation of these NO_x reduction components into the vehicle increases the volume and complexity of exhaust gas aftertreatment systems significantly.

For future generations of vehicles, smart catalyst technologies will be required, which will allow integration of different catalytic functions into a single component and will result in a reduction of the total size and complexity of the emission control system. This paper analyzes various options for smart catalyst systems and focuses, in particular, on SCR on Filter (SCRoF) solutions in which the SCR catalyst is fixed on a filter substrate, thereby assuring simultaneous soot particle filtration and NO_x reduction. The potential and limitations of this concept are addressed, and the most recent findings in terms of soot filtration, oxidation and NO_x reduction behaviour as well as durability are presented.

Dipl.-Ing. W. Maus (lecturer), **Dipl.-Ing. R. Brück**, **Dipl.-Ing. K. Müller-Haas**, **Dipl.-Ing. R. Konieczny**, Emitec GmbH, Lohmar: "Next Generation High Effective De NO_x Exhaust Aftertreatment – Ultra Compact SCR Dosing System for Close Coupled SCR Applications":

The maximum permissible values for CO_2 emissions in particular which are currently being debated and have, to some extent, already been adopted, have given rise to the need for highly effective NO_x aftertreatment as more fuel efficient engines emit higher raw NO_x emissions.

Therefore, SCR technology will be applied both in passenger cars and commercial vehicles on a large scale.

Emitec has enlarged its well-known and successfully launched No NO_x product range by adding the compact in-tank dosing system Gen III. This Gen III system performs all necessary functions, such as dosing, filtering, measuring level and quality and defrosting in a single housing. The Gen III system can be applied both to passenger cars and commercial vehicles. In combination with the well-known metallic substrate structures for hydrolysis, mixed and SCR catalysts, compact and highly effective SCR systems can be designed.

Thanks to the robustness and Emitec engineering, innovative solutions have been devised, such as the closely coupled SCR catalyst system with rear injection and the universal use of mixing sections with hydrolysis catalysts which offer particular advantages in low-temperature operation.

Dipl.-Ing. A. Döring (lecturer), **Dipl.-Ing. G. Emmerling**, **Dr. rer. nat. D. Rothe**, MAN Truck & Bus AG, Nuremberg: "Downsizing of the Euro VI Exhaust Aftertreatment Components to fit into the Euro-III-Silencer":

Apart from having to comply with the EU 6 limit values it is a major challenge to conceive a compact, low-cost and robust overall system consisting of an engine and an exhaust gas aftertreatment system. This goal can hardly be achieved with a conventional, in-series arrangement of the particulate trap and an SCR catalyst, because this would normally result in a doubling of the volume of the exhaust aftertreatment as compared to EU 5 systems.

For this reason, in the pre-development phase the goal was set to design a system comprising an SCR catalytic converter and a particulate trap that could be fitted into the packaging space of the EU 3 MAN TGA silencer which had no exhaust gas aftertreatment system. This was achieved, on the one hand, by applying an SCR active coating to the particulate filter and, on the other hand, by using a hydrolysis catalyst for urea decomposition arranged in parallel to the turbocharger as well as a close-coupled NO oxidation catalyst installed in the turbocharger bypass. As a result of a spatial separation of the two parallel reactions it was possible to minimize the



15 Prof. Dr. Herbert Demel

influence of the SCR reaction in the particulate trap on the passive fast SCR reaction which can be regarded as non-critical when used in heavy-duty commercial vehicles.

By combining the above-described components with EGR engines it is possible to reduce both the volume and the mass of the silencer by approximately 50 % as compared to conventional EU 6 systems while still achieving NO_x conversion rates of 85 %, even at extremely low exhaust gas temperatures of less than 250°.

Hence, this procedure represents a promising approach for the future development of EU 6 systems. However, the required input for the mechanical testing of the exhaust gas aftertreatment components fixed on the engine also has to be taken into account. In addition, issues related to the long-term stability of the SCR coating will also have to be resolved.

PLENARY CLOSING SESSION: VIEW TO THE FUTURE

In the plenary closing session, **12**, an outlook was given on the future of mobility which aroused great interest in prominent participants, **13** and **14**.

Prof. Dr. Herbert Demel, **15**, Executive Vice President, Magna International,

President Magna China, India, South/East Asia, South America, Africa, Magna International, Oberwaltersdorf: "Markets outside the Triade":

Almost 85 % of today's world population lives in the "emerging regions". For the next two decades it can be expected that the populations in these countries will continue to grow rapidly. Asia's economy will again occupy a leading position worldwide and thus lift more than a hundred million people out of poverty. A gigantic middle class will emerge, and, as a result, demand for high-quality consumer goods will rise. The growing number of households which will have the capacity to own a motor vehicle and progressive urbanization are but two examples of essential market drivers for these emerging economies. These nations are gaining strength and will become key markets for enterprises operating worldwide. Companies will have to adjust to local conditions, conceive business models tailored to local needs and develop specific products for these regions, so as to be able to act as successful players in these markets in the future.

Prof. Dr. Thomas Weber, , Member of the Board of Management – Group Research & Mercedes-Benz Cars Development, Daimler AG, Stuttgart: "(Auto) Mobility of the Future: Where Does the Journey Lead?":

The car is the epitome of freedom and independence. Hardly any invention has shaped our culture as much as the "horseless carriage", which opened up a new dimension of personal mobility 126 years ago: we can drive wherever we want, whenever we want and as often as we want. At the same time, however, this freedom has made us dependent, particularly on fossil fuel. And that is the very dependency from which we must free ourselves. Does this mean the car should now be relegated to the "scrap heap"? No. It does mean, however, that personal mobility will pass through dramatic changes in the future. One thing is certain: the only logical alternative to today's car is a better car, one that is truly independent. And so we must reinvent it. Just as we did 126 years ago. Daimler is assuming responsibility for this.

The car of the future will become increasingly independent of oil; it will provide us a network with our environment, inform us, enhance our driving

comfort and our safety. Moreover, the future car will be more than the sum-total of its individual components. Our customers will benefit from additional services, even if they are not car owners. In short: our dependence on cars will grow! We at Daimler recognized this at a very early point in time and are actively shaping the future of mobility in all areas so as to assure sustainable individual mobility.

Dipl.-Betr.-Wirt Rupert Stadler, , Chairman of the Board, Audi AG, Ingolstadt: "E-Mobility: Dead End or Fast Lane for Car 2.0?":

"Over the past two days here in Vienna we were able to perceive once again what makes our industry so unique:

: It always seeks progress.

: It always comes up with the extra idea.

: It never contents itself with what has been achieved.

This spirit is present here.

Amongst other things, this makes the Motor Symposium a Mecca of our industry. The topic "Future Drivetrains" presents an even greater challenge to researchers and developers. They are called upon to completely reinvent individual mobil-

ity, taking into account the nine items below:

1. Electromobility must emerge from its existence in a niche. Therefore, we at Audi are determined that by 2020 we will offer e-tron models in all our series.
2. On the way to this goal, the further development of conventional drives holds great potential and continues to enjoy high priority.
3. The hybrid, as we know it today, is a bridge technology for a full hybrid, until plug-in-hybrids and pure electric vehicles offer extended ranges.
4. The plug-in-hybrid brings together the best of two worlds – an internal combustion engine and an electric motor.
5. With regard to batteries, dynamism will remain strong:
In the medium term we assume costs of 100 to 200 Euro per kWh.
From 2020 onwards, the energy density of battery cells will probably double.
6. Especially in metropolises, pure battery electric vehicles have the opportunity to become the prevailing standard in mobility. According to McKinsey, by 2015 New York could emerge as the leader with 70,000 electric vehicles in its streets, followed by Paris and Shanghai with 60,000 and 25,000 electric vehicles respectively.
7. The analysis of the situation and the outlook must be sustainable. In the long run, fossil raw oil can be replaced by regenerative and synthetic liquid and gaseous fuels. Therefore, Audi is actively involved in shaping the future energy mix.
8. If an industry is totally reinventing itself, we must all join forces in defining standards.
9. A little boost given by politicians may develop into a turbocharger for electric mobility. But we do not need permanent subsidies."

POSTERPRESENTATIONS

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Kirchberger, Dipl.-Ing. H.-J. Schacht, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Eichlseder, Graz University of Technology: "Potential of a Range Extender Concept for Inner City Scooters – An Alternative to Pure Electric Mobility?":

Today, in the scooter market class L1e (<50 cm³, speed limited to 45 km/h),



 Prof. Dr. Thomas Weber



17 Dipl.-Betr.-Wirt Rupert Stadler

low-cost two-stroke carburettor engines dominate. With the entry into force of the new EU 3 legislation for type approval by 2014 these low-cost scooters will be crowded out of the market due to the required durability requirements for exhaust gas after-treatment systems. More complex drive units, such as lambda controlled four-stroke engines or two-stroke engines with direct injection will characterize the successor models. Pure electric scooters offer a further option for filling the resulting gap. All of these approaches lead to significant cost increases, which result from additional system components required for internal combustion engine variants and the additional battery costs of electric motor powered scooters. Hence, an alternative has to be found which, on the one hand, will have to comply with the emission standards and keep the price of the product at the lowest possible level. A comparison of the different technologies revealed that the serial hybrid is the most promising option. The system that was evaluated and the concept derived from it consist of a combination of an electric scooter with a battery size reduced by a factor of two (which means half the costs) and a range extender which can stretch

the range, if necessary, to the distances driven with conventional internal combustion engines. This alternative can offer electro-mobility and thus zero local emissions while eliminating "range anxiety" that is currently associated with pure electric drive vehicles. Once the system architecture had been defined as a plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) and after comprehensive preliminary investigations to determine the characteristics of the individual components, a longitudinal backward simulation was carried out. This permitted testing various operating strategies and allowed an evaluation of the fuel reduction potential.

The feasibility of construction was verified in a number of packaging studies. This paper presents a draft design of a range extender vehicle and describes the potential for the reduction of CO₂ emissions. Further significant emission reductions can be expected in accordance with emission calculations as set forth in Directive 2009/108/EC.

Dipl.-Phys. S. Fischer, Dipl.-Ing. H. Smith, Ass. Prof. Dr. T. Lauer, Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, Vienna University of Technology; Dipl.-HTL-Ing. G. Pessl, Dipl.-Ing. (FH) C. Krenn, BMW Motoren GmbH, Steyr: "Impact of the Spray-Wall Interaction-Model on the Prediction of the Ammonia Homogenization in Automotive SCR Systems":

In order to comply with future international emission standards, a further significant reduction of nitrogen oxide emissions will be unavoidable. Selective Catalytic Reduction (SCR) has, in the meantime, become a generally accepted approach for medium-sized and large passenger cars. The optimization of SCR systems with regard to the preparation of an injected Urea-Water Solution (UWS) to produce gaseous ammonia and sufficient homogenization of the reduction agent in the catalyst present major technical and methodological challenges.

In cooperation with BMW Motoren GmbH Steyr, the Department for Powertrains and Automotive Engineering of the Vienna University of Technology implemented a CFD simulation model of the UWS preparation and mixing processes upstream of the SCR catalyst. A series type passenger car SCR system with a swirl mixing element was investigated, in order to analyze the impact of the droplet-wall interaction and liquid-film formation on the ammonia homogenization for a

wide range of exhaust gas conditions. On the basis of numerical sensitivity studies, optimum conditions for the interaction between the UWS spray and the hot surfaces of the exhaust gas system, the mixer element and the catalyst were described. This model was validated by means of engine test bed measurements of ammonia homogenization. With the aid of optimized CFD methods, the observed ammonia homogenization was correctly reproduced and optimization options for the SCR system were illustrated.

Conference documentation

The lectures presented at the 33rd International Vienna Motor Symposium are contained, in extenso, together with additional brochures in the VDI Progress Reports, series 12, no. 749, 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 34th International Vienna Motor Symposium will take place on April 25th and 26th, 2013, in the Congress Center Hofburg Vienna. We should like to extend a cordial invitation already at this point of 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 2012.

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**

