



HOFBURG

**35. INTERNATIONALES
WIENER MOTORENSYMPOSIUM
8. UND 9. MAI 2014**

WIENER
MOTORENSYMPOSIUM

VIENNA
MOTOR SYMPOSIUM

**35TH INTERNATIONAL
VIENNA MOTOR SYMPOSIUM
MAY 8TH AND 9TH, 2014**

Von/By

Hans Peter Lenz

MTZextra

MTZ Motortechnische Zeitschrift 75 (2014), Nr. 9 | Springer Vieweg | Wiesbaden | Germany



35. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPOSIUM

Zum 35. Internationalen Wiener Motorensymposium am 8. und 9. Mai 2014 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.



AUTOREN



**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 Wien begrüßte **Professor Lenz, ❶**, die Teilnehmer des ausgebuchten 35. Internationalen Wiener Motorensymposiums, ❷.

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 Motorentchnik e.V. (WKM) unterzogen. Professor Lenz wies auch auf das Suchsystem des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik hin, das die Möglichkeit bietet, mithilfe von Suchbegriffen die Vortragstitel, Autoren und Firmen der vorangegangenen Motorensymposien und auch sonst gehaltenen Vorträge zu finden. Insgesamt sind über 1400 Vorträge seit 1985 in dieser Datenbank enthalten.

Professor Lenz führte einleitend aus: „Wieder stehen wir vor wesentlich verbesserten Antriebskonzepten. Ich kann nur wie im Vorjahr wiederholen: ‚Es war noch nie so spannend in der Entwicklung der Automobilantriebe wie heute. Noch nie hatten wir durch die Fortschritte der Technik so große Möglichkeiten für Verbesserungen‘. Unser Ziel, nachhaltige Mobilität sicherzustellen, werden wir auch in Zukunft erreichen. Dabei setzen



❶ Univ.-Prof. Dr. techn. Hans Peter Lenz



❷ Eröffnung mit Fanfare



3 Plenar-Eröffnungssektion (v.r.n.l.): S. A. Kiefer, Dr. S. H. Cho, Prof. Dr. H. List, Prof. R. Stadler, Dr. T. Hametner, Prof. H. P. Lenz



4 Festsaal

wir weniger auf revolutionäre Prozesse als auf Evolution, auf langjährige Entwicklungsprozesse“.

Nach Einschätzung von Professor Lenz wurden die zum Teil übergroßen Erwartungshaltungen an alternative Antriebskonzepte mittlerweile überwiegend durch sachliche Berichterstattung ersetzt, wie sie in Wien immer gepflegt werde.

Interessant und erfreulich sei jedenfalls, dass Verbesserungen an Verbrennungsmotoren wieder stärker das Interesse der Medien finden.

Heute treten statt Prototypen von E-Mobilen Serien-E-Mobile gegen den Verbrennungsmotor an. Das mache die Frage, wie viele E-Mobile es wann geben werde, spannend.

Stimme vielleicht doch die Prognose, dass der Verbrennungsmotor als Haupt-

antrieb noch für Jahrzehnte Bestand habe, aber dann mit elektrischer Unterstützung? Die elektrische Unterstützung der Verbrennungsmotoren werde zweifellos zunehmen, das helfe auch, das Leben der Verbrennungsmotoren zu verlängern.

Im Verbrennungsmotor als Hauptantrieb selbst steckt nach Ansicht von Professor Lenz auch heute noch gewaltiges Verbesserungspotenzial:

- : Reibungsverminderung
- : Downsizing oder Zylinderabschaltung (auf dem Wiener Motorensymposium werden nicht weniger als 7 Motoren um 1 l bis 1,5 l Hubraum mit drei Zylindern vorgestellt)
- : 48-V-Bordnetz
- : bedarfsgeregelte Nebenaggregate.

Der Wettkampf Otto- gegen Dieselmotor motiviere beide Seiten. „Aber wir müssen

zu Kenntnis nehmen“, so Lenz, „dass der Verbrennungsmotor nicht mehr der alleinige Hauptpunkt bei der Entwicklung des Antriebstrangs ist. Das Getriebe kommt fast gleichberechtigt dazu. Es geht noch weiter: Der Kunde erwartet bei aller Erfüllung gesetzlicher Vorschriften auch gute Fahrbarkeit. Subjektives Empfinden muss in objektive Steuergrößen umgesetzt werden. Die Vernetzung des Antriebstrangs mit der Umwelt bekommt immer größere Bedeutung“. Die vielfach beschworene Knappheit der Kraftstoffe werde mehr und mehr in Frage gestellt. Schon beim Rohöl haben sich viele Ressourcen in Reserven verwandelt, neue Ressourcen werden erwartet und alternative Kraftstoffe vermehrt Anwendung finden. Darüber hinaus möchte man sich wünschen, so Lenz, „dass Erdgas, das in genügender Menge zur Verfügung steht, mehr Anklang findet, insbesondere da ausgereifte Motoren vorhanden sind“.

Nach der gemeinsamen Plenar-Eröffnungssektion, 3, folgten in zwei Parallelsektionen, 4 und 5, die Fachvorträge unter der Leitung von Dr. W. Böhme, 6 und der Professoren G. Brasseur, 7, H. Eichlseder, 8, W. Eichlseder, 9, B. Geringer, 10, P. Hofmann, 11, G. Hohenberg, 12, G. Jürgens, 13 und H. P. Lenz, 14. Saalmanager in den Sektionen waren Dr. T. Hametner, 15, Dipl.-Ing. J. Spreitzer, 16 und Dr. techn. MBA M. Urbanek, 17. Eine umfassende und eindrucksvolle Ausstellung neuer Motoren, Komponenten und Fahrzeuge ergänzte die Vorträge, 18, 19, 20, 21, 22, 23 und 24.

Die Begleitpersonen erlebten ein kulturell anspruchsvolles Rahmenprogramm



5 Zeremoniensaal

mit einer Fahrt zu den barocken Landsitzen Schloss Rohrau und Schloss Hof, einer Besichtigung der Wiener Palais der Familie Liechtenstein, einem Besuch der einzigartigen Gemäldegalerie und der wieder eröffneten Kunstkammer des Kunsthistorischen Museums. Den Abend verbrachten die Teilnehmer beim Heu-

rigen auf Einladung des Bürgermeisters von Wien.

PLENAR-ERÖFFNUNGSEKTION

Professor Rupert Stadler, ²⁶, Vorsitzender des Vorstands, Audi AG, Ingolstadt: „Strategischer Technologie-Mix: Road-

map für eine markt- und kundenspezifische Mobilität der Zukunft“:

Der Referent lobt das Wiener Motoren-symposium als Hochburg aller europäischen Automobilkongresse. Beginnend mit einen Blick auf die Mobilität der Zukunft, spricht er über den strategischen Technologie-Mix und zeigt eine



6 Dr. W. Böhme



7 Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur



8 Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder



9 Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder



10 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer



11 Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann



12 Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg



13 Univ.-Prof. Dr. G. Jürgens



14 Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz



15 Dr. T. Hametner



16 Dipl.-Ing. J. Spreitzer



17 Dr. techn. MBA M. Urbanek



18 Ausstellung: Stand von Mercedes-Benz



19 Ausstellung vor der Wiener Hofburg



20 Ausstellung: Univ.-Prof. H. P. Lenz im Gespräch

Roadmap für eine markt- und kundenspezifische Mobilität der Zukunft auf. Drei Aspekte sind dabei wichtig:

- : Erstens die Frage nach dem Antrieb der Zukunft: Je mehr Fahrzeuge unterwegs sind, desto wichtiger wird es, diese effizient anzutreiben.
- : Zweitens Car-to-car und Car-to-X-Ver-netzung: Der Pkw ist kein in sich geschlossenes System. Er nutzt immer mehr Daten aus seiner Umgebung. Auch das hilft, den Verbrauch zu senken. Es macht das Fahren sicherer und spart Zeit.
- : Drittens der Kunde von morgen: Technik darf nie Selbstzweck sein. Die Industrie ist gut beraten, wenn der Kunde mit seinen Bedürfnissen im Mittelpunkt steht.

Professor Dr. Helmut List, ²⁶ Vorsitzender der Geschäftsführung, AVL List GmbH, Graz: „Zukünftige Antriebsentwicklung: Bewältigung kurzer Entwicklungszeiten und hoher Komplexitäten“:

Verschärfte gesetzliche Anforderungen (CO₂, WLTP, RDE) und gesteigerte Kundenbedürfnisse („positives Fahrerlebnis“) sowie die Einbeziehung aller relevanten Umgebungsinformationen („Connected Powertrain“) führen zu einer drastisch erhöhten Komplexität und einer zunehmenden Variantenvielfalt zukünftiger Antriebssysteme. Dabei werden die Entwicklungsherausforderungen noch durch verkürzte Modellwechselzyklen und die zusätzliche verstärkte Einbeziehung des realen Kundenfahrbetriebs („Real Word Driving“) verschärft.

Eine effiziente Entwicklung unter erweiteren „Real Word“-Randbedingungen, wie zum Beispiel die Ausdehnung der bisherigen synthetischen Testzyklen auf den Realbetrieb mit zufälligen Fahrzyklen, erfordert einerseits die Objektivierung subjektiver Größen (Fahrerlebnis), aber auch eine reproduzierbare Bestimmung komplexer, von Stochastik beeinflusster Kennwerte (Real Drive Emissionen). Dafür werden zufällige Fahrverläufe in kleine, reproduzier- und bewertbare Fahrelemente zerlegt und die relevanten Trade-Off-Beziehungen (Fahrbarkeit, Geräuschempfinden, Effizienz, Emission) im Einzelelement optimiert. Ein intelligenter „Eventfinder“ erlaubt sich gezielt auf diejenigen Fahrelemente zu konzentrieren, die einen wesentlichen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben. Zusätzlich bildet eine daraus generierte „Real Drive Manöver-Bib-

liothek“ in Verbindung mit einem übergreifenden Gesamtfahrzeugmodell eine entscheidende Grundlage dafür, einzelne Entwicklungsaufgaben in die jeweils optimalsten Entwicklungsumgebungen und damit verstärkt in die virtuelle Welt zu verlagern.

Eine Verkürzung des übergeordneten Gesamtfahrzeug-Entwicklungsprozesses erfordert jedoch nicht nur verstärktes Frontloading bei der Entwicklung der einzelnen Teilsysteme, sondern auch ein verstärktes übergreifendes Arbeiten in gemischt virtuell-realen Entwicklungsumgebungen. Der Schritt vom digitalen Mockup (DMU) zum funktionalen Mockup (FMU) und die konsistente Bewertung aus der Gesamtfahrzeugsicht tragen wesentlich dazu bei, die Komplexität zukünftiger Antriebe innerhalb kurzer Entwicklungszeiten überhaupt beherrschbar zu machen. Mit der integrierten offenen Entwicklungsplattform IOPD und der erweiterten Bewertungsplattform AVL-Drive V4.0 hat das Unternehmen hier wesentliche Werkzeug- und Methodikbausteine geschaffen.

Dr. Sung Hwan Cho, , President, Hyundai America Technical Center, Superior Township, MI, USA: „Eine nachhaltige Strategie für den Antriebsstrang durch ein kollaboratives Vorgehen“:

Als Folge der immer strengeren Emissionsgesetzgebungen haben Strategien zum Treibstoffsparen weltweit höchste Priorität in der Fahrzeugindustrie. Der Hyundai Motor Konzern (HMG) arbeitet laufend an Verbesserungen des Wirkungsgrads von Verbrennungsmotoren und an der Entwicklung umweltfreundlicher Antriebsstränge. Dazu analysieren und beurteilen die Ingenieure eine breite Palette von möglichen Antriebssträngen und deren verschiedenen Konstruktionsvarianten.

Die Verbesserung des Wirkungsgrads von Verbrennungsmotoren hat eine Reihe von Megatrends ausgelöst, wie das Downsizing und die technologische Konvergenz von Benzin- und Dieselmotoren. Inzwischen werden umweltfreundliche Antriebssysteme für Elektro-, Hybrid- und für mit Brennstoffzellen ausgestattete Fahrzeuge produziert. Trotz Massenproduktion haben sich bisher die umweltfreundlichen Antriebsstränge bei der großen Mehrheit der Kunden noch nicht durchgesetzt. Niemand wird jedoch bezweifeln, dass umweltfreundliche Antriebsstränge in Zukunft die



 Ausstellung: Stand von Scania



 Ausstellung: Stand von Volkswagen



 Ausstellung: Stand von AVL



24 Ausstellung: Stand von Audi

gängigste Lösung darstellen werden. Die Frage ist nur, zu welchem Zeitpunkt dies sein wird.

Die heutige Generation von Antriebssystemen spielt eine wichtige Rolle, denn die einzelnen Varianten ergänzen sich gegenseitig auf dem Markt. So ist die Kombination verschiedener Antriebstechnologien inzwischen stärker in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt als je zuvor. Unterschiedliche Markterfordernisse sowie ein immer härter werdender Konkurrenzkampf zwischen den verschiedenen Technologien machen eine Zusammenarbeit zwischen den Herstellern der verschiedenen Antriebsplattformen erforderlich, um so Wirkungsgradsteigerungen mit erschwinglichem Aufwand erzielen zu können.

HMG arbeitet kontinuierlich an kostengünstigen Familien von Antriebssträngen und stellt sich so auf die sich stetig ändernden Marktanforderungen ein. Durch die Integration der unterschiedlichen Antriebssysteme wird eine Strategie des nachhaltigen Wachstums verfolgt.

Steven A. Kiefer, 28, Vice President, General Motors Global Powertrain, Pontiac, MI, USA: „General Motors-Lösungen für Antriebsstränge eines komplexen globalen Markts“:

Seit mehr als einem Jahrhundert verfügt die Automobilindustrie über eine relativ stabile „genetische Verfassung“ der Antriebstechnologie. Typischerweise waren Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren ausgestattet, die auf die Übertragung des Drehmoments auf die Räder ausgelegt waren. Auf diesem Ansatz be-

ruht nach wie vor die vorherrschende Antriebstechnik, doch eine Standardisierung schien nicht immer gesichert zu sein. Vielfältige Antriebslösungen konkurrierten in den ersten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts um diese Vorherrschaft. Viele Varianten, die aus dieser Zeit stammen, werden derzeit neu erprobt, um zu prüfen, welche Lösungen sich in den kommenden 100 Jahren in dieser Branche durchsetzen werden.

Der Vortragende beschäftigt sich mit komplexen Fragen zur Bearbeitung der heutigen globalen Märkte sowie mit geeigneten neuen Antriebsstrategien. Vor allem die Kunden werden darüber entscheiden, in welche Richtung die

Entwicklung von Fahrzeugen und Antriebssystemen gehen wird. Weiter werden Überlegungen vorgestellt zur Auswahl der Komponenten von Antriebssystemen, zur künftigen technologischen Entwicklung, zu den Marktkräften, zu den sich abzeichnenden gesellschaftlichen Anforderungen, zum demografischen Wandel sowie zur Nachhaltigkeit und Leistbarkeit.

Die zuletzt auf den Markt gebrachten Antriebssysteme von GM verdeutlichen die Strategie des Unternehmens und zeigen, in welche Richtung sich die neuen Technologien im kommenden Jahrzehnt entwickeln könnten. Es wird notwendig sein, hochvolumige CO₂-Reduktionstechnologien einzusetzen und dabei gleichzeitig die unterschiedlichsten Kundenanforderungen weltweit zu erfüllen. Global tätige Automobilhersteller benötigen als Komplettanbieter einen auf einem überzeugenden Sortiment von Antriebssträngen beruhenden Ansatz, der die Technologien und Möglichkeiten weltweit nutzt. Die Antriebssysteme müssen auch als optimierte Lösungen konzipiert werden, um die Effizienz der Systeme sicherzustellen und die Komplexität zu reduzieren.

Der Vortragende schließt mit der Folgerung, dass eine Reihe unterschiedlicher technischer Lösungen notwendig wären, es aber für die Fahrzeughersteller schwierig sei, sie im Alleingang zu finden. Die erfolgreichsten Automobilhersteller werden daher die Komplexität



25 Prof. R. Stadler, Audi AG



26 Prof. Dr. H. List,
AVL List GmbH

reduzieren und auf Kooperation aufbauende Geschäftsmodelle einsetzen, mit deren Hilfe die knappen technischen und finanziellen Ressourcen optimal eingesetzt werden können.

ZUKUNFTSPOTENZIALE OTTO/DIESEL

Dipl.-Ing. E. Rau (Vortragender), 29, **Professor Dr. H. Kohler, Dr. G. Karl, Dr. K. Fieweger, Dr. J. Betsch, Dr. B. Krutzsch**, Daimler AG, Stuttgart: „Zukunftspotenziale durch Variabilitäten am Ottomotor“:

Weltweit betrachtet ist der Ottomotor die dominante Antriebsquelle für Pkw. Sein Entwicklungspotenzial ist noch

lange nicht erschöpft. Zentrale Entwicklungsrichtungen sind neben guten Drehmoment- und Leistungswerten die Reduzierung des Verbrauchs und die sichere Erfüllung aller Emissionsvorschriften, ohne Einbußen an Komfort und Lebensdauer. Die weitere Absenkung des Kraftstoffverbrauchs steht im Zentrum vieler Entwicklungsaktivitäten. Innerhalb der verschiedenen Technologieoptionen für den Ottomotor gibt es keinen Weg, der allen Anforderungen genügt. Viele Technologien haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile und je nach Anwendungsfall ihre Berechtigung. Für einen weiteren Fortschritt bei den verschiedenen Brennverfahren sind deshalb Variabilitäten im Ventiltrieb, Verbesserungen bei Einspritzung und Zündung, beim Aufladesystem und Luftmanagement, bei der Brennraumform und der notwendigen Ladungsbewegung sowie bei der Sensorik erforderlich. Eine deutliche Steigerung von Performance und Kraftstoffverbrauch wird mit der Variation der wirksamen Verdichtung möglich. Generell kommt es darauf an, eine modulare Ausrüstung der Bausteine sicherzustellen, um möglichst auch kostengünstige Lösungen für ottomotorische Antriebe darzustellen. Darüber hinaus spielen für die Steigerung des Gesamtwirkungsgrads des Motors die Absenkung der Reibung und ein gutes Energiemanagement eine wichtige Rolle. Im Vortrag werden die Potenziale durch Technologieoptionen am Ottomotoren vorgestellt und diskutiert.

Dr.-Ing. H. Baumgarten (Vortragender), 30, **Dr.-Ing. W. Bick, Dr.-Ing. J. Dohmen, Dipl.-Ing. T. Uhlmann, Dipl.-Ing. M. Thewes, Dr.-Ing. M. Schwaderlapp**, FEV GmbH, Aachen; **Dr.-Ing. D. Tomazic**, FEV Inc., Auburn

Hills, MI, USA: „Design im Grenzbereich: CO₂-Potenziale konventioneller Technologien beim Otto- und Dieselmotor“:

Ziel bei der Antriebstrangentwicklung ist es, durch möglichst kostengünstige Ansätze die künftigen Zielwerte hinsichtlich Leistung, Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen zu erreichen. Die steigende Zahl der Stellgrößen erfordert hierbei eine simulative Abbildung des Gesamtsystems, um sowohl das globale Optimum als auch die Potenziale der einzelnen Subsysteme bewerten zu können.

Durch die richtige Auslegung eines Grundmotors kann eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs vergleichsweise kostengünstig erreicht werden. Eine zukunftsorientierte Vorgehensweise bei der Konstruktion ermöglicht es, Motorgewicht und Thermomanagement zu optimieren und die Motorreibung abzusenken. Darüber hinaus muss das thermodynamische Potenzial in den Bereichen Ventiltrieb, Aufladung und Verbrennung so genutzt werden, dass neben niedrigen Flottenemissionswerten der Neufahrzeuge auch ein hoher Kundennutzen entsteht, mit einem attraktiven Kaufpreis und geringem Kraftstoffverbrauch.

Der Vortrag zeigt am Beispiel CAE, wie durch enge Verzahnung von Berechnung und Versuch die Bauteile der Motoren noch grenznäher ausgelegt und so



27 Dr. S. H. Cho, Hyundai America Technical Center



28 S. A. Kiefer, General Motors



29 Dipl.-Ing. E. Rau, Daimler AG

die bekannten Grenzen hinsichtlich Reibungsabsenkung erweitert werden können. Um das thermodynamische Potenzial bestmöglich umzusetzen, sind weitere Prozesse notwendig. Diese helfen, die Optima hinsichtlich Brennverfahren, Aufladung sowie der Motorbetriebsstrategie zur weiteren Verbrauchs- und Emissionsabsenkung zukünftiger Fahrzeuge mit Otto- und Dieselmotoren zu erreichen.

Dipl.-Ing. R. Dreisbach, Dr. G. Fraidl (Vortragender), , **Dr. P. Kapus, Dr. H. Sorger, Dipl.-Ing. M. Weißbäck**, AVL List GmbH, Graz: „Diesel versus Otto 2020: Synergie oder Wettbewerb?“:

Der Wettbewerb zwischen Diesel- und Ottomotor hat nicht nur eine beeindruckende Weiterentwicklung der jeweiligen Einzeltechnologie gebracht, sondern auch eine Reihe von Synergiepotenzialen erschlossen. Aufladung, Direkteinspritzung, externe gekühlte Abgasrückführung, magere Abgasnachbehandlung und Partikelfilter hatten ihren Ursprung eher beim Dieselmotor, sind aber zu wesentlichen Bausteinen moderner Ottomotoren geworden. In der anderen Richtung sind es vor allem die Themenkomplexe „variable Ventiltriebe“ und „Katalysator-Heizstrategien“, die den Weg vom Otto- zum Dieselmotor nehmen. Eine verstärkte Differenzierung zwischen Verbrauchs- und extremen Hochleistungskonzepten ist bei beiden Brennverfahren festzustellen. Die Verbindung dieser Eigenschaften erfordert in beiden Fällen die Kombina-

tion von variabler Verdichtung mit variablem Ventiltrieb.

Das optimierte Zusammenwirken von Miller-/Atkinson-Cycle, hoher Verdichtung und externer gekühlter Abgasrückführung ermöglicht es dem Ottomotor, hinsichtlich des Bestverbrauchs zum Dieselmotor aufzuschließen. Rund 200 g/ kWh sind sowohl mit dem Dieselmotor aber auch dem stöchiometrischen Ottomotor darstellbar. Im Niedriglastbereich kann der Ottomotor seinen Effizienznachteil zwar verringern, liegt aber nach wie vor unter dem Dieselmotor. Geänderte Relationen ergeben sich bei der maximalen spezifischen Leistung: > 100 kW/l beim Dieselmotor, > 150 kW/l beim Ottomotor. Da sich viele Auslegungskriterien von Diesel- und Ottomotoren annähern (zum Beispiel Spitzendruck), werden sich verstärkt Modulkonzepte mit Verblockung Diesel/ Otto im Markt etablieren.

In Hinblick auf die stark diversifizierten Anforderungen der einzelnen Märkte und Fahrzeugkategorien fokussieren sich Zukunftsszenarien nicht nur auf teure Spitzentechnologien. Das schon heute breite Technologieportfolio wird sich noch erweitern.

MOTOR-MECHANIK

Dipl.-Ing. T. Körfer (Vortragender), , **Dr.-Ing. W. Bick, Dr.-Ing. T. Schnorbus, Dr.-Ing. B. Holderbaum, Dr.-Ing. M. Pieper**, FEV GmbH, Aachen; **M.Sc. M. Miccio**, FEV Italia, Rivoli; **M.Sc. B. Graziano, Dipl.-Wirt.-Ing. B. Heuser**, RWTH Aachen University: „Konstruktive Umsetzung und thermodynamisches Potenzial eines variablen Verdichtungsverhältnisses für moderne Dieselmotoren“:

Die strengen globalen Vorgaben zur Reduzierung der verkehrsbezogenen CO₂-Emissionen bei gleichzeitiger Verbesserung der lokalen Luftqualität bedingen den Einsatz neuer Technologieansätze. Neben der zunehmenden Einführung von elektrischen Traktionshilfen ist eine kontinuierliche und konsequente Weiterentwicklung konventioneller Motoren aus ökonomischen Aspekten zielführend. Trotz der gegebenen vorteilhaften CO₂-Bilanz moderner Dieselmotoren im Wettbewerbsumfeld bleibt auch hier noch weiterer Entwicklungsbedarf, um die herstellerbezogene CO₂-Flottenbilanz bei verschärften Anforderungen

hinsichtlich der zukünftigen Emissions- erfüllung unter geänderten Rahmenbedingungen zu verbessern. Aus thermodynamischer Sicht verlangt eine Steigerung des Verbrennungswirkungsgrads ein hohes Verdichtungsverhältnis. Aus Gründen der thermomechanischen Bauteilbelastung, aber auch aus Emissionsgründen, ist seit geraumer Zeit eine tendenzielle Reduzierung des geometrischen Verdichtungsverhältnisses zu verzeichnen. In der ganzheitlichen Betrachtung zukünftiger Anforderungen – minimierte NO_x-Rohemissionen bei verbessertem Gesamtwirkungsgrad – verspricht ein variables, lastpunktabhängiges Verdichtungsverhältnis weiteres Optimierungspotenzial. Hinsichtlich der Komplexität und der Kosten ist ein mechanisch-aktiviertes Zwei-Punktsystem mit der Variabilität im Pleuel ein bevorzugter Ansatz. Die untersuchten Technologien bieten bei konstant niedrigen NO_x-Emissionen Wirkungsgradvorteile im Niedriglastsegment. Sie bieten aber auch NO_x-Emissionsvorteile im Hochlastbereich bei vorteilhaftem Kraftstoffverbrauch, der nur moderat von der gesteigerten Komplexität im Kurbeltrieb beeinflusst wird. In der Gesamtsystembetrachtung ergibt sich, bei vergleichbarem Komfortverhalten für das zugrunde gelegte Referenzfahrzeug, ein Kraftstoffverbrauchsvorteil unter Euro 6.2-Randbedingungen von ~5 %, bei konsolidierten Kostensteigerungen von unter 5 %.



30 Dr.-Ing. H. Baumgarten, FEV GmbH



31 Dr. G. Fraidl, AVL List GmbH



32 Dipl.-Ing. T. Körfer, FEV GmbH

M.Sc. S. Neuberger, Dr.-Ing. E. Bock (Vortragender), 33, Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim; **Professor Dr.-Ing. habil. W. Haas**, Universität Stuttgart; **Dr. rer. nat. K. J. Lang**, EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG, Wolfratshausen: „CO₂-Einsparpotenziale durch Einsatz von gasgeschmierten Gleitringdichtungen“:

In der Entwicklung moderner Automobile liegt ein Schwerpunkt auf der Senkung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen. Der Ausstoß einiger Gramm CO₂/km geht zulasten der dynamischen Dichtungen im Antriebsstrang. Ein Beispiel sind die Simmerringe im Verbrennungsmotor. Durch den innovativen Ansatz von gasgeschmierten Gleitringdichtungen im Motor lässt sich ein großer Teil dieser Emissionen vermeiden. Bei dieser Dichtungsart schwimmen die relativ zueinander bewegten Dichtungsteile durch das Einschleppen von Luft in den Dichtspalt und gleiten auf einem Luftfilm. Dies reduziert die Reibung drastisch.

Der Vortragende zeigt die Einsparpotenziale auf, erläutert das Konzept der gasgeschmierten Gleitringdichtung und informiert über den Stand der Entwicklung hinsichtlich der Simulation des Funktionsverhaltens. Abschließend diskutiert er die Ergebnisse kritisch und gibt einen Ausblick zum Einsatz der Technologie im Antriebsstrang.

Dr.-Ing. J. Roß, Dipl.-Ing. (FH) T. Semper, Dipl.-Ing. S. Doller, Dipl.-Ing.

S. Franke, Dr.-Ing. H. Neukirchner (Vortragender), 34, IAV GmbH, Berlin: „Der IAV I2+2-Zuschaltmotor – Versuchsergebnisse und Potenziale für den Fahrzeugbetrieb“:

An Ottomotoren findet die Zylinderabschaltung mittels Ventilstilllegung und abgeschalteter Einspritzung verstärkt Serienanwendung, um den Kraftstoffverbrauch bei niedrigem Drehmomentbedarf zu senken. IAV stellte 2012 in Wien theoretische und versuchsunterstützte Voruntersuchungen vor, aus denen Maß-

nahmen abgeleitet wurden, die zur weiteren Verbrauchsreduzierung von Motoren mit Zylinderabschaltung beitragen. Die deutliche Absenkung der Reibungsverluste bei Stilllegung von Triebwerksgruppen des Grundmotors verspricht in Kombination mit der bei Zylinderabschaltung typischen Betriebspunktverschiebung nochmals deutliche Potenziale zur Kraftstoffverbrauchsreduzierung.

Zur Verifikation dieser Simulationsergebnisse aus den Voruntersuchungen wurde nun ein neuer Versuchsträger konstruiert und am Motorenprüfstand erprobt. Dieser aufgeladene 1,6-l-Vierzylinder-Ottomotor, der „IAV-I2+2-Zuschaltmotor“, ermöglicht die Zuschaltung eines der beiden Zweizylinder-Teiltriebwerke bei Nutzung einer schaltbaren Ventilsteuerung und einer neuartigen Kupplung.

Der Vortragende vergleicht die Ergebnisse der Prüfstandsuntersuchungen mit denen der Simulation. Es werden Reibungsverluste relevanter Baugruppen analysiert, ebenso die Entwicklung und Optimierung der Kupplungsfunktion zur Zuschaltung des stillgelegten Teiltriebwerks. Der Referent präsentiert die thermodynamischen Untersuchungen zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs im stationären Betrieb und im Fahrzyklus. Er gibt abschließend einen Ausblick auf die Möglichkeiten der Anwendung des Zuschaltmotors im hybridisierten Antriebsstrang.



33 Dr.-Ing. E. Bock, Freudenberg Sealing Technologies



34 Dr.-Ing. H. Neukirchner, IAV GmbH

OTTOMOTOREN 1

Y. Sasaki (Vortragender), , **S. Adachi, K. Nakata, K. Tanei, S. Shibuya**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: „Der neue Toyota 1,0-l-Dreizylinder ESTEC Ottomotor“:

In den letzten Jahren ist die Verringerung des Kraftstoffverbrauchs von Fahrzeugen sehr wichtig geworden, um das anspruchsvolle CO₂-Emissionsziel von 95 g/km bis 2020 zu erreichen. Eine wesentliche Möglichkeit besteht in der Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades des Motors. Dazu sind bereits viele Studien in der Automobilindustrie weltweit durchgeführt worden. Um eine hohe Motorleistung mit geringerem Kraftstoffverbrauch zu erreichen, müssen Motor-technologien entwickelt werden, die die Klopfestigkeit erhöhen, damit höhere Verdichtungsraten erreicht werden. Es ist bekannt, dass sich Abgasverluste infolge des verzögerten Zündzeitpunkts erhöhen, um damit das Klopfen bei hohem Verdichtungsverhältnis zu vermeiden. Daher sind einige Gegenmaßnahmen erforderlich, wie die Senkung der Verbrennungstemperatur durch die Anwendung gekühlter AGR, um von dem hohen Verdichtungsverhältnis zu profitieren. Es ist auch erwiesen, dass die hohe Taumelströmung zu schneller Verbrennung führt und den Kraftstoffverbrauch reduziert. Darüber hinaus wird das Auftreten von Klopfen verhindert und damit die Motorleistung verbessert.

Der Referent beschreibt die Strategie von Toyota zur Verbesserung der ther-

mischen Effizienz. Auf der Basis dieser Strategie wird auch der neuentwickelte 1,0-l-L3 1KR ESTEC- (Economy with Superior Thermal Efficient Combustion) Benzin-Motor präsentiert. Dieser Motor erreicht die höchste Ebene des maximalen thermischen Wirkungsgrads über 37 %, indem er einige Schlüsseltechnologien implementiert, wie hohe Taumelströmung, hohes AGR-Verhältnis und geringe mechanische Reibung. Der Kraftstoffverbrauch des Motors wird so bei gleichbleibender Leistung um 7 % im Vergleich zum Vorgängermodell verbessert. CO₂-Emissionen können also unter 90 g/km reduziert werden, ohne ein direktes Kraftstoffeinspritzungssystem in einem A-Segment-Fahrzeug zu verwenden.

Dr. M. Alt (Vortragender), , **T. Sutter, Dr. T. Johnen, K. Fulton, R. Daily, R. Cococetta, N. Peralta, M. Damen, G. O'Daniel, A. Noe, U. Krischker**, General Motors, Rüsselsheim und Pontiac, MI, USA: „Kraftvoll, effizient und kultiviert: die neue kleine Ottomotorenfamilie von General Motors“:

General Motors hat eine neukonstruierte kleine Ottomotorenbaureihe entwickelt, die drei bestehende Motorenfamilien ablöst. Die Drei- und Vierzylindermotoren mit 1,0 bis 1,5 l Hubraum sind nicht nur umweltfreundlich, die Vollaluminium-Aggregate setzen auch neue Maßstäbe beim Antriebskomfort. Die wesentlichen Ziele bestanden in der Entwicklung eines niedrigen Geräusch- und Vibrationsverhaltens, einer hervorragenden Laufkultur für die Turbo- sowie

auch für die Saugvarianten. Die Ziele wurden durch Maßnahmen wie zum Beispiel der Ausgleichswelle beim Dreizylinder-Turbo, der Entkopplung der Hochdruckeinspritzventile bei Varianten mit Direkteinspritzung oder der reibungsarmen Zahnkette bei allen Motoren übertraffen. Die Motorenfamilie deckt ein Leistungsband von 75 bis 165 PS ab und sorgt mit einem kraftvollen Drehmoment bis zu 250 Nm für viel Fahrspaß. Während die kleine Ottomotorenbaureihe sich mit ihrer Kraft und ihrem Komfort anfühlt wie ein großer Motor, besticht sie doch im Kraftstoffverbrauch mit der Effizienz kleiner Motoren. Für die Entwicklung der Motorenfamilie wurden die Kompetenzen der globalen Opel- und GM-Entwicklungszentren genutzt, um einen Einsatz unter globalen Anforderungen erfolgreich durchzuführen. Aufgrund der kompakten Bauform können die Motoren der Baureihe im A-, B-, C- und D-Fahrzeugsegment erfolgreich eingesetzt werden. Gebaut werden die neuen Motoren im innovativen „Flex Plant“-Werk in Ungarn sowie in weiteren Werken in der Welt.

E. Aiyoshizawa, MEng. (Vortragender), , **K. Hori**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: „Der neue hoch-effiziente Nissan Vierzylinder-Turbomotor 1,6-l-GDI mit Niederdruck-AGR – Entwicklung für weniger Verbrauch kombiniert mit hoher Ausgangsleistung“:

Der Vortragende beschreibt die neue 1,6-l-Benzin-Direkteinspritzung (GDI) und den Turbo-Motor (MR16DDT), der weniger Kraftstoff verbraucht und eine



 Y. Sasaki, Toyota Motor Corporation



 Dr. M. Alt, General Motors



 E. Aiyoshizawa, MEng., Nissan Motor Co., Ltd.

gute Balance bei hoher Dynamik erreicht. So können die Wettbewerbsfähigkeit der zukünftigen B/C/D-Segment-Modelle und die Einhaltung der Euro 6-Abgasvorschriften gewährleistet werden. Der niedrige Kraftstoffverbrauch wurde vor allem durch die Einführung von Technologien erreicht, die den thermischen Wirkungsgrad mit einem hohen Verdichtungsverhältnis maximieren, die Klopfleistung verbessern und die mechanischen Reibungsverluste minimieren.

Details der zweiten Generation des MRI6DDT präsentiert der Vortragende anschließend mit Fokus auf die angewandten Technologien.

KRAFTSTOFFE

Professor Dr.-Ing. J. Hadler (Vortragender),  **Dipl.-Ing. C. Lensch-Franzen**, **Professor Dr.-Ing. K. Kirsten**, **Dipl.-Ing. L. Faubel**, APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH, Landau; **Dr.-Ing. B. Kehrwald**, IAVF Antriebstechnik GmbH, Karlsruhe; **Professor Dr.-Ing. U. Spicher**, MOT Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft für Motorentechnik, Optik und Thermodynamik mbH, Karlsruhe: „Die objektive Notwendigkeit eines Zero Impact Emission Powertrains“:

Das übergeordnete Ziel für individuelle Mobilität verlangt, weder lokal noch global Schadstoffe oder klimaverändernde Stoffe im direkten Lebensumfeld anzureichern oder abzulagern. Gleichzeitig sind die Vorkommen fossiler Energieträger endlich.

Für eine nachhaltige Mobilität müssen regenerativ gewonnene Primärenergie-



 Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, APL GmbH

träger auf solarer Energiebasis in geschlossenen Stoffkreisläufen genutzt werden. Dabei ist es wahrscheinlich, dass nachhaltige Mobilität neben der E-Mobilität aufgrund der benötigten hohen Energiedichte nicht ohne chemisch gebundene Energie umsetzbar sein wird. Somit ist insbesondere die Realisierung einer Zero-Emission-Engine von großer gesellschaftlicher Relevanz. Dazu sind drei wesentliche Handlungsfelder zu bearbeiten:

- : Zero – Emission – Thermodynamik
- : Zero – Emission – Lubrication
- : Leistungsfähige Abgasnachbehandlung.

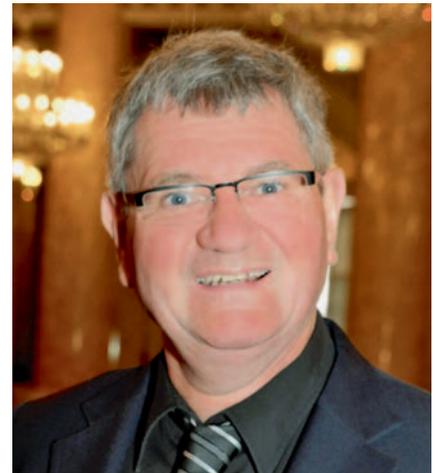
Innerhalb der APL Group werden im Bereich Thermodynamik sowohl von der Verfahrens- als auch von der Brennstoffseite Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten durchgeführt, um eine genauere Prozessführung zu erreichen.

Neben Untersuchungen zu alternativen Schmierstoffen werden Öl- und damit verbundene Schadstoffemissionen sowie die Robustheit und Effizienz von Abgasnachbehandlungskomponenten mit XiL-Prozessen entwicklungsbegleitend optimiert.

Ein Zero-Impact-Emission-Powertrain ist machbar. Eine Zero-Impact-Mobilität kann parallel zur Elektromobilität erreicht werden, wenn als Zielgröße eine CO₂-Kreislaufwirtschaft aufgebaut wird und gleichzeitig die Tailpipe-Emissionen auf Umgebungsluftniveau abgesenkt werden.

Professor Dr. R. Schlögl (Vortragender),  **Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion (CEC)**, Mülheim an der Ruhr: „Synthetische Kraftstoffe: Ein Schlagwort oder ein relevanter Beitrag zur Energiewende?“:

Die Energieversorgung ist derzeit ein weltweites Thema. Die traditionellen Strukturen verändern sich rasant: Es gibt tiefe Umbrüche in der Rohstoffversorgung, die Folgen des Klimawandels fordern zum Handeln auf, politische und wirtschaftliche Erwägungen sollen zur energetischen Selbstversorgung führen. Eine Ursache der starken öffentlichen und politischen Wahrnehmung dieser Prozesse ist die überragende Bedeutung der Energieversorgung für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Stabilität eines Landes. Dieses weltweite „Megathema“ wird in verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich angegangen. Wachstum und Versorgungssicherheit sind in China, Indien und den USA die zentralen



 Prof. Dr. R. Schlögl, Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion (CEC)

Triebkräfte der Entwicklung. In Europa und besonders in Deutschland ist es die Nachhaltigkeit des Energiesystems.

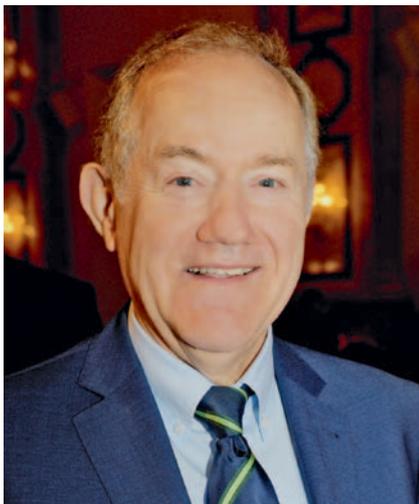
Der Referent betrachtet das Thema im Kontext des systemischen Charakters der Energieversorgung, da Mobilität und Transport entweder Voraussetzungen für das Funktionieren anderer Teile des Energiesystems sind und/oder mit anderen Teilen des Energiesystems um gemeinsam benötigte Ressourcen konkurrieren. Der Mobilitätssektor steht in der Energiedebatte oft im Fokus des öffentlichen Interesses. Hier wird oft die enge Vernetzung des Systems übersehen.

Dipl.-Ing. W. Maus (Vortragender),  **Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH**, Lohmar; **Dr. rer. nat. E. Jacob** (Vortragender),  **Emissionskonzepte Motoren UG**, Krailling; **Dipl.-Ing. M. Härtl**, **Dipl.-Ing. P. Seidenspinner**, **Professor Dr.-Ing. G. Wachtmeister**, Technische Universität München: „Synthetische Kraftstoffe – OME1: Ein potenziell nachhaltig hergestellter Dieselkraftstoff“:

Zukünftige Antriebstechnologien werden nach fünf Kriterien bewertet:

- : I CO₂-Neutralität
- : II nachhaltige Verfügbarkeit
- : III Abgasemissionen
- : IV Wirtschaftlichkeit
- : V Funktionalität.

Die gesetzlich vorgeschriebenen Kriterien I bis III stehen dabei im Vordergrund und begründen die Nachhaltigkeit. Das Potenzial verschiedener Antriebstechnologien zur Reinhaltung der Umwelt wird beurteilt.



40 Dipl.-Ing. W. Maus, Emitec GmbH

Aus CO₂ als Kohlenstoffquelle und nachhaltig hergestelltem H₂ sind Methanol und DME direkt synthetisierbar. Beides sind wertvolle Energieträger, aber als Kraftstoffe wegen der Toxizität beziehungsweise des hohen Dampfdrucks bei Umgebungstemperaturen begrenzt einsetzbar. Konversionen in ungiftige beziehungsweise flüssige Kraftstoffe heben diese Einschränkungen auf. Solche Kraftstoffe sind CO₂-neutral und nachhaltig verfügbar. Insbesondere die C1-Kraftstoffe auf Etherbasis, die keine C-C-Bindungen enthalten, ermöglichen niedrigste Abgasemissionen bei reduziertem Aufwand für die Abgasnachbehandlung. Ihr Einsatz bietet die Möglichkeit, die Erfolgsstory des Verbrennungsmotors

auch für die nächsten Jahrhunderte abzusichern. Im Folgenden wird der Begriff Nachhaltigkeit unter diesen Voraussetzungen verwendet.

Um das Potenzial eines ungiftigen und flüssigen C1-Dieselmotors zu demonstrieren, wurde Oxymethylenether (OME1) ausgewählt. OME1, der bereits großtechnisch aus Methanol produziert wird, besitzt lediglich eine Cetanzahl von 38. Durch Zusätze wird OME1 in den Dieselmotors OME1a (CZ 48) umgewandelt.

Die Referenten berichten über erste Ergebnisse mit OME1a an einem nicht modifizierten Einzylinder-Dieselmotor des LVK der TU München. Stationärversuche zeigen unter substöchiometrischen Bedingungen Partikelanzahlemissionen im Bereich der Umgebungsluft, bei einem sehr niedrigen NO_x-Niveau ohne Abgasnachbehandlung. Ein PN/NO_x-Trade-off ist nicht messbar. Die innermotorische Absenkung der NO_x-Emission könnte ohne Wirkungsgradverlust durch Anpassung des Brennverfahrens an den Kraftstoff OME1 bis in den 400 mg/kWh-Bereich gelingen. Um die NO_x-Endrohr-emission unter 0,1 mg/kWh abzusinken, muss ein Low-NO_x-SCR-Katalysatorsystem mit entsprechend hoher Aktivität entwickelt werden. Wenn das gelingt, können OME-Motoren das S-ZEV-Niveau (Sub Zero Emission, unterhalb großstädtischer Immission) auch bei NO_x erreichen.

DIESELMOTOREN 1/OTTOMOTOREN 2

Dr.-Ing. N. Ardey (Vortragender),
 42 **Dipl.-Ing. R. Wichtl, Dipl.-Ing. T. Steinmayr, Dr.-Ing. M. Kaufmann, Dipl.-Ing. D. Hiemesch, Dipl.-Ing. W. Stütz**, BMW Motoren GmbH, Steyr:
 „Die neuen BMW Drei- und Vierzylinder-Dieselmotoren mit TwinPower Turbo-Technologie“:

Dieselmotoren sind ein wichtiger Eckpfeiler in der BMW-Strategie EfficientDynamics. Dank guter Kundenakzeptanz tragen sie wesentlich zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei. Entwicklungsziele einer neuen Generation von Dieselmotoren waren die weitere Kraftstoffreduzierung sowie die Verbesserung des Leistungsverhaltens; zudem sollten die Voraussetzungen zur Erfüllung der nächsten verschärften Abgasgesetzstufen geschaffen werden. Mit der Umsetzung eines neuen Motorbaukas-

tens wird auch die Flexibilisierung der Verbundfertigung von Diesel- und Ottomotoren angestrebt.

Der neue Motorbaukasten ist mit vereinheitlichten Schnittstellen und niedriger Variantenzahl auf eine große Breite von unterschiedlichen Fahrzeugderivaten vorbereitet. Durch einheitliche Fertigungsprozesse für die neue Motorenfamilie kann die Motorenproduktion flexibel auf die zukünftige Marktnachfrage nach einzelnen Varianten reagieren. Die Reduktion von Komplexität schafft Synergien in der gesamten Prozesskette, von der Entwicklung über den Einkauf bis hin zur Fertigung.

Um das Fahrzeugspektrum optimal mit Dieselmotoren auszurüsten, wurde aus den Grundabmessungen des 2,0-l-Vierzylindermotors auch eine völlig neue Dreizylinder-Variante abgeleitet. Die Produktion aus dem neuen Motorbaukasten startet mit dem 1,5-l-Dreizylindermotor mit einer Leistung von 85 kW und einem Drehmoment von 270 Nm sowie dem 2,0-l-Vierzylindermotor mit 140 kW und 400 Nm. Die hier vorgestellte Dieselmotoren-Generation steht für ein neues Optimum an Leistungsentfaltung, Komfort und Effizienz.

Dr.-Ing. S. Knirsch, Dipl.-Ing. U. Weiß (Vortragender), 43 **Dipl.-Ing. (BA) A. Fröhlich, Dipl.-Ing. G. Pamio, Dipl.-Ing. J. Helbig, Dipl.-Ing. (FH) H. Ritter**, Audi AG, Neckarsulm: „Die neue V6-TDI-Motoren-Generation von Audi: 25 Jahre Technik – Dynamik – Innovation“:

Audi setzt mit der nächsten Generation des 3,0-l-V6-TDI-Motors erneut



41 Dr. E. Jacob, Emissionskonzepte Motoren UG



42 Dr.-Ing. N. Ardey, BMW Motoren GmbH



43 Dipl.-Ing. U. Weiß, Audi AG

einen Meilenstein in der TDI-Technologie. Die neu entwickelte Motorenfamilie kombiniert niedrigen Kraftstoffverbrauch und geringe Emissionen mit exzellenter Leistungsentfaltung und konsequentem Leichtbau. Zur Effizienzsteigerung wurden Optimierungen im Bereich des intelligenten Thermomanagements, der inneren Reibung und des Brennverfahrens umgesetzt. Der Umstieg auf eine hochwirksame motor-nahe Abgasnachbehandlung bedingte weitere umfangreiche Änderungen am Grundmotor. Mit dem neuen Aggregat ergeben sich somit exzellente Fahrleistungen und hoher Komfort bei sehr niedrigem Kraftstoffverbrauch.

Dipl.-Ing. A. Bögl, Dipl.-Ing. B. Hemminger (Vortragender), ⁴⁴, **Dipl.-Ing. A. N. Janssen, Dipl.-Ing. M. Kerkau, Dipl.-Ing. J. Kerner, Dr.-Ing. A. Kronich, Dipl.-Ing. M. Schlüter**, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach: „Die neuen V6-Turbomotoren im Porsche Macan“:

Aufgrund der langen Historie der Modelle 356, 911, Boxster und Cayman sowie unzähligen Erfolgen im Motorsport wird Porsche in erster Linie mit dem Boxermotorenkonzept in Verbindung gebracht. Parallel haben aber auch V-Motoren, sowohl in Serienprojekten als auch im Motorsport, seit den 1970er-Jahren ihren Einsatz beim Hersteller gefunden und waren mit unterschiedlicher Ausprägung in verschiedenen Modellen sehr erfolgreich. Seit dem Serienanlauf des Cayenne im Jahr 2002 und

des Panamera im Jahr 2009 haben die V-Motoren einen deutlich höheren Stellenwert für das Unternehmen bekommen.

Auf Basis dieses V-Motorbaukastens wurden für den Macan zwei neue Motorvarianten mit Bi-Turbo Aufladung und 3,0 sowie 3,6 l Hubraum entwickelt. Im Macan S leistet der Motor mit 3,0 l Hubraum 250 KW bei einem maximalen Drehmoment von 460 Nm. Die Motorisierung mit 3,6 l Hubraum leistet im Macan Turbo 294 KW und erreicht 550 Nm. Schwerpunkte der Entwicklung waren dabei Performance, Emotionalität und Effizienz im Kompakt-Sports-Utility-Vehicle-Segment. Damit leisten diese Motoren einen wesentlichen Beitrag, um mit dem Macan die geforderte „Best in Class Performance“ zu erreichen.

Der Vortragende beschreibt das Konstruktionsprinzip des V6-Motors mit variablem Ventiltrieb, Benzindirekteinspritzung und Bi-Turbo-Aufladung sowie die Maßnahmen zur Ladungsbewegung für die Optimierung des Brennverfahrens, unter Berücksichtigung eines effizienten Gaswechsels. Abschließend wird die Integration des Motors in eine neue Plattform dargestellt. Dabei war die erlebbare Emotionalität und Performance ein wichtiges Ziel.

ENERGIESPEICHERUNG/ ELEKTRIFIZIERUNG

K. F. Stracke (Vortragender), ⁴⁵, **Dipl.-Ing. W. Kriegler**, Magna Steyr AG & Co KG, Graz: „Neue Energie-Speichertechnologien – der Schlüssel zum Durchbruch alternativer Antriebssysteme“:

Ausgehend von den Rahmenbedingungen, die die CO₂-Gesetzgebung setzt, betrachtet der Referent innovative, alternative Fahrzeugkonzepte und die zugehörigen Energieformen unter ökonomischen und ökologischen Aspekten. Er geht von einer zunehmenden Diversifizierung der Antriebsformen aus. Neben dem Erdgasantrieb, der sehr stark von der Infrastruktur und von der lokalen Verfügbarkeit abhängt, wird mittelfristig der Hybridantrieb (PHEV) eine dominante Rolle spielen. Elektroantriebe werden sich in Nischen etablieren. Künftig wird der Elektroantrieb mit der Brennstoffzellentechnologie ergänzt werden, um ihn langstreckentauglich zu machen.

Eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg alternativer Antriebstechnologien sind effiziente und kostengünstige Energiespeicher. Dies trifft speziell auf alle drei notwendigen Speichertypen – Batterie, CNG- und Wasserstoff-Hochdruckspeicher – zu, die künftig eingesetzt werden. Der Vortragende stellt die aktuellen Entwicklungen und Neuheiten von Magna Steyr in diesen Bereichen vor und gibt einen Ausblick auf noch zu erwartende Verbesserungen und Innovationen. Weitere Produktverbesserungen bei Funktionalität, Gewicht und Preis, und somit auch im Herstellungsprozess, sind erforderlich. Der Fokus liegt auf der Reduktion der Komplexität und auf der Optimierung der Kosten.

Die Speichertechnologie ist der Schlüssel zum Durchbruch für alternative An-

triebsysteme.



44 Dipl.-Ing. B. Hemminger, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG



45 K. F. Stracke, Magna Steyr AG & Co KG



46 Dr.-Ing. S. Kampmann, Robert Bosch GmbH



47 Dr. D. Schöppe, Continental Automotive GmbH

triebsformen. Sie entscheidet somit über Kundenakzeptanz und Markterfolg.

Das Unternehmen hat sich zum Voll-Service-Lieferanten mit umfassender Erfahrung auf dem Gebiet der Speichertechnologien für zukünftige Antriebe entwickelt. Es präsentiert sich als strategischer Partner für die Produktion und Integration der hier angeführten Speichertypen und auch für die Produktion alternativer Fahrzeuge.

Dr.-Ing. S. Kampmann (Vortragender), **46**, **Dr.-Ing. P. Barth, Dr.-Ing. R. Busch, Dr.-Ing. T. Raatz, Dipl.-Ing. H. Rösch**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: „Zweiräder als Zukunftsmarkt – Innovative System- und Komponentenlösungen für die elektronische Motorsteuerung bei Motorrädern“:

Zweiräder mit Verbrennungsmotoren bleiben auch in Zukunft ein wesentlicher Teil der individuellen Mobilität, insbesondere in den Schwellenländern in Asien und Südamerika. Der Zweirad-Gesamtmarkt wächst laut unternehmensinternen Untersuchungen auf etwa 100 Millionen Fahrzeuge weltweit bis 2020. Entscheidende Faktoren für die künftige Motorsteuertechnik werden auch dort – wie schon bei Pkw mit Verbrennungsmotoren – die Entwicklung der Abgasgesetzgebung und der Kundenwunsch nach geringerem Kraftstoffverbrauch, nach mehr Komfort und besserer Performance sein.

Der Vortragende präsentiert Einschätzungen zur Marktentwicklung bei Zweirädern. Mit Blick auf die Grenzwerte

und die zukünftigen Kundenwünsche diskutiert er die Chancen der elektronischen Motorsteuerung gegenüber der konventionellen Vergasertechnologie. Diese Chancen können jedoch aus Sicht des Unternehmens nur dann genutzt werden, wenn ein kostengünstiges Gesamtsystem für die elektronische Motorsteuerung zur Verfügung steht, das sich durch einen vertretbaren Mehrpreis gegenüber dem vergaserbasierten System auszeichnet.

Der Zielkonflikt aus zweiradspezifischen Anforderungen und dem angespannten Kostenniveau wird über spezifisch gestaltete Zweiradkomponenten gelöst. Der Referent stellt innovative Systemansätze vor, die durch die Analyse der Funktionsstruktur zu angepassten Komponentensets und Software-Regelalgorithmen führen. Bei elektronischen Motorsteuersystemen lassen sich Funktionen realisieren, die nach Meinung des Vortragenden in den genannten Märkten und bei künftigen Käuferschichten zusätzlichen Nutzen und Begeisterung auslösen werden.

Die Herausforderungen bei der Entwicklung der neuen Zweiradkomponenten werden beispielhaft anhand des Einspritzsystems und des Steuergeräts gezeigt. Durch den Vergleich mit den aus Pkw-Komponenten abgeleiteten Lösungsansätzen wird der Innovationsschub bei Kosten und Funktion deutlich. Dieser wird durch die Marktnähe der Entwicklungsaktivitäten unterstützt; ein weiterer Erfolgsfaktor, den die Firma konsequent

umsetzt. Der Vortragende zeigt abschließend die Übertragbarkeit der Ansätze auf andere Bereiche und präsentiert das Gesamtportfolio des Unternehmens für den Zweiradmarkt.

Dr. D. Schöppe (Vortragender), **47**, **Dipl.-Ing. T. Knorr, Dipl.-Ing. F. Graf, Dipl.-Ing. B. Klingseis, Dipl.-Phys.**

J. Beer, Continental Automotive GmbH, Regensburg; **Professor Dr.-Ing. P. Gutzmer, Dipl.-Ing. (FH) S. Hager**, Schaeffler AG, Herzogenaurach; **Dr. A. Schatz**, Emitec GmbH, Lohmar: „Hubraumreduzierter Verbrennungsmotor und 48-V-Eco Drive – ein integrierter Ansatz zur ganzheitlichen Effizienzsteigerung des Antriebsstrangs“:

Hubraumreduzierte Benzinmotoren und die 48-V-Elektrifizierung sind anerkannte, wichtige Effizienzmaßnahmen zur Erreichung der gesetzten CO₂-Ziele ab 2020.

Mit der gewählten Continental-Systemarchitektur des vorgestellten Projekts werden die Ergebnisse für ein C-Segment Fahrzeug dargestellt, das sowohl die Euro 6c-Abgasanforderungen als auch die Verbrauchseffizienz für 2020 erfüllt.

Es wurde ein kosteneffizienter Systemansatz gewählt, der die Optimierung des Verbrennungsmotors und der Kraftübertragung bei gleichzeitiger Integration eines 48-V-Hybridsystems anstrebt. Um ein kostenoptimiertes Gesamtsystem zu erhalten, ist ein ganzheitlicher Ansatz notwendig, der über ein reines Aneinanderfügen von Einzellösungen hinausgeht. In Kombination mit der hochdynamischen E-Maschine kann der Verbrennungsmotor betont effizient abgestimmt werden.

Für die Kraftübertragung wurde neben einem Zweimassenschwungrad (ZMS) mit Fliehkraftpendel ein elektrifiziertes Kupplungssystem integriert. Damit ist ein komfortabler Fahrbetrieb auch bei niedrigen Drehzahlen möglich. Die komplette 48-V-Eco-Drive-Fahrstrategie inklusive der Funktion „Segeln“ kann kostenoptimiert bei einem Handschalter dargestellt werden.

Ein elektrisch beheizbarer Katalysator nutzt die überschüssige rekuperierte Energie zur Minimierung motorischer Katalysatorheizmaßnahmen. Die zunächst simulierten Ergebnisse zur Effizienzsteigerung wurden schrittweise anhand eines real aufgebauten Demonstrator-Fahrzeugs nachgewiesen.

ANTRIEBSSTRANG

Dr. R. Fischer (Vortragender), , **Dr. K. Küpper, Dr. P. Schögl**, AVL List GmbH, Graz: „Antrieboptimierung durch Fahrzeugvernetzung“:

Die sehr herausfordernden Verbrauchsgesetzgebungen und Abgasvorschriften können nur noch durch die Optimierung des gesamten Antriebs inklusive optimaler Kopplung mit dem Fahrzeug erfüllt werden. Der Kunde erwartet aber nicht nur die Erfüllung dieser gesetzlichen Vorgaben, sondern auch gute Fahrbarkeit. Zur Bewertung der Fahrbarkeit im gesamten Entwicklungsprozess wird AVL-Drive eingesetzt, in dem subjektive Empfindungen („Fühlen“ und „Hören“) in objektive Bewertungen für eine Vielzahl kundenrelevanter Fahrbarkeitskriterien umgesetzt werden.

Die Vernetzung des Fahrzeugs mit der Umwelt nimmt sehr schnell zu. Fast alle Fahrzeughersteller beschäftigen sich mit dem autonomen oder zumindest teilautonomen Fahren. Für das Jahr 2020 wurde ein weitestgehend unfallfreies Fahren angekündigt. Alle autonomen Systeme erfassen die Umwelt über optische Sensoren oder über Radar und steuern das Fahrzeug über diese Sensoren. Dabei ist es wichtig, den Insassen ein angenehmes und sicheres Gefühl zu vermitteln. Neben „Fühlen“ und „Hören“ ist als weiterer Aspekt das „Sehen“ zu berücksichtigen. Zur Entwicklungsunterstützung steht eine erweiterte Version von AVL-Drive zur Verfügung, die die durch optische Eindrücke hervorgerufenen sub-

jektiven Empfindungen des Fahrers objektiviert.

Die Vielzahl der Sensoren, die durch die Vernetzung der Fahrzeuge mit der Umwelt und das (teil)autonome Fahren verfügbar sind, lassen sich nun auch sinnvollerweise für die weitere Optimierung des Triebstrangs nutzen. Mit diesem „Connected Powertrain“, bei dem der Fahrer die volle Kontrolle über das Fahrzeug selbst ausübt, sind weitere Verbesserungen von Verbrauch, Emission, Kosten und Fahrbarkeit erreichbar.

Der nächste Schritt der Optimierung, der (teil)autonome Powertrain, ist schon in greifbarer Nähe. So kann zum Beispiel eine ausgereifte adaptive Geschwindigkeitsregelung (Adaptive Cruise Control) heute schon die automatische Regelung der Längsdynamik übernehmen, also zusätzlich zur Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit das Beschleunigen und Verzögern bis hin zum Stillstand (zum Beispiel Stauassistent). Die Optimierung dieser Assistenzsysteme allein auf Fahrbarkeit bringt nicht notwendigerweise den besten Verbrauch. Eine Optimierung von Verbrauch und Emissionen wird durch eine Erweiterung der Fahrbarkeitskriterien „Fühlen“ und „Hören“ um das „Sehen“ möglich. Erst durch diese vollständige objektive Beurteilung der Fahrbarkeit wird das Ermitteln des Gesamtoptimums deutlich erleichtert.

Dr.-Ing. S. Knirsch, Dipl.-Ing. M. Schöffmann (Vortragender), , **Dipl.-Ing. H. Fleischmann, Dipl.-Ing. A. Deimel, Dipl.-Ing. S. Schumm, Ing. W. Aldrian**, Audi AG, Ingolstadt:

„Die neue S tronic-Getriebe-Generation von Audi“:

Mit der Markteinführung der neuen S tronic präsentiert Audi das Doppelkupplungsgetriebe der nächsten Generation und führt die Reihe ihrer sportlichen, innovativen und effizienten Getriebekonzepte fort. Als erster Getriebetyp des neuen S tronic-Baukastens wird das Getriebe mit der Bezeichnung DL382-7F in Fahrzeugen des modularen Längsbaukastens mit Frontantrieb eingesetzt. Das Siebengang-Getriebe ist für ein Drehmoment bis 400 Nm und für eine Leistung bis 200 kW konzipiert.

Bei der Entwicklung der neuen S tronic hatte die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs höchste Priorität. Sämtliche Baugruppen wurden umfangreichen Simulationen und Optimierungen unterzogen, um Verlustleistungen und Schleppmomente auf ein Minimum zu reduzieren. Das Getriebe setzt beim Wirkungsgrad und beim Verbrauch neue Maßstäbe. Es trägt dazu bei, weitere Potenziale bei der Senkung der CO₂-Emissionen im Gesamtfahrzeug zu erschließen. Um die unterschiedlichen Motor- und Fahrzeuganforderungen bestmöglich zu erfüllen, wurde der gesamte Antriebsstrang in die Entwicklung des S tronic-Baukastens einbezogen.

Maßgeblich für die hohe Effizienz des Getriebes ist der Einsatz von innovativsten Technologien an der Doppelkupplung, der hydraulischen Steuerung und der Radsatzbeölung. Ein weiterer entscheidender Faktor ist eine für die Motorcharakteristik optimierte Getriebeauslegung in Verbindung mit einer Dreh-schwingungsentkoppelung, durch die sich das Drehzahlniveau weiter absenken lässt.

Neben der Effizienz zeichnet sich das neue Getriebe vor allem durch seine hohe Dynamik mit sehr kurzen Schaltzeiten aus. Für die Kunden bedeutet dies ein sportliches und gleichzeitig komfortables Fahrerlebnis bei sehr niedrigen Kraftstoffverbräuchen.

Der Ersteinsatz des DL382-7F erfolgt in dem neuen, besonders verbrauchs-effizienten „ultra“-Modell des Audi A6.

Dr. U. Keller (Vortragender), , **Dipl.-Ing. F. Nietfeld, Dipl.-Ing. M. Mürwald, Dr. A. Docter**, Daimler AG, Sindelfingen: „Plug-in-Hybrid von Mercedes-Benz – Der Antriebsstrang des S500 Plug-in-Hybrid“:



 Dr. R. Fischer, AVL List GmbH



 Dipl.-Ing. M. Schöffmann, Audi AG



50 Dr. U. Keller, Daimler AG

Das modulare Hybridsystem von Mercedes-Benz kombiniert das Hybridgetriebe der zweiten Generation als Parallelhybrid mit den Otto- und Dieselmotoren aus dem Motorenportfolio des Herstellers. Aus den bisherigen Erfahrungen der Serienentwicklung von Vollhybrid-Systemen mit dem Automatikgetriebe 7G-Tronic Plus und den damit erzielten Verbrauchseinsparungen hat sich gezeigt, dass Batterien mit höherem Energieinhalt zwar ein besseres E-Fahrerlebnis ermöglichen, aber aus Verbrauchssicht keinen zusätzlichen Nutzen stiften. Die Fähigkeit der Bremsenergie-rückgewinnung bestimmt die optimale Auslegung der Leistungsfähigkeit und des Energieinhalts der Traktionsbatterie. Ein verbrennungsmotorisches Nachladen kann das Mehrgewicht des Fahrzeugs im Falle einer überdimensionierten Batterie nicht kompensieren.

Aus diesem Grund hat der Hersteller beim S500-Plug-in-Hybrid eine Batterie mit hohem Energieinhalt mit der Fähigkeit des Nachladens des Energiespeichers über das externe Stromnetz kombiniert. Somit sind die Vorteile des emissionsfreien elektrischen Fahrens mit dem enormen Verbrauchsvorteil des Parallelhybriden optimal in Einklang gebracht.

Der Vortragende hebt die besonderen Eigenschaften dieses effizienten und dynamischen Hybridantriebs hervor. Zunächst werden Aufbau und Funktionsweise erläutert, wobei besonders auf die Modularität des Antriebs und der Hochvolt-Komponenten sowie deren Integration ins Fahrzeug eingegangen

wird. Es folgt eine Beschreibung der Fahrprogramme und der Betriebsmodi des Plug-in-Hybriden sowie der streckenbasierten Betriebsstrategie, die unter intelligenter Nutzung von Kartendaten ein vorausschauendes Energiemanagement ermöglicht. Eine Erläuterung der systemseitigen Maßnahmen und der Betriebsstrategie zur Erzielung der Verbrauchseinsparungen des Plug-in-Hybrid runden diesen Beitrag ab.

MOTORKOMPONENTEN

Dipl.-Ing. T. Lengenfelder, M.Sc. (Vortragender), **51**, **Dr. C. Barba, Dipl.-Ing. J. Gerhardt, Dr. R. Maier, Dipl.-Ing. (FH) L. Schmid, Dipl.-Ing. (FH) M. Stengele**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: „Zukunft gestalten – Effiziente Bosch Einspritzsysteme für Nutzfahrzeuge“:

Der Dieselmotor wird auch künftig der dominante Antrieb für kommerzielle Anwendungen sein, sowohl für den On- als auch für den Off-Highway-Bereich.

In den vergangenen Jahren hat sich die Entwicklung der Motorentechnik im Wesentlichen auf die Erfüllung der weltweit zunehmend strengeren Emissionsgesetzgebungen konzentriert. Mithilfe ganzheitlicher Systemlösungen aus Verbrennungsoptimierung, Abgasnachbehandlung sowie effizienter Luft- und Einspritzsysteme wurden signifikante Verbesserungen bezüglich NO_x und PM in der Größenordnung von 95 % erreicht. Common-Rail und Abgasnachbehand-

lungssysteme haben hierzu einen maßgeblichen Beitrag geleistet. Die zu erwartende Verschärfung der CO₂-Gesetzgebungen stellt Entwickler auf der Suche nach intelligenten und kostengünstigen Gesamtsystemlösungen vor neue Herausforderungen.

Der Vortragende beschreibt effiziente Gesamtsystemlösungen zur Erfüllung von Euro VI und US Tier 4 final für On- und Off-Highway-Anwendungen. Das Common-Rail-Portfolio für On- und Off-Highway wurde um eine neue Generation mit 2500 bar Einspritzdruck erweitert. Das neue Einspritzsystem kombiniert hohen Einspritzdruck mit hoher hydraulischer Effizienz und liefert damit einen Beitrag zur CO₂-Reduzierung. Neben den Schlüsselkomponenten des Einspritzsystems werden Abgasnachbehandlungskonzepte und die hierfür erforderliche Sensorik vorgestellt.

Abschließend wird noch ein erweitertes Gesamtsystem mit Wärmerückgewinnung und elektrischem Hybrid präsentiert. Die hier vorgestellten neuen Technologien werden wesentlich zur Erfüllung der zukünftigen CO₂-Gesetzgebungen beitragen.

Dr. J. L. Beduneau, C. Cardon, G. Meissonnier, M. Uberti Bona, Dr.-Ing. P. Voigt, P. Bercher, Dr.-Ing. H. J. Schiffgens (Vortragender), **52**, Delphi Automotive, Bascharage: „Die neue Delphi Diesel Common-Rail-Systemfamilie“:

Derzeit stehen die Fahrzeughersteller weltweit vor großen Herausforderungen,



51 Dipl.-Ing. T. Lengenfelder, M.Sc., Robert Bosch GmbH



52 Dr.-Ing. H. J. Schiffgens, Delphi Automotive

die sich aus den gestiegenen Anforderungen der Märkte, immer strengeren Abgasvorschriften und Kraftstoffverbrauchszielen ebenso ergeben, wie auch aus den Leistungsansprüchen, die die Kunden an Fahrzeuge stellen. Basierend auf den bisherigen umfangreichen Erfahrungen auf dem Weltmarkt setzt Delphi die Entwicklung von Technologien der nächsten Generation fort, um diese Anforderungen erfüllen zu können. Dazu gehört eine neue Familie von Injektoren, Hochdruckpumpen, Steuergeräten (ECUs) und Rails für den Einsatz von Dieselmotoren in Pkw und leichten bis mittleren Nutzfahrzeugen.

Die neue Produktfamilie von Kraftstoffeinspritzsystemen bietet ein höheres Leistungspotenzial aufgrund der weiteren Optimierung des Mehrfacheinspritzsystems, der Reduktion der Kraftstoff-Leckage sowie der Steigerung des Einspritzdrucks bis auf 2500 bar. Dies führt zu einer verbesserten Einspritzung und effizienteren Verbrennung, verringert somit den Kraftstoffverbrauch und sämtliche Abgasemissionen, einschließlich des Ausstoßes von CO₂.

Der Vortragende beschreibt den neuen Ansatz des Unternehmens bei der Entwicklung von Kraftstoffeinspritzsystemen unter besonderer Berücksichtigung der innovativen Merkmale. Die neue Familie von Magnetventil-Injektoren besteht aus drei nach dem Baukastenprinzip ausgelegten Injektoren. Alle verfügen über flexible Anschlüsse und sind sehr kompakt und einfach in den Motor zu integrieren. Abhängig von den Anforderungen der Kunden bezüglich Leckage, Mehrfacheinspritzungen und Einspritzdruck kann zwischen verschiedenen modular aufgebauten Injektoren gewählt werden.

Die neue Generation der Hochdruckpumpen, die auf einem ähnlichen modularen Ansatz beruht, besteht aus einer Ein- oder Zweikolbenpumpe mit Kraftstoffschmierung sowie einer Steckpumpe mit Ölschmierung zur direkten Integration in das Motorkurbelgehäuse mit der größtmöglichen Anzahl von Gleichteilen, einschließlich des Zylinderkopfs.

Um den Einsatz der neuen Serie von Common-Rail-Systemen, die für höhere Einspritzdrücke bis 2500 bar ausgelegt sind, optimieren zu können, wurden für verschiedene Marktsegmente sowohl die Hardware des Motorsteuergeräts als auch die Software-Funktionalität weiterentwickelt. Das erste Einspritzsystem der



53 Dr.-Ing. S. Spangenberg, Mahle GmbH

neuen Familie ist seit Frühjahr 2014 mit einem völlig neu konzipierten Motor auf dem Markt.

Dr.-Ing. S. Spangenberg (Vortragender), **Dr.-Ing. T. Hettich**, **Dipl.-Ing. M. Lazzara**, **Dipl.-Ing. K. Schreer**, Mahle GmbH, Stuttgart: „Kolben für Pkw-Dieselmotoren – Aluminium oder Stahl?“:

Die für die Zukunft gesetzten CO₂-Emissionsziele sorgen auch bei Dieselmotoren dafür, dass die Leistungsdichte und der Mitteldruck, also die thermische und mechanische Belastung der Kolben, weiter zunehmen werden.

Aluminiumkolben verfügen aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs über gute Voraussetzungen, den Leistungsanforderungen gerecht zu werden. Allerdings sind Maßnahmen zur Optimierung der Kühlung und Verfestigung des kritisch beanspruchten Rands der Verbrennungsmulde nötig. Erste Ergebnisse mit örtlich faserverstärkten Kolben deuten darauf hin, dass auch Zünddrücke größer 200 bar möglich werden.

Aus heutiger Sicht müssen Aluminiumkolben aber grundsätzlich eine größere Kompressionshöhe haben. Sie sind damit höher und schwerer als Stahlkolben. Einsparungen an der Bauhöhe und damit am Gesamtgewicht des Motors werden folglich nur mit Stahlkolben möglich sein. Mit Stahlkolben ist ein Potenzial zur Kraftstoffeinsparung möglich, das sich aus Vorteilen in der Thermodynamik und der Reibleistung ergibt. Wie von Nutzfahrzeugmotoren bekannt, sind derartige Kolben gegenüber hohen Zünd-



54 Dipl.-Ing. C. Helbing, Volkswagen AG

drücken sehr robust. Mit diesen Vorteilen und dem Wissen, dass Stahlkolben sich auch schon in Hochleistungs-Rennsportanwendungen bewährt haben, rücken sie in den Mittelpunkt des Interesses. Bei Stahlkolben besteht die Gefahr, dass die Kolben am Muldenrand eine die Festigkeit schwächende Oxidschicht bilden und das Kühlöl durch die hohen Temperaturen altert. Dafür gilt es Lösungen zu entwickeln.

OTTOMOTOREN 3

Dipl.-Ing. F. Eichler, **Dr.-Ing. H. Middendorf**, **Dipl.-Ing. C. Helbing** (Vortragender), **Dipl.-Ing. L. Hentschel**, **Dipl.-Ing. J. Scherf**, **Dipl.-Ing. W. Wendt**, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Der neue 1,0-l Dreizylinder-TSI“:

Im Rahmen der konsequenten Weiterentwicklung der Volkswagen-Aggregate in Bezug auf Verbrauch, Emissionen und Fahrspaß läuft mit dem Dreizylinder-TSI-Motor die nächste Evolutionsstufe für die EA211-Motorenfamilie in Fahrzeugen der A0- und A-Klasse in Serie an. Der modulare Aufbau der Motorenfamilie bildet dabei die konzeptionelle Basis zur effizienten und schnellen Umsetzung der für den R3 TSI-Motor notwendigen Anpassungen. Er ermöglicht so eine kurze Entwicklungszeit. Die gegenüber dem Vierzylinder weiterentwickelten Ladungswechsel- und Einspritz-Komponenten des R3 TSI sind die Basis für ein effizienteres Brennverfahren mit schneller Energieumsetzung.

Der neue Dreizylinder-TSI mit 1,0 l Hubraum repräsentiert innerhalb der EA211-Motorenfamilie den nächsten konsequenten Downsizing-Schritt. Wie schon die bekannten, hocheffizienten und dynamischen Vierzylindermotoren der Motorenfamilie verbindet der Dreizylinder-TSI geringe Abgasemissionen mit einem niedrigen Kraftstoffverbrauch ohne Einschränkungen im Fahrspaß.

Dipl.-Ing. P. Signargout, Dipl.-Ing. C. Chapelle, Dr.-Ing. L. Passeron, Dipl.-Ing. D. Fourchon (Vortragender), ⁵⁵, **Dipl.-Ing. E. Fournier, Dipl.-Ing. P. Merckx, Dipl.-Ing. P. Souhaité** (Vortragender), ⁵⁶, PSA Peugeot Citroën, Paris: „Der neue Dreizylinder PureTech 1.2 e-THP von PSA Peugeot Citroën – Durchbruch bei Verbrauch und Fahrverhalten“:

PSA hat eine neue modulare Familie von Dreizylinder-Motoren entwickelt, um die feste Zusage zu erfüllen, die CO₂-Emissionen seiner europäischen Flotte unter 95 g/km bis 2020 zu bringen. Diese PureTech-Familie besteht aus 1,0 l- und 1,2 l-PFI-Saugmotoren sowie 1,2 l-Turbo-Direkteinspritzmotoren und deckt den Leistungsbereich von 50 kW bis 100 kW ab. Sie verfügt über fortgeschrittene Produkt- und Fertigungstechnik und wird weltweit eingesetzt werden.

Der neue PureTech-1.2 e-THP-Turbo-Direkteinspritzmotor ist die beste Darstellung der Downsizing-Strategie des Herstellers. Seine maximale Leistung von 96 kW, Drehmoment von 230 Nm,

hoher Drehmoment bei niedriger Drehzahl und Verbrauchsreduzierung von 21 % im Vergleich zu seinem Vorgänger (1,6 l NA Valvetronic) stellen eine hervorragende Balance zwischen Verbrauch und Fahrspaß dar.

Diesem Motor kommt die ganze Erfahrung des Herstellers zugute – nach acht Jahren, in denen die weltberühmten Turbodieselmotoren der EP/Prince-Familie produziert und mit sechs „Engine of the Year Awards“ anerkannt wurden.

Um strengsten Kundenerwartungen gerecht zu werden, konnten Ingenieure signifikante Verbesserungen in den folgenden Bereichen durchführen: hocheffiziente Verbrennung, Auslegung für hohe spezifische Leistung und Drehmomente, Gewichtsreduzierung, niedrigere Reibungsverluste, optimierte Geräusch- und Schwingungsverhalten.

Ing. F. Steinparzer (Vortragender), ⁵⁷, **Professor Dr. C. Schwarz, Dipl.-Ing. T. Brüner, Dipl.-Ing. W. Mattes**, BMW Group, München: „Die neuen BMW Drei- und Vierzylinder-Ottomotoren mit TwinPower-Turbo-Technologie“:

Neben dem konsequenten Aufbau einer tragfähigen Elektrifizierungsstrategie ist natürlich auch die intensive Weiterentwicklung der konventionellen Verbrennungsmotoren ein unabdingbarer Faktor, um die künftigen weltweiten Gesetzesanforderungen zu erfüllen und auch die Wettbewerbsfähigkeit einer Marke zu erhalten.

Während beim Dieselmotor schon seit geraumer Zeit Turboaufladung und

Direkteinspritzung zur Standardausstattung gehören, haben sich diese Technologien beim Ottomotor erst in den letzten Jahren durchgesetzt. Das hat dazu geführt, dass sich die Anforderungen und Auslegungskriterien für Diesel- und Ottomotoren sehr stark angenähert haben. Hinzu kommt, dass sich die Zahl der Fahrzeugderivate stark erhöht und die Märkte bezüglich des Modellmix zunehmend volatiliter werden. Zusätzlich muss das Produktionsnetzwerk überregional interagieren und die Motoren modular in verschiedenen Antriebskonfigurationen einsetzbar sein.

Als Antwort auf diese wesentlichen Aufgabenstellungen hat BMW einen völlig neuen Produkt- und Prozessbaukasten entwickelt, der alle Otto- und Dieselmotoren umfasst. Diese neue Motorenfamilie startet aktuell als Drei- und Vierzylinder-Otto- und Dieselmotorisierung im neuen Mini. Später wird sie mit den Sechszylinder-Otto- und Dieselmotoren vervollständigt und auf das gesamte Fahrzeugportfolio ausgedehnt werden.

Neben den architekturrelevanten Entwicklungsschwerpunkten, wie otto- und dieselübergreifende Grundkonzeption und Konstruktion, steht die Weiterentwicklung von Verbrennungsverfahren, Einspritztechnik, Wärmemanagement und Reibungsreduzierung im Fokus. Der Vortragende beschreibt hier Konzeption, Konstruktion sowie Funktionseigenschaften der Drei- und Vierzylinder-Ottomotoren.



⁵⁵ Dipl.-Ing. D. Fourchon, PSA Peugeot Citroën



⁵⁶ Dipl.-Ing. P. Souhaité, PSA Peugeot Citroën



⁵⁷ Ing. F. Steinparzer, BMW Group



58 Dipl.-Ing. M. Benz, Daimler AG

GASMOTOREN NFZ/ NEUE PRÜFMETHODEN

Dipl.-Ing. M. Benz (Vortragender),
59, **Dr.-Ing. K. Hoffmann, Dr.-Ing. M. Weirich, Dr.-Ing. H.-O. Herrmann**, Daimler AG, Stuttgart: „Der neue Euro VI-Erdgasmotor für mittelschwere Nutzfahrzeuge von Mercedes-Benz“:

Bei der Erneuerung der Motorenpalette für Nutzfahrzeuge der Marke Mercedes-Benz hat Daimler Trucks sowohl für die schwere als auch die mittelschwere Baureihe völlig neu entwickelte hocheffiziente Dieselmotoren für die Emissionsstufe Euro VI vorgestellt. Speziell für ökologisch motivierte Kunden beziehungsweise urbane Anwendungen sind Gasmotoren aufgrund der günstigeren CO₂-Bilanz und der geringeren Geräuschemissionen eine kostengünstige Alternative. Deshalb hat der Hersteller die Baureihe OM93x um die Erdgas-Variante M936NGT ergänzt, die ebenfalls die Abgasvorschrift Euro VI erfüllt. Es handelt sich um einen Reihensechszylinder, der der einstufig aufgeladenen Dieselsonversion mit maximal 1200 Nm Drehmoment und 220 kW Leistung ebenbürtig ist. Um eine möglichst robuste Abgasnachbehandlung realisieren zu können, wurde das Konzept auf einen Dreiwegkatalysator in Verbindung mit stöchiometrischer Verbrennung festgelegt. Für die ottomotorischen Anforderungen wurde die Aktuatorik und Sensorik sowie die Funktionalität des Steuergeräts entsprechend angepasst. Der Motor ist für monovalenten Betrieb mit komprimier-

tem Erdgas CNG konzipiert und verfügt über extern gekühlte Abgasrückführung auf der Hochdruckseite. Wie beim Dieselmotor kommt ein Turbolader mit einer asymmetrischen Turbinengeometrie zum Einsatz, der für die speziellen Anforderungen am NGT-Motor weiterentwickelt wurde. Die Verbrennung ist nach dem Miller-Verfahren ausgelegt, bei dem absichtlich auf einen Teil der theoretisch möglichen Zylinderladung verzichtet wird. Somit wird für die gleiche effektive Zylinderfüllung ein Teil der Kompression auf die Aufladung verlagert. Die so komprimierte Luft erreicht durch Kühlung im Ladeluftkühler geringere Kompressionsendtemperaturen als mit konventionellen Ventilsteuerzeiten. Für die Verbrennung nach dem Miller-Verfahren wurde die Ladungsbewegung im Zylinder für günstige Eigenschaften bezüglich Klopfen, AGR-Verträglichkeit und Abgastemperatur optimiert. Mit Fokus auf eine gute Gleichverteilung von Frischluft mit CNG und rückgeführtem Abgas über alle Zylinder konnte eine Optimierung der betroffenen Bauteile vorgenommen werden. Der neue Motor wird zunächst in der nächsten Generation der Busse der Marke Mercedes-Benz und des Econic-Fahrzeugs eingesetzt.

Dipl.-Ing. C. Martin (Vortragender), 60, **Dr. J. Graf, Professor Dr. B. Geringer**, Technische Universität Wien; **Dipl.-Ing. R. Luef** (Vortragender), 60, **Dr. P. Grabner, Univ.-Professor Dr. H. Eichlseder**, Technische Universität Graz;



59 Dipl.-Ing. C. Martin, TU Wien

Dr. P. Prenninger, AVL List GmbH, Graz: „Neue Prüfmethodiken des Klopfens und der Vorentflammung von Kraftstoffen und Ölen hochaufgeladener Ottomotoren“:

Die Untersuchung des Klopf- und Vorentflammungs- beziehungsweise Selbstzündungsverhaltens des Gesamtsystems (Motor, Kraftstoff, Schmieröl) ist ein wichtiger Schritt zur Optimierung künftiger Ottomotoren und deren Betriebsstoffe. Dazu müssen neue Prüfmethoden entwickelt und nach Möglichkeit neue Kenngrößen definiert werden, die das abnormale Verhalten in einer reproduzierbaren und realistischen Weise abbilden.

Am Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik (IFA) der TU Wien wurde das Klopf- und Vorentflammungsverhalten ausgewählter Alternativkraftstoffe untersucht. Das Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (IVT) der TU Graz analysierte den Einfluss des Schmieröls auf das Vorentflammungsverhalten. Aus diesen Erkenntnissen ließen sich modifizierte Prüfverfahren auf Basis des weltweit eingesetzten CFR-Prüfmotors und aussagekräftige Werte für die Vorentflammungsneigung und das Klopfverhalten zukünftiger Kraftstoffe in modernen Ottomotoren ableiten. Die neuen Verfahren wurden durch eine Validierung an einem Einzylinder-Forschungsmotor mit modernem Brennverfahren und an einem Vierzylindererienmotor bestätigt.

An einem weiteren Einzylinder-Forschungsmotor wurde ein experimentelles



60 Dipl.-Ing. R. Luef, TU Graz

Verfahren entwickelt, mit dem Vorentflammungen, verursacht durch unterschiedlichste Schmieröle und Motorölzuzusammensetzungen (Additive), quantifiziert und bewertet werden können. Weiter konnten die Wissenschaftler Aussagen über die Auslösemechanismen machen. Zur Bewertung der Übertragbarkeit des Verfahrens auf das reale Motorverhalten sowie zur Validierung der Ergebnisse wurden Versuche am Vollmotor mit vollformulierten Motorenölen durchgeführt.

Dr.-Ing. P. Heuser, Dr.-Ing. J. Geiger, Dr.-Ing. S. Lauer, H. Sankhla, M.Sc., Dr. M. Müther (Vortragender), ⁶¹, FEV GmbH, Aachen; **A. Dhongde, M.Sc., Dipl.-Ing. P. Simm**, RWTH Aachen University: „Der Erdgasmotor im Nutzfahrzeug als Dieselmotor-Derivat“:

Getrieben durch die hohe Verfügbarkeit, die gute Eignung für ottomotorische Brennverfahren sowie das günstige H/C-Verhältnis gewinnen erdgasbetriebene Fahrzeuge auch im Nutzfahrzeugsektor zunehmend an Attraktivität. Neben den Betriebskosten, die im Wesentlichen vom Kraftstoffpreis bestimmt werden, sind gesetzliche Regelungen sowie die derzeit noch unzureichende Erdgas-Infrastruktur wichtige Faktoren, die den Einsatz und die Konzeption der Motoren bestimmen.

Im Entwicklungsprozess ergeben sich speziell bei der im Nutzfahrzeugsektor üblichen Ableitung der Erdgasvariante von einem Basis-Dieselmotor vielschichtige Herausforderungen. Als grundsätzliches Ziel möchten die Wissenschaftler eine möglichst hohe Anzahl von Übernahmeteilen sowie die Verbrauchs- oder Kostenoptimierung erreichen. Der Gasbetrieb bedingt unter anderem die Adaption und Optimierung von Gemischbildung und Zündung, die Applikation eines Klopfregelsystems sowie die Abstimmung des Abgastemperaturniveaus und der Abgasnachbehandlung. Vor dem Übergang auf die nächste Emissionsstufe in Europa und den USA stellt der Referent unterschiedliche Konzepte (AGR zur Verbrauchsoptimierung im gesamten Betriebsbereich) sowie deren Vor- und Nachteile im Überblick vor. Mit Beispielen erläutert er Schwerpunkte im Entwicklungsprozess.

DIESELMOTOREN 2

Dipl.-Ing. F. Eichler, Dipl.-Ing. J. Kahrstedt (Vortragender), ⁶², **Dr.-Ing. E. Pott, Dipl.-Ing. H. Beddies**, Volkswagen AG,



⁶¹ Dr. M. Müther, FEV GmbH

Wolfsburg: „Der neue Dreizylinder-TDI-Motor von Volkswagen – die konsequente Erweiterung des Modulare Dieselbaukastens“:

Im Rahmen der Aggregatestrategie der Marke Volkswagen wird der Modulare Dieselbaukasten (MDB) um einen neuen Dreizylindermotor erweitert. Schwerpunkte der Entwicklung waren eine im Vergleich zum Vorgängermotor deutliche Gewichtsreduzierung in Verbindung mit niedrigstem Kraftstoffverbrauch und einer verbesserten Performance.

Das neue Aggregat ist für einen Leistungsbereich von 40 bis 60 kW/l ausgelegt und damit in der Lage, Vierzylindermotoren mit geringer spezifischer Leistung zu ersetzen. Erstmals wird daher ein gewichtsoptimiertes, im Schwerkraft-Kokillenguss gefertigtes Aluminium-Zylinderkurbelgehäuse eingesetzt. Die kompakte Bauweise ermöglicht den Einsatz in den kleinen Fahrzeugplattformen des Konzerns mit besonders niedrigem CO₂-Ausstoß. Der neue Dreizylindermotor erfüllt die Euro 6-Abgasnorm und kann aufgrund des modularen Aufbaus an weitere Abgasstufen angepasst werden.

Neben der Motorentwicklung zeigt der Vortragende, in welchen Fahrzeugen und unter welchen Randbedingungen der Einsatz des neuen Dreizylindermotors vorteilhaft ist.

M. E. Siegrist (Vortragender), ⁶³, **R. J. Darr, S. W. Farrar, M. J. Wrobel, Dr. J. Li**, GM Powertrain NA, Pontiac und Milford, MI, USA; **Dr. J. Wartha, H.-P. Frisse**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart; **S. Mössner**, Robert Bosch LLC,



⁶² Dipl.-Ing. J. Kahrstedt, Volkswagen AG

Farmington Hills, MI, USA: „Chevrolet Cruze Clean Diesel – General Motors erster Pkw mit Dieselmotor für Nordamerika seit mehr als 25 Jahren“:

Der Referent präsentiert die jüngste Entwicklung des Markts für Diesel-Pkw in Nordamerika. Er beschreibt neben den Motiven von GM, in diesem Markt präsent zu sein, die vorgegebenen Marktanforderungen und die Erwartungen der Kunden an Dieselmotoren in Nordamerika. Die unterschiedlichen gesetzlichen Anforderungen und Kundenerwartungen im Vergleich zu Europa werden dargestellt.

Der Referent erläutert die technische Integration eines für den europäischen Markt entwickelten Dieselmotors für den amerikanischen Markt. Er beschreibt die dazu erforderlichen Änderungen des Motors, um die strengen Emissions- und OBDII-Anforderungen zu erreichen. Die



⁶³ M. E. Siegrist, GM Powertrain

Entwicklungen für den nordamerikanischen Markt hinsichtlich Geräusch, Komfort, Schaltqualität des Automatikgetriebes und der Fahrbarkeit werden vorgestellt. Der Referent stellt Änderungen am Fahrzeug vor, die zur Erzielung eines Benchmarkwerts beim Highway-Kraftstoffverbrauch vorgenommen wurden.

Er schließt mit einer Zusammenfassung der ersten Kunden- und Pressereaktionen sowie mit einer Prognose zur weiteren Entwicklung des Dieselmotors in Nordamerika.

Dipl.-Ing. T. Achenbach, Dr.-Ing. G. von Eisebeck (Vortragender), ⁶⁴, **Dipl.-Ing. T. Nickels, Dr.-Ing. U. Wiebicke**, MAN Truck & Bus AG, München: „Anforderungen und Potenziale von Euro VI Dieselmotoren bei Hybridisierung im Nutzfahrzeug“:

Die Elektromobilität hat sich in den letzten Jahren einen festen Platz in der Antriebstechnik erarbeitet. Der Fokus liegt bisher auf dem Pkw-Bereich, jedoch sind auch schon im Nutzfahrzeug einige Anwendungen im Markt. Eine weitere Verbreitung zeichnet sich ab. Während Elektromobilität im Pkw-Bereich vorrangig durch die zukünftige CO₂-Gesetzgebung getrieben wird, ist im Nutzfahrzeugbereich die Wirtschaftlichkeit als wichtigster Treiber zu sehen, speziell der Kraftstoffverbrauch. Zwar gibt es im Verbrennungsmotor noch Einsparpotenzial, doch nur noch in kleinen Schritten. Durch Rekuperationsenergie sind gerade im städtischen Bereich mit der hohen Anzahl an Anfahr- und Bremsvorgängen sehr hohe Einsparungen erzielbar. Der Vortragende zeigt Aus-

wirkungen und Potenziale einer Hybridisierung auf die Dieselmotoren – insbesondere unter Berücksichtigung der Euro VI-Abgasnorm. Der Schwerpunkt liegt hierbei im Stadtbussegment, dem ersten Segment, in dem sich die Hybridisierung einer steigenden Marktdurchsetzung erfreut. Der detailliert ausgeführte Anwendungsfall eines Dieselmotors in einem seriellen Hybridsystem zeigt die Besonderheiten in der Mechanik, der Applikation als auch im Energiemanagement sowie die sich aus dem seriellen System ergebenden Möglichkeiten. Hierbei wird neben den Herausforderungen an die mechanischen Bauteile auch auf die Abgasnachbehandlung eingegangen. Der Vortragende veranschaulicht die erzielten Einsparungen. Zusätzlich zur Anwendung im Stadtbussegment wird auch auf die Anwendung einer Hybridisierung im Fernverkehr eingegangen. Anschließend wird gezeigt, welche weiteren technischen Entwicklungsschritte möglich sind, um noch höhere Einsparpotenziale zu erzielen.

ABGASNACHBEHANDLUNG

Dipl.-Ing. B. Kern (Vortragender), ⁶⁵, Umicore Autocat Luxembourg SA, Bascharage; **Dr. S. Spiess, Dipl.-Ing. J.-M. Richter**, Umicore AG & Co. KG, Hanau: „Die nächste Generation Abgasnachbehandlung für Otto-DI-Motoren: die angemessene Antwort auf die Herausforderungen der Gesetzgebung Euro 6c?“:

Um den Wünschen der Kunden nach individueller Mobilität bei möglichst geringen CO₂-Emissionen zu begegnen, werden in stark zunehmendem Maß

hocheffiziente direkteinspritzende Ottomotoren eingesetzt. Sie ermöglichen einerseits diesem Ziel näher zu kommen, andererseits haben sie jedoch auch eine Neigung, feine und ultrafeine Partikel zu emittieren. Eine wachsende Zahl an wissenschaftlichen Berichten zeigt die negativen Auswirkungen von Partikeln auf Klima und Gesundheit. Deshalb hat die Europäische Union mit der Abgasgesetzgebung Euro 6c für direkteinspritzende Ottomotoren neben Partikelmassenbeschränkungen erstmalig auch Grenzwerte für Partikelanzahlen eingeführt. Darüber hinaus werden erweiterte Testmethoden und Prozeduren eingesetzt. Damit soll sichergestellt werden, dass die festgelegten Grenzwerte auch unter erweiterten, kundennahen Bedingungen eingehalten werden.

Der Einsatz von katalytisch beschichteten Filtern ermöglicht es, die Anforderungen an Partikelmasse wie auch die Partikelanzahl sicher und dauerhaft deutlich zu unterschreiten. Dies gilt nicht nur für traditionelle Testzyklen. Auch unter sehr dynamischen und hochtransienten Testbedingungen können die Grenzwerte eingehalten werden.

Während der Entwicklung beschichteter Filter wurde großer Wert auf minimalen Abgasgegendruck gelegt, um negative Auswirkungen auf die Motorleistung auf ein Minimum zu beschränken.

Mit aktuell verfügbaren Lösungen konnte gezeigt werden, dass keine negativen Auswirkungen auf den Kraftstoffverbrauch zu messen sind; darüber hinaus, dass die Abgasgrenzwerte für Euro 6c auch über die gesamte geforderte Laufzeit eingehalten werden können.

T. Fukuma (Vortragender), ⁶⁶, **N. Oikawa, M. Takeda, S. Nakayama, K. Yoshida, Y. Nozaki**, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: „Toyotas Entwicklungsstrategie für Diesel-Pkw-Abgasnachbehandlungstechnologie“:

Das Weiterbestehen des Diesel-Pkw-Markts ist an die Verfügbarkeit von effizienten und kostengünstigen DeNO_x-Systemen gekoppelt. Da die Abgastemperatur mit der CO₂-Reduktion fällt und dadurch die Katalysatoraktivität sinkt, ist eine technische Strategie für den Niedertemperaturbereich erforderlich. Mit motornahen und extern beheizten Katalysatoren kann die Aktivität der katalytischen Reaktionen verbessert werden.

Um den zusätzlichen Kraftstoffver-



⁶⁴ Dr.-Ing. G. von Eisebeck, MAN Truck & Bus AG



⁶⁵ Dipl.-Ing. B. Kern, Umicore Autocat Luxembourg SA



66 T. Fukuma, Toyota Motor Corporation

brauch für die Abgasnachbehandlungssysteme gering zu halten, wurden neue Strategien mit einem Testfahrzeug untersucht, das mit einem Abgasnachbehandlungssystem mit Abgasanreicherung, einem elektrisch beheiztem Katalysator und DPF mit SCR-Funktion ausgestattet war. Für kleine Fahrzeuge, wie den Toyota Yaris, ist SCR aufgrund des Packaging und der hohen Kosten schwierig anzuwenden. Das Diesel-NO_x-Nachbehandlungssystem mit adsorbierender intermediärer Reduktion (DiAir) ist eine der neuen Technologien mit höherer DeNO_x-Effizienz als konventionelle NSR-Katalysatoren, auch während der DPF-Regeneration, wenn die Abgastemperatur oberhalb der Zersetzungstemperatur von Nitraten liegt. In Analysen des Reaktionsmechanismus wurde NCO als intermediärer Bestandteil der NO_x-Reduktion nachgewiesen. Die Reduktion wird aus dem auf dem Katalysator adsorbierten NO_x und aus den durch den Katalysator gesplitteten Kohlenwasserstoffen gebildet, die von separaten Injektoren (Hydro-Carbon Injector – HCI) in das Abgas eingespritzt werden. Die Konvertierungsrate des Systems wurde durch die Weiterentwicklung von Speicherung und Reduktion (S&R) und DiAir stark verbessert. Basierend auf einem Modell für den Katalysatorzustand regelt die On-Board-Steuerung für S&R und DiAir die kontinuierliche Reduzierung durch einen Wechsel zwischen niedriger und hoher Temperatur.

In Kombination mit moderater Reduzierung der NO_x-Motorrohmission ist das DiAir-System auch in kleinen Fahr-



67 Dr. K. Harth, BASF Corporation

zeugklassen und bei 20 bis 30 % höheren Motorlasten einsetzbar, ebenfalls bei herkömmlichen NSR-Systemen bei akzeptablem Mehrverbrauch für die NO_x-Reduktion. Der Vorteil der HCI für die effiziente Entsulfatierung und geringe Ölverdünnung zeigt sich im realen Fahrzeugbetrieb.

Dr. K. Harth (Vortragender), **67**, **Dr. M. Caudle, Dr. Y. Li**, BASF Corporation, Iselin, NJ, USA; **Dipl.-Ing. A. Punke, Dr. M. Hilgendorff, Dr. G. Grubert, Dr. T. Neubauer**, BASF Catalysts Germany GmbH, Hannover: „Emissionskontrolle in Diesel-Pkw für die strenge Euro 6c-Norm“:

In den letzten Jahrzehnten hat die Komplexität für Abgasnachbehandlungssysteme stetig zugenommen, um die strengeren gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen. Durch die Einführung von Euro 6 wurde auch die aktive Reduktion von NO_x mittels Katalysatoren notwendig. Dabei haben sich zwei Hauptwege

herauskristallisiert: LNT (Lean NO_x Trap) und SCR (Selective Catalytic Reduction) mittels Harnstoff. In beiden Fällen erhöht sich die Komplexität für die Abgasnachbehandlung. 2017 werden sich die Anforderungen mit der Einführung von Euro 6c noch einmal verschärfen. Die Erfüllung von RDE-Grenzen (Real Driving Emissions) muss sichergestellt werden. Gleichzeitig werden neue Testzyklen wie WLTC (World Light Duty Transient Cycle) eingeführt.

Die Entwicklung von robusten, dauerhaltbaren und kosteneffektiven Abgasnachbehandlungssystemen ist somit zwingend erforderlich. Der Vortragende präsentiert ein neues, intelligentes LNT-basiertes System, das aus dem LNT selbst und einem Rußfilter mit entsprechendem Katalysator (CSF = Catalyzed Soot Filter) besteht. Er diskutiert, welche katalytischen Anforderungen die Einzelkomponenten erfüllen müssen, um eine hervorragende Systemaktivität sicherzustellen. Gezeigt wird, wie sowohl die Tief- als auch die Hochtemperatur-Aktivität des LNT verbessert werden kann, um die neuen Euro 6c-Anforderungen zu erfüllen. Transiente als auch stationäre Ergebnisse werden vorgestellt. Der Referent zeigt, welche Eigenschaften und Vorteile LNT-basierte Systeme haben und wie künftige Euro 6c-Anforderungen erfüllt werden können.

PLENAR-SCHLUSSEKTION: BLICK IN DIE ZUKUNFT

Persönliche Worten leiteten die Schlusssektion des Motorensymposiums ein. Professor Ferdinand Piëch gratulierte Professor Hans Peter Lenz, dem Leiter der Veranstaltung und Vorsitzenden des Österreichischen Vereins für Kraftfahr-

68 Vier Motorenexperten (v.l.n.r.): Univ.-Prof. Dr. R. Pischinger, Dr. M. Pischinger, Univ.-Prof. Dr. S. Pischinger, Univ.-Prof. Dr. F. Pischinger





69 Prof. Piëch (rechts) gratuliert Univ.-Prof. Lenz (links)



70 Plenar-Schlusssektion (v.l.n.r.): Prof. Lenz, Prof. Piëch, Dr. Neußer, Dr. Ludanek, Dr. Dieß

zeugtechnik, zu seinem 80. Geburtstag, 69 „Besonders wichtig für uns in der Industrie war immer, dass Ihre Forschung nie nur wissenschaftlicher Selbstzweck war. Forschung sehen Sie immer auch in enger Verzahnung mit der Gesellschaft und der Industrie“, würdigte Piëch das langjährige Engagement von Professor Lenz.

Die folgende Plenar-Schlusssektion, 70, beschäftigte sich mit der Zukunft der Mobilität. Prominente Besucher, 71, 72, verfolgten die Beiträge mit Interesse.

Dr.-Ing. Heinz-Jakob Neußer, 73, Mitglied des Markenvorstands Volkswagen, Leitung Konzern Entwicklung Aggregate, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Performance und Effizienz: Zukünftige Antriebstechnologien im Volkswagen-Konzern“:

Volkswagen hat mit seinen Technologien TDI, TSI und DSG in den vergangenen zwei Jahrzehnten Innovationen in Serie gebracht, die den Fortschritt in der Antriebstechnik maßgeblich geprägt haben. Um die Effizienz der Fahrzeuge vor dem Hintergrund immer ambitionierterer CO₂- und Abgasemissionsziele weiter zu steigern, treibt das Unternehmen die Entwicklung auf allen relevanten Feldern weiter voran. Sie umfasst hocheffiziente TDI- und TSI-Motoren ebenso wie Antriebe für alternative Kraftstoffe, Plug-in-Hybride und reine Elektrofahrzeuge.

Die neuen Dreizylinder-Motoren des Unternehmens setzen die Effizienz-Strategie mit weiterem Downsizing und einer Steigerung der spezifischen Leistung konsequent um. Die Aggregate erreichen im Wettbewerbsumfeld Bestwerte bei Verbrauch, Fahrleistung und Gewicht.

Der Hersteller plant, seine Kunden auch zukünftig mit effizienten Hochleistungsaggregaten zu begeistern. Im neuen Passat wird ein neu entwickelter 2,0-l-TDI-Biturbo mit einer Leistung von 176 kW und 500 Nm Drehmoment eingesetzt. Mit der in Peking gezeigten Technikstudie Golf R400 lotet der Konzern das Potenzial des 2,0-l-TSI neu aus. Das Highend-Zehngang-DSG eignet sich für die Kombination mit leistungsstarken Antrieben im Modularen Querbaukasten (MQB) und wird sowohl die Effizienz als auch den Fahrspaß weiter steigern.

Erdgas-(CNG)-Antriebe sind aufgrund der geringen CO₂- und Schadstoffemissionen sowie der niedrigen Betriebskosten eine interessante Alternative. Das Unternehmen bietet seit über zehn Jahren Erdgas-Fahrzeuge an und wird dieses Angebot weiter ausbauen. Jüngstes Mitglied in der Familie der Erdgasmotoren ist der 1,4-l-TGI, der im Golf und Audi A3 eingesetzt wurde. Auf Basis des neuen 1,0-l-R3 TSI wird eine CNG-Variante für das Kleinwagensegment entwickelt.

Das Unternehmen sei erfolgreich in das Zeitalter der E-Mobilität gestartet, so Neußer. Das Leuchtturmprojekt XL1 war der Anfang, gefolgt vom e-up!. In Kürze werden mit dem e-Golf und dem Golf GTE weitere attraktive Modelle in den Markt kommen. Der Konzern habe damit für verschiedenste Kundenanforderungen ein breites Angebot an Fahrzeugen, die hocheffizientes, lokal emissionsfreies Fahren mit hohem Fahrspaß ermöglichen.

Der Hersteller werde auch zukünftig für jeden Markt und jeden Kunden die beste Lösung anbieten. Die Mobilität werde für die breite Bevölkerung bezahlbar sein, zugleich innovativ, ökologisch und nachhaltig.

Dr.-Ing. Harald Ludanek, 74, Executive Vice President, Research and Development, **J. Hofstedt, P. Lange, Dr.-Ing. M. MackAldener**, Scania CV AB, Södertälje: „Zukünftige Antriebskonzepte für die schweren Nutzfahrzeuge – CO₂-Reduzierungspotenziale durch Techniklösungen und optimierte Betriebsweisen“:

71 Prominente Gäste bei der Plenar-Schlusssektion (v.l.n.r.): Prof. Lenz, Frau Piëch, Prof. Piëch, Dr. Neußer, Dr. Demmelbauer



Die Reduzierung von Kraftstoffverbrauch und der CO₂-Emissionen steht schon immer im Fokus der Entwicklungsarbeiten bei den schweren Nutzfahrzeugen und Bussen. Dieses Entwicklungsziel wird auch bei den künftigen Antriebskonzepten im Nutzfahrzeugbereich mit höchster Priorität weiterverfolgt werden, da heute etwa 35 % der durchschnittlichen Logistikkosten im Fernverkehr durch den Kraftstoffverbrauch bestimmt sind. Für den Spediteur ist der Verbrauch das wesentliche Kaufkriterium, um Betriebskosten zu optimieren und seine Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.

In den letzten Jahren wurden bei den Motoren wesentliche Fortschritte mit der Erhöhung der thermischen und mechanischen Wirkungsgrade erreicht. Weitere Optimierungsmaßnahmen inklusive der besseren Abgaswärmenutzung (Waste Heat Recovery) werden zukünftig bei den konventionellen Dieselmotoren einen thermischen Wirkungsgrad (BTE) von 55 % erwarten lassen.

Zusätzliche CO₂-Reduzierungspotenziale lassen sich darüber hinaus nur bei Betrachtung des Gesamtsystems, bestehend aus den Komponenten des Antriebsstrangs, der Lkw-Spezifikation und der Betriebsweise selbst, erschließen. Eine nachhaltige, umweltfreundliche und effiziente Logistik muss Optimierungsmöglichkeiten in allen Bereichen betrachten. Die aufeinander abgestimmten Bausteine – wie Fahrerschulungen, die den Betriebsbedingungen angepassten Wartungskonzepte, Reparaturfreundlichkeit und die der Transportaufgabe angepassten Fahrzeug- und Motorenkonzepte – können den CO₂-Ausstoß deutlich weiter reduzieren. Künftige Assistenzsysteme

und die weitergehende Vernetzung von Fahrzeugen untereinander und zum Speditionsbetrieb ermöglichen eine weitere Optimierung der Betriebsweise.

Ein umfassendes Energiemanagement wird – angefangen bei den Einzelkomponenten des Antriebsstrangs über das Gesamtfahrzeug bis hin zu den Betriebsprofilen – das Optimum finden müssen. Detailwissen bei der Verbrennungsoptimierung ist ebenso gefragt wie Kenntnisse über die Betriebsweisen. Die Energierückgewinnung der Abgaswärme stellt einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt dar, der vornehmlich im Langstreckenverkehr zuerst zum Einsatz kommen wird.

Alternative Kraftstoffe wie CNG, LNG, Ethanol, Biodiesel oder Hybridisierung beziehungsweise Elektrifizierung des Antriebsstrangs sind dann sinnvoll einzusetzen, wenn sie in das Anwendungsprofil und zur existierenden Infrastruktur passen.

Die Diversifizierung und die steigenden markt- und anwenderspezifischen Angebotsvarianten der Zukunft werden nur über ein cleveres Baukastensystem wirtschaftlich umsetzbar und zu bewältigen sein. Das beim Hersteller bewährte modulare Baukastensystem wird um diese Anforderungen kontinuierlich ergänzt, um auch zukünftig das passende Fahrzeugkonzept für die marktspezifischen Anforderungen bereitzustellen.

Dr.-Ing. Herbert Diess, ⁷⁵ Mitglied des Vorstands Entwicklung, BMW AG, München: „BMW i3 und BMW i8 – zeitgemäße Antriebsstränge für eine neue Freude am Fahren“:

Durch Fahrzeugkonzepte und Werkstoffe, die die Möglichkeiten der Elektrifizierung maximal ausschöpfen, sei

eine neue „Freude am Fahren“ möglich, so Diess.

BMW könne sich dabei wieder durch Fahrzeugarchitekturen und Antriebsstränge, die Motoren und E-Antriebsstränge geschickt kombinieren, vom Wettbewerb differenzieren und das Markenversprechen einlösen.

Da Elektromobilität in vielen Gesellschaften gewünscht und vor allem in Ballungsräumen volkswirtschaftlich sinnvoll und mehr und mehr politisch gewollt sei, werde sie in vielen Städten schnell Einzug halten. Einen zusätzlichen Beitrag leiste die Elektromobilität dadurch, dass sie die Energiewende weg von fossilen Kraftstoffen hin zu regenerativer Energieerzeugung unterstütze, so Diess. Kunden und Gesellschaft wollen die E-Mobilität. Der Hersteller biete markenadäquate Lösungen. „Wir fühlen uns durch die weltweiten Entwicklungen bestätigt und führen unseren Weg konsequent fort“.

POSTERPRÄSENTATIONEN

Dipl.-Ing. K. Schrewe, Dipl.-Ing. S. Steigert, Dipl.-Chem. M. Himmen, HJS Emission Technology, Menden: „Hocheffizienter Nebenstromfilter als Teil einer Stufe V Partikelanzahl getriebenen AGN-Strategie für NRMM-Motoren“:

Nebenstrompartikelfilter sind in einigen Euro 4-Nutzfahrzeugapplikationen, wie auch in größeren Stückzahlen als Nachrüstlösung für Diesel-Pkw bereits im Markt. Für eine Stufe IV Non-Road-Applikation an einem Motor mit mechanischer Einspritzung konnte gezeigt werden, dass mit einem entsprechend optimierten Nebenstrom-Sintermetallfilter (pSMF) auch deutlich höhere PM-Minderungsraten als in den genannten Anwendungen mit einem wartungsfreien Partikelminderungssystem möglich sind.

Nach einer kurzen Einführung in die Grundlagen der Nebenstrompartikelfilter zeigt der Referent, wie eine deutlich erhöhte Partikelanzahlreduzierung erreicht werden kann. Mit der im Rahmen dieser Entwicklung erhaltenen Verringerung der Partikelanzahl von etwa 75 bis 85 % erscheint es realisierbar, den sich für die Non-Road Stufe V abzeichnenden Partikelanzahlgrenzwert auch mit diesem daraufhin weiterentwickelten Nebenstrom-Sintermetallfilter zu erreichen. Demonstriert wird das Leistungsvermögen eines solchen Systems anhand



⁷² Prominente Gäste (v.l.n.r.): Frau Neußer, Prof. Wolf, Dr. Mitterbauer, Prof. Winterkorn, Frau Piëch, Frau Lenz, Prof. F. Pischinger

von stationären Messungen an einem Dieselmotor wie auch mit dynamischen Messungen auf dem Rollenprüfstand mit einem Pkw mit Euro 5-Otto-DI-Motor.

Dr. H. Schäfer, hofer eds GmbH, Würzburg: „Magnetlose elektrische Maschinen, gekennzeichnet durch eine hohe Materialverfügbarkeit und deshalb prädestiniert für den breitflächigen Einsatz in Hybrid- und Elektrofahrzeugen“:

Die in den letzten Jahren vorgestellten Hybridfahrzeuge mit getriebeintegrierten elektrischen Maschinen basieren aufgrund der vergleichsweise kleineren Baugröße hauptsächlich auf der permanentmagneterregten Synchronmaschine. Bei elektrischen Achsantrieben dominiert auch hier diese Maschinenvariante mit wenigen Ausnahmen, wie zum Beispiel Tesla (Hochleistungs-Asynchronmaschine) oder Renault (fremderregte Synchronmaschine).

Aufgrund der weltweit begrenzten Verfügbarkeit und der damit verbundenen hohen Kosten der Seltene-Erden-Magneten, speziell Dysprosium, rücken verstärkt sogenannte „magnetlose“ elektrische Maschinen in den Fokus der Automobil- und Zuliefererindustrie. Diese Maschinen bieten neben der hohen Materialverfügbarkeit und den vergleichsweise geringen Herstellkosten weitere Vorteile für den automobilen Einsatz:

- : keine Bremsmomente an der Maschinenwelle bei einer Störung in der Leistungselektronik
 - : keine Schlepptomente, zum Beispiel beim Mitschleppen einer ausgeschalteten Maschine
 - : geringe Temperatur-Empfindlichkeit.
- Ferner sind bestimmte Maschinentypen, wie die Asynchron- und die Synchronreluktanzmaschine, für höhere Drehzahlen besser geeignet. Dies führt speziell in Verbindung mit einem Reduziergetriebe zu einer Erhöhung der Leistungsdichte (weniger Aktivmaterial, zum Beispiel Kupfer) in der elektrischen Maschine. Auch der Wirkungsgrad ist bezüglich eines realistischen Fahrzyklus nahezu vergleichbar mit dem von permanentmagneterregten Synchronmaschinen.

Die magnetlosen elektrischen Maschinen stellen somit, speziell bei Hybridfahrzeugen (Plug-in-Hybrid, Range Extender) mit elektrischen Vorder- beziehungsweise Hinterachsenantrieben, eine wettbewerbsfähige Lösung für zukünftige Entwicklungen dar.

Dipl.-Ing. L. Saussol, Dr. G. Bernard, Dipl.-Ing. V. Thomas, Siemens PLM Software, LMS 1D Division, Lyon; **Dipl.-Ing. G. Goumy, Dr. P. Chessé**, Ecole Centrale de Nantes; **Dipl.-Ing. O. Marchand**, CRMT, Dardilly: „Systemsimulation der Magerverbrennung von Erdgas zur Berechnung von Schadstoffemissionen am Motor eines schweren Lkws“:

Im Rahmen des Projekts wurde die mechatronische Systemsimulation auf dem Ottomotor mit einer Erdgas-einspritzung (CNG) eines schweren Lkws mit einem mageren Kraftstoffgemisch angewandt. Die Erdgastechnologie erlaubt eine deutliche Absenkung des Kraftstoffverbrauchs bei gleichzeitiger Reduzierung der Emissionen, die anstatt durch eine Nachbehandlung direkt bei der Verbrennung verringert werden. Die Standardschadstoffmodelle waren jedoch aufgrund der geringen Größenordnung nicht in der Lage, die durch den Prüfstand festgestellten Kohlenstoffmonoxid- und Stickstoffmengen zu reproduzieren. Daher wurden spezielle Modelle für die kinetischen Aspekte der Schadstoffe entwickelt, um sie besser berechnen zu können. Der Vergleich der Verbrennungssimulation mit den Ergebnissen des Prüfstands zeigte eine deutliche Verbesserung der Schadstoffschätzung über den gesamten Motorbereich. Das Verbrennungsmodell wurde schließlich in ein komplettes Motormodell inklusive Luftsystem und Turboaufladung eingebunden.

Dipl.-Ing. R. Marzy, Dipl.-Ing. (FH) M. Hofer, Dr. V. Kordes, Magna Powertrain Engineering Center Steyr, St. Valentin: „CO₂-Reduktion über funktionale Integration von Motorkomponenten auf engstem Bauraum am Beispiel eines Dreizylindermotors“:

Um die ambitionierten Flottenemissionswerte von maximal 95 g CO₂/km ab 2021 zu erreichen, arbeitet die Fahrzeugindustrie an bedarfsgerechten Regelungen der Antriebe (Elektrifizierung), an der Reduzierung der Fahrwiderstände sowie an der Optimierung neuer Fahrzeugarchitekturen. Eine wesentliche Maßnahme ist dabei die Reduzierung von Gewicht und Reibung. Im Bereich der Motorkomponenten kann dies durch die Integration funktionsähnlicher Bauteile wie Öl- und Vakuumpumpen mit Massenausgleichssystemen erfolgen.

In konventionellen Motorarchitektu-

ren war es bisher üblich, drei verschiedene Komponenten an unterschiedlichen Positionen in der Motorarchitektur anzusiedeln.

Speziell bei hochaufgeladenen Dreizylinder-Turbomotoren mit Direkteinspritzung bietet sich die Möglichkeit einer



73 Dr.-Ing. H.-J. Neußer, Volkswagen AG



74 Dr.-Ing. H. Ludanek, Scania CV AB



75 Dr.-Ing. H. Diess, BMW AG

integralen Modulbauweise mit folgenden Komponenten:

- Motorkomponente
- : Ausgleichswelle
- : Ölpumpe
- : Vakuumpumpe

Antriebsart bei separater Bauweise

- : Zahnradtrieb von der Kurbelwelle
- : Kettentrieb, im Ölsumpf
- : Direkt an Nockenwelle angebunden

Modulbauweise

- : Zahnrad, Riemen, oder Kette.

Durch die Modulbauweise ergeben sich einige wesentliche Vorteile gegenüber der separaten Bauweise:

- : Entfall zumindest eines Antriebs-systems, zum Beispiel Kettentrieb Ölpumpe
- : Entfall der unterschiedlichen Schnittstellen zum Motor:
 - : Anbindung Kettentrieb an die Kurbelwelle, Spann- und Führungsschienen
 - : keine Ölversorgung eines Kettenspanners notwendig
 - : Verlagerung der Vakuumpumpe in den Ölsumpf bietet Platz für zum Beispiel elektrische Nockenwellensteller
- : Deutliche Vereinfachung der Montage im Motorenwerk: Durch die Anlieferung eines Moduls wird nur eine einzige Montagestation für drei Funktionen benötigt
- : Gewichtseinsparung durch optimale Ausnutzung der Modul-Gehäusestrukturen
- : Reduzierung des Ölverbrauchs durch den Einsatz von Nadellagern an der Ausgleichswelle und einer konventionellen Spannrolle am Riementrieb.

Durch die Einsparung von Antriebs-systemen ergibt sich bei ganzheitlicher Betrachtung der Modulbauweise eine Gewichts- und Kosteneinsparung, die einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen liefert.

Dipl.-Ing. K. Hadl, Dr. E. Schutting, Univ.-Professor Dr. H. Eichlseder, Technische Universität Graz; **Dr. A. Beichtbuchner, Dipl.-Ing. L. Bürgler,** AVL List GmbH, Graz; **Dipl.-Ing. A. Danninger,** ViF, Graz: „Diesel-Abgasnachbehandlungskonzepte zur Erfüllung künftiger Gesetzgebungen basierend auf dem NO_x-Speicherkatalysator“:

Für die anstehende Euro 6b-Richtlinie

ab September 2014 ist die Kombination aus NO_x- Speicherkatalysator (NSK) und Diesel-Partikel-Filter (DPF) eine weit verbreitete Lösung. Die zukünftige Gesetzgebung in Europa zielt auf eine massive Erweiterung des Betriebsbereichs ab, in dem die Emissionsgrenzwerte eingehalten werden müssen. Durch die Limitierung der Real-Driving-Emissions (RDE) sind die Emissionen nicht ausschließlich in definierten Fahrzyklen auf Fahrzeugprüfständen einzuhalten, sondern auch im realen Fahrbetrieb unter verschiedensten Betriebsbedingungen. Die oft hochdynamischen Belastungen im realen Fahrbetrieb erfordern jedoch vor allem hohe NO_x-Umsetzungsraten auch in jenen Bereichen, in denen die NO_x-Konvertierung mit heute in Serie befindlichen NSK-Technologien unzureichend ist.

Neben der Verbesserung der Katalysatortechnologie sind konzeptionelle Zugänge zur Erweiterung des Betriebsbereichs erforderlich. Durch die Erweiterung von NSK/DPF-Systemen mit einem passiven SCR (pSCR) wurde eine deutliche Erhöhung der NO_x- Konvertierung auch bei dynamischen, hochlastigen Betriebsbedingungen erzielt.

Zur Erweiterung im Niedriglastbereich wurde ein elektrisch beheizter NO_x-Speicherkatalysator (ENSK) eingesetzt. Dadurch können die gesetzlich limitierten Schadstoffe während der Regeneration massiv abgesenkt werden. Durch den Einsatz des ENSK ergeben sich deutlich mehr Regenerationsmöglichkeiten im Schwachlastbetrieb.

Dipl.-Ing. R. Steffan, Professor Dr. P. Hofmann, Technische Universität Wien: „Die 12-V-Bordnetz-Topologie: Betriebsstrategien und Potenziale für Ultraleichtfahrzeuge“:

Das Fahrzeugkonzept CULT (Cars' Ultra Light Technology) definiert mit einem Gesamtgewicht von 600 kg und einem Verbrauch von umgerechnet 49 g CO₂/km neue Maßstäbe für das A-Segment. Um diese Ziele zu erreichen, müssen in vielen Bereichen innovative Ansätze integriert werden. Der Vortragende zeigt Hybridisierungsmaßnahmen im Antriebsstrang des Prototyps und baut so auf bereits publizierten Erkenntnissen auf, die den Vorteil eines Riemen-Starter-Generators im Vergleich zu einem Antriebsstrang mit konventionellen Lichtmaschinen plus Ritzelstarter-Technologie hervorheben. Es sollen vor allem

die Potenziale intensiver fokussiert werden, die sich aus der speziellen Anbindung des Starter-Generators an das Getriebe anstelle der herkömmlichen Einbindung in den Riementrieb des Verbrennungsmotors ergeben. Zur Wahrung des Gewichtziels wurde dabei auf komplexe Bordnetze mit zwei Spannungsniveaus verzichtet und stattdessen die technisch möglichen Grenzen im 12-V-Betrieb ausgereizt. Basierend auf dem ultraleichten Fahrzeugkonzept konnten auch hybride Features wie zum Beispiel elektrisches Fahren für niedrige Geschwindigkeiten realisiert werden. Durch die Adaptierung der Riemen-Starter-Generator-Einheit an das Getriebe im NEFZ-Fahrzyklus konnte ein Verbrauch von circa 6 % im Vergleich zur motorseitigen Integration simulativ ausgewiesen werden. Aus den vorliegenden Untersuchungen lassen sich weitere Ansätze ableiten, die zusätzliche CO₂-Potenziale erschließen können.

TAGUNGSBÄNDE

Die Vorträge des 35. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschritt-Berichten, Reihe 12, Nr. 777, Band 1 und 2 (einschließlich CD in englischer Sprache), nebst Zusatzheften enthalten. Die Unterlagen sind beim Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) erhältlich.

EINLADUNG

Das 36. Internationale Wiener Motorensymposium findet am 7./8. Mai 2015 im Kongresszentrum Hofburg Wien statt, wozu schon heute herzlich eingeladen wird. Rechtzeitige Anmeldung nach Programmbekanntgabe im Internet ab circa Mitte Dezember 2014 wird dringend empfohlen.

Vortragsvorschläge mit kurzer Zusammenfassung können ab sofort eingereicht werden.

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



35TH INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM

As in previous years, more than 1000 leading engine development experts and scientists from all over the world met at the 35th International Vienna Motor Symposium in Vienna, which was held on May 8th and 9th, 2014. They presented the most recent developments in automotive engineering and described future trends. The present report contains partly condensed summaries of the lectures delivered by the individual authors.

AUTHORS



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

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

INTRODUCTION

After the welcome fanfare performed by members of the orchestra of the Vienna University of Technology, **Prof. Lenz, ❶**, welcomed the participants to the 35th International Vienna Motor Symposium, **❷**, which was yet again booked solid.

He pointed out that all lectures were contained once more in the VDI progress reports and included a CD with the texts in English. The lectures presented by university professors and their assistants had been revised in a peer review process conducted – upon request – 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 Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (Austrian Society of Automotive Engineers) through which it is possible, by entering search terms, to find all lectures presented at the pre-

ceding motor symposia, their titles, authors and the parent companies as well as other papers delivered elsewhere. In total, this data base, which was created in 1985, now comprises more than 1400 lectures.

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

Whereas in the past few years we were sometimes faced with partly exaggerated expectations with regard to new drive concepts, this hype has in the meantime



❶ Univ.-Prof. Dr. techn.
Hans Peter Lenz



❷ Opening with fanfare



③ Plenary opening session, from right to left: S. A. Kiefer, Dr. S. H. Cho, Prof. Dr. H. List, Prof. R. Stadler, Dr. T. Hametner, Prof. H. P. Lenz



④ View into the Festsaal

fizzled out and been replaced by factual reporting which has always been a tradition in our circles.

At any rate, we can observe the interesting and gratifying trend that the media are again showing greater interest in improvements to the internal combustion engine.

Instead of prototypes of e-cars, series produced e-cars are today competing with the internal combustion engine. Hence the question 'How many electric vehicles will be on our roads by a certain date?' is indeed an exciting one.

Is the forecast that the internal combustion engine will remain the main drive unit for decades to come, but assisted by electric motors, perhaps correct after all? There can be no doubt that the use of electric drive systems in combination with internal combustion engines

will become ever more widespread, but this will also enhance the viability of internal combustion engines. Internal combustion engines as main drive systems still have a gigantic potential for improvement, such as a further reduction of friction, downsizing or cylinder cut-off. At this very symposium we are witnessing a true festival of small engines. As many as seven 1-l to 1.5-l engines with three cylinders are being presented here: The 48 V electrical system will offer benefits to the internal combustion engine, as will on-demand auxiliary units. The competition between gasoline and diesel engines acts as strong motivation on both sides. However, we will have to realize that today the internal combustion engine no longer constitutes the sole element in powertrain development since nearly

as much attention is now being paid to the design of transmission systems.

And an additional aspect also comes into play: customers not only expect manufacturers' compliance with legal requirements, but also good drivability from their vehicles. Subjective perceptions must be translated into objective control parameters. Today drive trains must, to an ever greater extent, meet existing environmental standards.

The frequently invoked scarcity of fuels is increasingly being called into question. In the case of crude oil many resources have turned into reserves, and it is assumed that new resources can be mobilized and alternative fuels can be used to an ever greater extent.

In addition we would like to see broader acceptance of natural gas which is available in sufficient quantities, especially in view of the fact that highly advanced engines have been developed".

After the joint opening plenary, ③ two parallel sessions, ④ and ⑤, were held in which technical papers were presented under the chairmanship of Dr. W. Böhme, ⑥, Univ.-Prof. Dr. G. Bresseur, ⑦, Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder, ⑧, Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder, ⑨, Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, ⑩, Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann ⑪, Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg, ⑫, Univ.-Prof. Dr. G. Jürgens, ⑬, and Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz, ⑭, Dr. T. Hametner, ⑮, Dipl.-Ing. J. Spreitzer, ⑯, and Dr. techn. MBA M. Urbanek, ⑰, acted as assistants to the chairpersons.

A comprehensive and impressive exhibition of new engines, components and



⑤ Zeremoniensaal

vehicles complemented the lectures, 18, 19, 20, 21, 22, 23, and 24. Accompanying persons were offered a culturally sophisticated social programme which included a trip to baroque noble country residences, the castles of Rohrau and Hof, a tour of the Vienna palaces of the Liechtenstein family as well as a visit to the unique picture gallery and the recently re-opened Kunstammer of the Museum of Art History. In the evening, the participants and accompanying persons

attended a reception given by the Mayor of Vienna at the “Heurigen” Fuhrgassl-Huber, a typically Viennese wine tavern in Neustift am Walde.

PLENARY OPENING SESSION

Prof. Rupert Stadler, 25, Chairman of the Board of Management, Audi AG, Ingolstadt: “Strategic Technology Mix: Roadmap for Future Mobility Adapted to Individual Markets and Customers”:

The Vienna Motor Symposium is the pinnacle of all European automotive congresses.

Before diving into technical data, the lecturer took a look at the overall picture of future mobility, dealt with the strategic technology mix and presented a roadmap for the market-specific and customer-specific mobility of the future. He focused on three aspects:

: First, the question of the drive system of the future. The more cars there are



6 Dr. W. Böhme



7 Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur



8 Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder



9 Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder



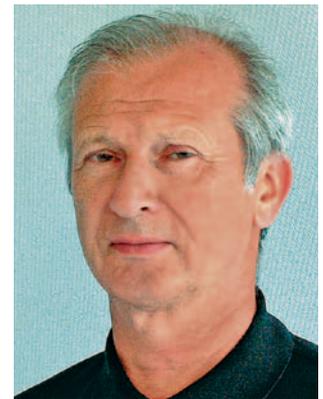
10 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer



11 Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann



12 Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg



13 Univ.-Prof. Dr. G. Jürgens



14 Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz



15 Dr. T. Hametner



16 Dipl.-Ing. J. Spreitzer



17 Dr. techn. MBA M. Urbanek

on roads around the world, the more important it is for them to have efficient drive systems.

- : Second, at the same time cars are self-contained systems. They increasingly use data from their environment. These data also help to reduce fuel consumption. And, what is more important, they make driving safer and help to save time. For this reason, car-to-car and car-to-X connectivity represent a major issue.
- : And thirdly, the profile of customers of tomorrow has to be analyzed. Technology may never be an end in itself. Our industry is well advised to consider its customers as well as their needs and desires as the measure of all things.

Prof. Dr. Helmut List, ²⁶, Chairman and CEO, AVL List GmbH, Graz: “Future Powertrain Development: Mastering Speed and Complexity”:

Ever more stringent legislative requirements (CO₂, WLTP, RDE) and more exacting customer demands (“positive driving experience”) as well as the integration of all relevant information originating from the traffic environment (connected powertrains) have led to a dramatic increase in complexity and a growing diversity of future powertrain systems. In addition, shorter model cycles and the greater attention given to “real world driving” of customers present even more demanding challenges for powertrain development.

An efficient development under extended real world boundary conditions, such as extending conventional synthetic test cycles to stochastic real world driving, calls for the translation of subjective perceptions such as driving experience into objective parameters as well as for reproducible definitions of complex parameters influenced by stochastics (real world emissions). For this purpose, random driving events are broken down into small, reproducible and assessable driving elements and the relevant trade-offs (driveability, NVH sound perception, efficiency, emissions) are optimized for all of these single elements. With an intelligent “event finder” it is possible to concentrate on exactly those driving elements which have a significant effect on the overall result.

In addition, a “Real Drive Manoeuvre Library” generated from these findings and combined with a comprehensive vehicle model constitutes a decisive pre-



¹⁸ Exhibition: Booth of Mercedes-Benz



¹⁹ Exhibition: The Vienna Hofburg



²⁰ Conversation with Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz



21 Exhibition: Booth of Scania



22 Exhibition: Booth of Volkswagen



23 Exhibition: Booth of AVL

requisite for switching individual development tasks to the optimum environments and on this basis shift them increasingly to the virtual world. Combined with a comprehensive vehicle model, a “Real Drive Manoeuvre Library” is a base prerequisite to allocate specific development tasks to the respective optimally adapted development environment and towards the virtual world.

This step starts from digital mockup (DMU) components but also presupposes intensified, integrated work in mixed virtual and real world development environments. The transition from a digital mockup to a functional mockup (FMU) as well as a consistent evaluation from a vehicle perspective makes a significant contribution to mastering the speed and complexity of future powertrain developments. With the Integrated Open Development Platform IODP and the extended evaluation platform Drive V4.0, AVL has created essential tools and methodology modules.

Dr. Sung Hwan Cho, , President, Hyundai America Technical Center, Superior Township, MI, USA: “Sustainable Powertrain Strategy through a Collaborative Approach”:

As a result of increasingly stringent regulations, fuel economy improvement strategies have become a key priority for the automotive industry around the globe. In order to be able to meet these requirements, the Hyundai Motor Group (HMG) is continuously working on improving the efficiency of the internal combustion engine and developing green car powertrain systems. To this end, the company has been analyzing and evaluating a broad range of powertrain platforms and line-ups for each platform.

Efforts to improve the efficiency of internal combustion engines have resulted in a number of megatrends, such as downsizing and the convergence of technologies between gasoline and diesel engines. Green car powertrains for electric vehicles (EV), hybrid electric vehicles (HEV) and fuel cell electric vehicles (FCEV) are now in series production.

But despite mass production, environmentally friendly powertrains have not really become affordable for the vast majority of customers. However, no one denies that green car powertrains will become mainstream. The question is only when, at some time in the future, will this be the case?



24 Exhibition: Booth of Audi

Today the new generation of powertrain platforms play a meaningful role as the individual versions complement each other in the market. As a result, attention is now being focused more strongly on the combination of different powertrain technologies than ever before.

Diverse market requirements and the ever keener competition between technologies require intensified collaboration between the manufacturers of powertrain platforms in order to attain affordable efficiency gains.

The company continues to develop cost-efficient powertrain platforms, while actively responding to market changes and pursuing a strategy of sustainable growth through the integration of powertrain platform technologies.

Steven A. Kiefer, ²³, Vice President, General Motors Global Powertrain, Pontiac, MI, USA: “General Motors Powertrain Solutions for a Complex Marketplace”:

For more than 100 years, the automotive industry experienced relatively stable “powertrain DNA”. Vehicles typically incorporated an internal combustion engine mated to a transmission to transmit torque to the wheels. That solution remains the dominant powertrain technology, but its standardization was not always certain. Multiple propulsion solutions competed for dominance during the first two decades of the 20th century and many are being retested to determine which solutions will carry the industry through the next 100 years.

The lecturer analysed some of the complexities associated with serving today’s global markets, along with propulsion system solutions. Above all else, customers will be the compass, guiding vehicle and powertrain development. Additional considerations that drive powertrain content selection and future technology development include market forces, evolving societal demands, shifting demographics, sustainability and affordability issues.

Recent powertrain launches illustrate the company’s strategy and demonstrate how new technologies might evolve over

the next decade. High-volume CO₂ reduction technologies must be deployed, while satisfying globally diverse customer demands. A global full-line automaker requires a robust powertrain portfolio approach that strategically applies technologies and leverages on a global scale. Powertrains must also be matched as point-optimized solutions to avoid system inefficiencies and reduce complexity.

The lecturer concluded that multiple technical solutions are necessary, but it is difficult for manufacturers to develop them all independently. Successful auto companies will reduce complexity and establish collaborative business models that optimize the utilization of scarce engineering and capital resources.

FUTURE POTENTIALS GASOLINE/DIESEL

Dipl.-Ing. E. Rau (lecturer), ²⁴, **Prof. Dr. H. Kohler**, **Dr. G. Karl**, **Dr. K. Fieweger**, **Dr. J. Betsch**, **Dr. B. Krutzsch**, Daimler AG, Stuttgart: “Variabilities on Gasoline Engines and their Future Potentials”:

The gasoline engine is the world’s dominant source of power for passenger cars and its development potential is far from exhausted. The development trends focus not only on excellent torque and output but also on a reduction of fuel consumption and compliance with emission laws and regulations without compromising comfort and durability. The



25 Prof. R. Stadler, Audi AG



26 Prof. Dr. H. List, AVL List GmbH

further reduction of fuel consumption is at the centre of many development activities. Among all the various technological innovations and solutions available for gasoline engines, there is no royal highroad for meeting all of these requirements. Much of this technology has its own specific merits and drawbacks and, depending on application, legitimacy.

If further progress is to be achieved in the development of the different combustion processes, it will be necessary to consider variables in the valve train and further improve injection, ignition and turbocharging systems, air management, combustion chamber geometry, charge motion and sensor technology.

Significantly higher performance and fuel economy can be attained by means of variable effective compression. In general, the challenge is to ensure potential upgrading of the modular technology with a view to finding the most cost-effective solutions for gasoline engine powertrains. In addition, measures to reduce friction as well as optimum energy management play a central role in enhancing the overall efficiency of the engine. The lecturer described and analyzed the potential of different technology solutions for gasoline engines.

Dr.-Ing. H. Baumgarten (lecturer), , **Dr.-Ing. W. Bick, Dr.-Ing. J. Dohmen, Dipl.-Ing. T. Uhlmann, Dipl.-Ing. M. Thewes, Dr.-Ing. M. Schwaderlapp**, FEV GmbH, Aachen; **Dr.-Ing. D. Tomazic**, FEV Inc., Auburn Hills, MI, USA:

“Borderline Design: CO₂ Potential of Conventional Technologies for Gasoline and Diesel Engines”:

The ultimate goal of current powertrain development efforts is to reach future power, fuel consumption and emissions targets by applying cost effective processes and tools. As a result of the increasing number of variables, a simulation of the entire system is required in order to evaluate the global optimum and the potential of the individual subsystems.

Thanks to a future-oriented design approach, engine weight and thermal management can be optimized and engine friction can be reduced simultaneously. Furthermore, the thermodynamic potential in the areas of the valve train, boosting and combustion has to be utilized in such a way that in addition to

low fleet emissions of new vehicles, a major customer benefit is assured through an attractive sales price for the vehicle and low in-use consumption.

Using CAE and validation with the aid of special measurement technologies, the lecturer explained how, thanks to a close meshing between calculations and experimental investigations, engines can be designed that come close to the limit values so that the currently known limits of friction reduction can be further diminished.

With a view to obtaining the best possible thermodynamic potential, additional special processes are required. All of these processes help to achieve optimum efficiency of the combustion system, boosting and engine operating strategy which allow a further reduction of emissions and fuel consumption of future gasoline and diesel engines.

Dipl.-Ing. R. Dreisbach, Dr. G. Fraidl (lecturer), , **Dr. P. Kapus, Dr. H. Sorger, Dipl.-Ing. M. Weißbäck**, AVL List GmbH, Graz: “Compression versus Spark Ignited 2020: Synergy or Competition?”:

The competition between diesel and gasoline engines has not only resulted in impressive progress of their respective technologies, but also revealed a number of potential synergies. Turbocharging, direct injection, external cooled EGR,



27 Dr. S. H. Cho, Hyundai America Technical Center



28 S. A. Kiefer, General Motors Global Powertrain



29 Dipl.-Ing. E. Rau, Daimler AG

lean exhaust aftertreatment and particulate filters essentially originated with diesel engines, but have in the meantime become essential components of modern gasoline engines too. Variable valve trains and catalyst heating strategies followed a path in the opposite direction, as these were first conceived for gasoline engines and were later applied to diesel engines. An ever stronger differentiation between fuel economy strategies and extremely high performance concepts can be observed for both diesel and gasoline engines. If optimum fuel economy and highest performance are to be achieved, a combination of variable compression and variable valve train is indispensable in both cases.

Thanks to the optimized interaction between the Miller/Atkinson cycle, high compression and external cooled EGR, gasoline engines can catch up with the best fuel consumption values of diesel engines (minimum BSFC) – around 200 g/kWh can be attained both with diesel and stoichiometric gasoline engines. The poorer efficiency of gasoline engines is less marked in the lower load range, but remains below that of diesel engines. Different ratios are observed at maximum specific power: >100 kW/l for diesel engines, >150 kW/l for gasoline engines. As many design criteria of diesel and gasoline engines are tending to converge (peak pressure), modular engine family concepts based

on both diesel and gasoline derivatives will enter the market. In view of the strongly divergent requirements in individual markets and vehicle classes, future scenarios will rely not only on expensive cutting-edge technologies, but the technology portfolio, which is already very wide today, will broaden even more in the future.

ENGINE MECHANICS

Dipl.-Ing. T. Körfer (lecturer), , **Dr.-Ing. W. Bick**, **Dr.-Ing. T. Schnorbus**, **Dr.-Ing. B. Holderbaum**, **Dr.-Ing. M. Pieper**, FEV GmbH, Aachen; **M.Sc. M. Miccio**, FEV Italia, Rivoli; **M.Sc. B. Graziano**, **Dipl.-Wirt.-Ing. B. Heuser**, RWTH Aachen University: “Conceptual Layout and Thermodynamic Potential of a Variable Compression Ratio for Modern Diesel Engines”:

Strict global regulations aimed at reducing transport-related CO₂ emissions in order to improve local air quality require the use of new technology approaches. In addition to the introduction of electric traction aid on a broader basis, a continuous and consistent further development of conventional engines is promising and important for economic reasons.

Since manufacturers have to reach the CO₂ fleet targets and will simultaneously also have to comply with the upcoming, more stringent emission legislations, there is still a need for further improvements despite the current favourable CO₂ balance of modern diesel engines.

From a thermodynamic perspective, combustion efficiency can only be raised by means of high compression ratios. In view of thermo-mechanical stress and emission levels, a tendency towards reducing the geometric compression ratio has been observed for quite some time. A holistic analysis of future requirements, i.e. minimized NO_x raw emissions combined with improved overall efficiency, reveals that a variable, load-point dependent compression ratio offers further potential for optimization. Given the high complexity and costs of such a system, a mechanically activated two-stage (two-point) system with connecting rod variability (variable connecting rod) appears to be the preferred solution offering the best cost-benefit ratio. The technologies described by the lecturer offer on the one hand improved

efficiency in the low load range combined with constantly low NO_x emission levels, and generate lower NO_x emissions under high load with a favourable fuel consumption pattern, which is only moderately influenced by the more complex crankshaft mechanism on the other hand. The reference vehicle showed a 5 % better fuel efficiency under the boundary conditions defined in Euro 6.2 and consolidated cost increases of less than 5 % with comparable driving performance.

M.Sc. S. Neuberger, **Dr.-Ing. E. Bock** (lecturer), , Freudenberg Sealing Technologies GmbH & Co. KG, Weinheim; **Prof. Dr.-Ing. habil. W. Haas**, University of Stuttgart; **Dr. rer. nat. K. J. Lang**, EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG, Wolfratshausen: “Potential CO₂ Savings Achieved by Using Gas-Lubricated Face Seals”:

In the development of today’s automobiles, emphasis is placed on the reduction of fuel consumption and the associated CO₂ emissions. The emission of a few grams of CO₂/km causes a strain on dynamic seals in powertrains. Simmerings in internal combustion engines are one example. With the aid of gas-lubricated mechanical face seals a large part of these emissions can be avoided. With this type of seal, the seal components float relative to one another due to the introduction of air into the seal gap, and they slide on a film of air, which drastically reduces friction.



30 Dr.-Ing. H. Baumgarten, FEV GmbH



31 Dr. G. Fraidl, AVL List GmbH

The lecturer drew attention to the potential savings, explained the concept of the gas-lubricated mechanical face seal and provided information on the status of the development with regard to the simulation of functional behaviour and test findings. Concluding, he made a critical assessment of the findings and gave an outlook on the use of this technology in drive trains.

Dr.-Ing. J. Roß, Dipl.-Ing. (FH) T. Semper, Dipl.-Ing. S. Doller, Dipl.-Ing. S. Franke, Dr.-Ing. H. Neukirchner (lecturer), 34, IAV GmbH, Berlin:

“IAV’s I 2+2 Engine with Activable Displacement – Test Bench Results and Vehicle Potentials”:

Gasoline engines featuring cylinder deactivation by means of valve and injection deactivation are increasingly used in series production with the aim of lowering fuel consumption under low torque. At the 2012 Vienna Motor Symposium the company presented theoretical and test-based preliminary investigations on the basis of which measures were developed to further reduce the fuel consumption of gasoline engines with cylinder deactivation. A significant reduction of friction losses, in particular when parts of the crank train of the base engine are deactivated in combination with the shift of operating points typical of cylinder deactivation, offers considerable potential for a further reduction of fuel consumption.

The company has developed a completely new turbocharged 1.6-l SI engine



32 Dipl.-Ing. T. Körfer, FEV GmbH

and extensive test bench investigations have been carried out to correlate simulation and test results. By using a switchable valve train and a special clutch for synchronizing the two parts of the crankshaft, the IAV I 2+2 engine can be operated in four-cylinder and two-cylinder mode.

The lecturer compared test bench and simulation results and showed further optimization stages. Investigations focused on the detailed friction analysis of the relevant parts, the development and optimization of clutch function in order to synchronize both parts of the

crank train in an acceptable timeframe and thermodynamic optimization for steady-state and dynamic vehicle conditions. The lecturer also explained options for combining the I 2+2 engine with hybrid powertrains.

OTTO ENGINES 1

Y. Sasaki (lecturer), 35, **S. Adachi, K. Nakata, K. Tanei, S. Shibuya**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: “The New Toyota 1.0 L L3 ESTEC Gasoline Engine”:

In recent years, improving vehicle fuel economy has become much more important in order to be able to meet the challenging CO₂ emission target of 95 g/km by 2020. One essential way to improve vehicle fuel economy is the enhancement of engine thermal efficiency. Therefore, many studies have been conducted in the automotive industry around the world in order to improve the thermal efficiency of engines. In order to achieve high engine performance while keeping fuel consumption low, engine technologies have to be developed that strengthen knock resistance so that higher compression ratios can be used. It is well known that exhaust losses increase as a result of retarded ignition to avoid knocking at high compression ratios. Therefore, some countermeasures, such as lowering combustion temperature by applying cooled EGR, must be taken in order to maintain the benefit of high



33 Dr.-Ing. E. Bock, Freudenberg Sealing Technologies



34 Dr.-Ing. H. Neukirchner, IAV GmbH

compression ratios. It is also evident that a high tumble air flow leads to faster combustion and reduces fuel consumption. Moreover, it prevents knocking, thus contributing to higher engine output.

The lecturer described the company's strategy for enhancing engine thermal efficiency and presented the newly developed 1.0-l L3 1KR ESTEC (Economy with Superior Thermal Efficient Combustion) gasoline engine. The new gasoline engine attains a maximum thermal efficiency of over 37 % by using some key technologies, such as high tumble air flow, high EGR ratio and low mechanical friction. As a result, the fuel consumption of the new engine has been improved by 7 % as compared to the previous model, without deterioration of power output. Finally, CO₂ emissions have been reduced to less than 90 g/km without a direct fuel injection system on an A-size vehicle.

Dr. M. Alt (lecturer), ³⁶, **T. Sutter**, **Dr. T. Johnen**, **K. Fulton**, **R. Daily**, **R. Cococchetta**, **N. Peralta**, **M. Damen**, **G. O'Daniel**, **A. Noe**, **U. Krischker**, General Motors, Rüsselsheim/Pontiac, MI, USA: "Powerful, Efficient and Smooth: The New Small Gasoline Engine Family from General Motors":

Powerful, efficient and refined – Opel and GM are introducing a generation of newly designed small displacement gasoline engines. Ranging in displacement from 1.0 to 1.5 l, these three- and four-cylinder engines are not only climate-friendly; the all-aluminium power units also set a new benchmark in refinement.

The development of extremely low sound and vibration levels as well as best in class refinement were among the primary development targets for both turbocharged and naturally aspirated variants. The excellent refinement is due to a number of measures, such as the use of a balance shaft on the three-cylinder turbo, a silent inverted-tooth chain on all engines, and the structural isolation of the fuel injectors on the direct injection versions. The engine family variants cover a power band from 75 to 165 HP and provide an engaging drive, with a peak torque of up to 250 Nm. In terms of low fuel consumption, the new engine generation delivers all the benefits of small displacement units, while at the same time feeling like a bigger engine as regards performance and refinement.

The engine family has been developed globally for production and sale in all global markets. Thanks to the compact package, the small displacement gasoline engines can be used in A-, B-, C- and D-size vehicles. They will be built in the innovative "Flex Plant" in Szentgotthárd, Hungary, and several other global plants.

E. Aiyoshizawa, **MEng.** (lecturer), ³⁷, **K. Hori**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: "The New Nissan Highly Efficient Four-Cylinder 1.6-l GDI Turbocharged Engine with Low Pressure EGR – Evolution for Lower Fuel Consumption Combined with High Output Performance":

The lecturer illustrated a new 1.6-l gasoline direct injection (GDI) and turbocharged engine (MR 16DDT) that achieves lower fuel consumption and a

good balance of high dynamic performance to ensure the competitiveness of future B/C/D-size models and compliance with Euro 6 emission regulations. Low fuel consumption was attained mainly through the adoption of technologies that maximize thermal efficiency with a high compression ratio, improve anti-knock performance and minimize mechanical friction losses.

The details of the second-generation MR 16DDT are described focusing on the principal technologies applied.

FUELS

Prof. Dr.-Ing. J. Hadler (lecturer), ³⁸, **Dipl.-Ing. C. Lensch-Franzen**, **Prof. Dr.-Ing. K. Kirsten**, **Dipl.-Ing. L. Faubel**, APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH, Landau;

Dr.-Ing. B. Kehrwald, IAVF Antriebs-technik GmbH, Karlsruhe; **Prof. Dr.-Ing. U. Spicher**, MOT Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft für Motorentechnik, Optik und Thermodynamik mbH, Karlsruhe: "The Objective Necessity of a Zero Impact Emission Powertrain":

The highest priority for individual mobility is to avoid the enrichment or the deposition of pollutants or climate changing substances in the biosphere both at local and global levels. At the same time, the reserves of fossil energy sources are finite.

Analogous to natural processes, primary energy produced from regenerative sources, on the basis of solar energy, must be used in closed cycles of materi-



³⁵ Y. Sasaki, Toyota Motor Corporation



³⁶ Dr. M. Alt, General Motors



³⁷ E. Aiyoshizawa, MEng., Nissan Motor Co., Ltd.

als in order to ensure sustainable mobility. It has to be assumed that alongside electric mobility sustainable mobility cannot be achieved without chemically stored energy because of the high energy density required. Hence the creation of a zero-emission engine has major social relevance.

In this context, work should concentrate on three main fields of action:

- : zero-emission-thermodynamics
- : zero-emission-lubrication
- : effective exhaust – gas aftertreatment.

The company carries out research and development work on processes and combustibles in the area of thermodynamics with the goal of more accurate process management.

In addition to investigations of alternative lubricants, oil and pollutant emissions resulting from the combustion of oil as well as the robustness and efficiency of exhaust gas aftertreatment components are optimized in the course of their development using Xit processes.

A zero-impact emission powertrain is technically feasible and a zero-impact mobility can be achieved in parallel to electric mobility, if a CO₂-closed-loop-management can be established and, at the same time, tailpipe emissions can be lowered to ambient air level.

Prof. Dr. R. Schlögl (lecturer), , Max-Planck-Institute for Chemical Energy Conversion, Mülheim a. d. Ruhr: “Synthetic Fuels: A Buzzword or a Relevant Contribution to the Turnaround in Energy Policy?”:

At present, energy supply is a topic discussed worldwide. Traditional structures

are undergoing rapid changes, as raw material supply is currently experiencing a profound transformation as a consequence of climate change as well as political and economic factors. This calls for urgent action and political as well as economic measures aimed at attaining self-sufficiency in the field of energy. One reason for the special attention given to these processes by the general public and politicians can be ascribed to the paramount importance of energy supply for the stability of a country’s economy and society. However, different countries have widely differing approaches to this worldwide “mega issue”. In China, India and the USA, heavyweights in the league of countries recording high levels of greenhouse gas emissions, the central motivations for change are economic growth and safe supply, whereas in Europe, and especially in Germany, the sustainability of the energy supply system constitutes one of the main drivers of this development.

The lecturer analysed this issue in the context of the systemic nature of energy supply. This appears only logical, as both mobility and transport are the pre-conditions for the functioning of other parts of the energy system and/or compete with those for the required available resources. In addition, in the energy debate, public interest is often focused on the mobility sector, whilst the close interdependencies between the individual parts of the system are, however, overlooked.

Dipl.-Ing. W. Maus (lecturer), , Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH, Lohmar; **Dr. rer. nat E. Jacob** (lecturer), , Emissionskonzepte Motoren UG, Krailling; **Dipl.-Ing. M. Härtl, Dipl.-Ing. P. Seidenspinner, Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister**, Munich University of Technology: “Synthetic Fuels – OME1: A Potentially Sustainable Diesel Fuel”:

Future powertrain technologies will be measured against five criteria: I. CO₂ neutrality, II. sustainability, III. exhaust emissions, IV. cost-effectiveness and V. functionality. Criteria I to III are statutory requirements that take priority and lay the foundations for sustainability. The lecturer assessed the potential of different powertrain technologies to keep the environment clean.

Methanol and DME can be synthesised directly from CO₂ as a carbon source and



 Prof. Dr. R. Schlögl, Max-Planck-Institute for Chemical Energy Conversion (CEC)

from sustainably produced H₂. Both are valuable sources of energy but toxicity and high vapour pressure at ambient temperatures limit their use as fuels. Their conversion to non-toxic or liquid fuels removes these limitations. The resulting fuels are CO₂ neutral and sustainable. Ether-based fuels with C1 building blocks that contain no C-C bonds are a particularly effective means of minimizing emissions with less complex exhaust aftertreatment. These fuels have the potential to prolong the success of the internal combustion engine for the next few centuries. The term sustainability as used below is based on these conditions.

To demonstrate the potential of a non-toxic, liquid C1 diesel fuel, the lecturer focused on oxymethylene ether (OME1). OME1 is made from methanol on a commercial scale and has a cetane number of a mere 38. It can be mixed with additives to produce OME1a diesel fuel (CN 48).

He subsequently discussed the initial results of OME1a tests using an unmodified single-cylinder diesel engine, which were carried out at the Internal Department of Combustion Engines at the Munich University of Technology. Under substoichiometric conditions, stationary tests revealed that particle number emissions were in the ambient air range with very low NO_x levels without exhaust aftertreatment. There was no measurable PN/NO_x trade-off.

It should be possible to reduce NO_x emissions through engine-based meas-



 Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, APL GmbH



40 Dipl.-Ing. W. Maus, Emitec GmbH

ures without loss of efficiency by adapting the combustion process to OME1 fuel up to the 400 mg/range, the lecturer stated. In order to cut NO_x tailpipe emissions to below 0.1 mg/kWh, a low NO_x SCR catalytic converter system with correspondingly high activity will have to be developed. If this were to be successful, OME engines would be capable of meeting the S-ZEV level (sub-zero emissions, below urban emissions) for NO_x as well.

DIESEL ENGINES 1/OTTO ENGINES 2

Dr.-Ing. N. Ardey (lecturer), 42, **Dipl.-Ing. R. Wichtl**, **Dipl.-Ing. T. Steinmayr**, **Dr.-Ing. M. Kaufmann**, **Dipl.-Ing. D. Hiemesch**, **Dipl.-Ing. W. Stütz**, BMW Motoren GmbH, Steyr: “The New



41 Dr. E. Jacob, Emissionskonzepte Motoren UG

BMW Three-Cylinder and Four-Cylinder Diesel Engines with TwinPower Turbo Technology”:

Diesel engines are an important cornerstone in BMW’s EfficientDynamics strategy. Thanks to good customer acceptance, the company’s diesel engines are making a major contribution to the reduction of CO₂ emissions. The development objectives for a new generation of diesel engines were a further reduction of fuel consumption as well as an improvement of the power characteristics. In addition, the prerequisites for compliance with the forthcoming, more stringent emission legislation needed also to be created. Last but not least, the lecturer stressed that another goal was to enhance the flexibility of the coordinated manufacture of diesel and gasoline engines with the implementation of a new engine modular kit.

With homogeneous interfaces and a low number of variants, the new engine modular kit has been prepared for a broad range of different vehicle derivatives. Owing to standardized production processes for the new engine family, engine production can react flexibly to future market demands for individual variants. The reduction in complexity creates synergies in the entire process chain of development, purchasing, and production.

In order to equip the range of the company’s vehicles with the best possible diesel engines, a completely new three-cylinder variant has been derived from the basic dimensions of the 2.0-l four-cylinder engine. Using the new engine modular kit, production will start with the 1.5-l three-cylinder engine with 140 kW and 400 Nm. The diesel engine generation presented here stands for a new optimum with regard to power output, comfort, and efficiency.

With homogeneous interfaces and a low number of variants, the new engine modular kit has been prepared for a broad range of different vehicle derivatives. Thanks to standardized production processes for the new engine family, engine production can react flexibly to future market demands for individual variants. The reduction in complexity creates synergies in the entire process chain of development, purchasing, and production.

Dr.-Ing. S. Knirsch, **Dipl.-Ing. U. Weiß** (lecturer), 43, **Dipl.-Ing. (BA) A. Fröhlich**,

Dipl.-Ing. G. Pamio, **Dipl.-Ing. J. Helbig**, **Dipl.-Ing. (FH) H. Ritter**, Audi AG, Neckarsulm: “The New Generation of the Audi V6-TDI Engine: 25 Years of Technology – Dynamics – Innovation”:

With the next generation of the 3.0-l V6 TDI engine Audi once again sets a milestone in TDI technology. The newly developed engine range combines low fuel consumption and emissions with outstanding performance, backed by the comprehensive application of lightweight construction technology.

Efficiency has been improved by optimizing intelligent thermal management, internal friction and the combustion process. Updating to a high-efficiency close-coupled emissions control system entailed further extensive modifications to the basic engine. As a result, the new engine combines outstanding performance and high levels of comfort with very low fuel consumption.

Dipl.-Ing. A. Bögl, **Dipl.-Ing. B. Hemminger** (lecturer), 44, **Dipl.-Ing. A. N. Janssen**, **Dipl.-Ing. M. Kerkau**, **Dipl.-Ing. J. Kerner**, **Dr.-Ing. A. Kronich**, **Dipl.-Ing. M. Schlüter**, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach: “The New V6 Turbo Engines in the Porsche Macan”:

In view of its long history with the 356, 911, Boxster and Cayman models as well as countless successes in motor sports, perhaps it does not come as a surprise that the name Porsche is primarily associated with the flat-engine concept. However, the company, in parallel, has also been producing V-engines since the 1970s, both for standard-production projects and motor sports, and



42 Dr.-Ing. N. Ardey, BMW Motoren GmbH



43 Dipl.-Ing. U. Weiß, Audi AG

has recorded impressive success with different engine versions in various car models. Since the start of production of the Cayenne in 2002 and the Panamera in 2009 the company has given much greater attention to V-engines.

On the basis of this modular V-engine matrix, two new engine variants with bi-turbocharging and a displacement of 3.0 l and 3.6 l have been developed for the Macan. The 3.0-l engine in the Macan S has a power output of 250 kW at a maximum torque of 460 Nm. The 3.6-l engine in the Macan Turbo has an output of 294 kW and reaches a torque of 550 Nm. In the development of these engines, emphasis was placed on performance, emotional appeal and efficiency in the compact sport utility vehicle segment. Accordingly, these engines play a crucial role in achieving the best-in-class performance Porsche intended for the Macan.

The lecturer explained the design principle of the V6 engine with variable valve drive, direct fuel injection and bi-turbocharging as well as the measures aimed at improving charge motion in order to optimize the combustion process with due regard for efficient gas exchange. He also described the integration of the engine into a new platform; in this process, a perceptible emotional appeal and high performance were the declared goals.

ENERGY STORAGE/ELECTRIFICATION

K. F. Stracke (lecturer), 49, **Dipl.-Ing. W. Kriegler**, Magna Steyr AG & Co KG, Graz: “New Energy Storage Technologies – The Key to the Breakthrough of Alternative Propulsion Systems”:

Against the background of the ever more stringent global CO₂ emission legislation, innovative, alternative vehicle concepts and alternative propulsion systems have to be devised and analysed for their economic and ecological impact. It can be assumed that an ever greater diversification of propulsion systems will occur. Alongside natural gas which very much depends on the existing infrastructure and local availability, in the medium term, hybrid drive systems (PHEV) will play a dominant role. Pure electric vehicles will establish themselves in niche markets and in the long run electric vehicles will be complemented by fuel cell technologies, thus making electric vehicles capable of driving long distances with zero emissions.

An essential prerequisite for the success of alternative drive systems is the availability of efficient and cost effective energy storage systems. This applies in particular to three types of storage systems – batteries, CNE and hydrogen high pressure storage tanks which will increasingly be used in the future. The lecturer gave an overview of the current developments at Magna Steyr and innovations and presented an outlook on expected improvements and further innovations. Additional product improve-

ments with regard to functionality, weight and costs will be necessary. Hence manufacturing processes will have to be optimized. The focus will be on reducing complexity and efficient cost management. Summarizing, the lecturer pointed out that energy storage technologies can be regarded as the key to the breakthrough of alternative drive systems, as these have a great influence on customer acceptance and market success.

The company has established itself as a full service supplier with comprehensive experience in the field of energy storage systems for future powertrains and intends to act as a strategic partner for the production of storage systems, the production of such systems as well as the integration into vehicles with alternative powertrains.

Dr.-Ing. S. Kampmann (lecturer), 46, **Dr.-Ing. P. Barth**, **Dr.-Ing. R. Busch**, **Dr.-Ing. T. Raatz**, **Dipl.-Ing. H. Rösch**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: “Two-Wheeler as a Future Growth Market – Innovative System and Component Solutions for Electronic Engine Management in Motorcycles”:

Motorcycles equipped with internal combustion engines are set to remain an essential element of individual mobility in the future, especially in the emerging markets of Asia and South America. According to internal studies carried out by Bosch, the overall global market for motorcycles will have grown to around 100 million vehicles by 2020. Just like the market for passenger cars fitted with



44 Dipl.-Ing. B. Hemminger, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG



45 K. F. Stracke, Magna Steyr AG & Co KG



46 Dr.-Ing. S. Kampmann, Robert Bosch GmbH



47 Dr. D. Schöppe, Continental Automotive GmbH

internal combustion engines, the future of engine management systems in the motorcycle market rests on factors such as future trends of emissions legislation and customer demand for lower fuel consumption, increased comfort and improved performance.

The lecturer provided estimates of the potential development of the motorcycle market. Using the current legal limits and future customer requirements as a basis, the lecturer examined the opportunities offered by electronic engine management systems as compared to conventional carburettor technology. However, Bosch believes that in the marketplace, advantage can be taken of these opportunities if a cost-effective overall system for electronic engine management is available, for which the higher price than that of a conventional carburettor system appears justified.

The conflict of goals between creating a product that meets motorcycle-specific requirements on the one hand and staying within the tight cost constraints on the other, can, in part, be counteracted through the use of components specifically designed for motorcycle applications. The lecturer also illustrated innovative system approaches which, by analyzing the functional structure, create modified component sets and generate software control algorithms. Furthermore, electronic engine management systems are capable of providing added-value functions that Bosch believes will generate further interest in the existing markets and among future consumer groups.

The lecturer also drew attention to the challenges involved in developing new motorcycle components by quoting the injection system and the control unit as examples. A comparison with solutions conceived for passenger car components demonstrates that the hub of innovation is centred on cost and functions. Conducting development activities in close proximity to the marketplace is a further success factor that the company consistently applies, thus furthering the innovation process.

The lecturer closed his presentation by analyzing to what extent these approaches can be transferred to other areas as well and gave a brief survey of the entire Bosch product range for the motorcycle market.

Dr. D. Schöppe (lecturer), 47, **Dipl.-Ing. T. Knorr, Dipl.-Ing. F. Graf, Dipl.-Ing. B. Klingseis, Dipl.-Phys. J. Beer**, Continental Automotive GmbH, Regensburg; **Prof. Dr.-Ing. P. Gutzmer, Dipl.-Ing (FH) S. Hager**, Schaeffler AG, Herzogenaurach; **Dr. A. Schatz**, Emitec GmbH, Lohmar: “Downsized Gasoline Engine and 48 V Eco Drive – An Integrated Approach to Improve the Overall Propulsion System Efficiency”:

Downsized gasoline engines and 48 V electrification are recognized, important efficiency measures in order to reach the defined CO₂ emission targets from 2020 onwards.

With the Continental system architecture selected for the project described here, the results obtained for a C-size vehicle, are aligned with the Euro 6c

emission requirements as well as fuel efficiency objectives set for 2020.

A cost-efficient system approach has been selected, which aims at optimizing the gasoline engine and the power transmission while, at the same time, integrating a 48 V hybrid system. A holistic approach going beyond a simple addition of individual solutions is required in order to create a cost-efficient overall system. The gasoline engine can be made far more efficient in combination with a highly dynamic E-machine.

In addition to a dual mass flywheel with a pendulum absorber, an electrified clutch system has been integrated for power transmission. This ensures comfortable driving even at lower RPMs and the complete 48 V Eco Drive strategy including the “coasting” function can be implemented in a cost-efficient manner in combination with a manual transmission.

Furthermore, a catalytic converter that can be heated electrically uses the surplus recuperated energy for minimizing the need for engine measures for heating catalytic converters. The initially simulated results for increasing efficiency were verified step-by-step in a real-life demonstration vehicle.

POWERTRAIN

Dr. R. Fischer (lecturer), 48, **Dr. K. Küpper, Dr. P. Schöggel**, AVL List GmbH, Graz: “Powertrain Optimization through Vehicle Connectivity”:

The challenging fuel economy regulations together with more stringent emission legislation can only be met by optimizing the entire powertrain, including optimal coupling with the entire vehicle. Customers expect not only manufacturers’ compliance with legal requirements, but also good driveability. AVL-Drive is used for evaluating driveability along the entire development process. It calculates objective ratings for a multitude of customer relevant driveability criteria related to subjective perceptions (feel, hear).

The interconnection of vehicles with the environment is increasing rapidly. Almost every car manufacturer is investigating autonomous or partially autonomous driving.

For 2020, a near-zero fatality target has been set. Autonomous driving systems capture the surroundings of the vehicle by means of optical or radar sen-

sors and control driving via these sensors. In this process, it is important to convey a pleasant and safe feeling to the vehicle occupants. In addition to “feel” and “hear”, yet another driveability aspect has to be considered: “see”. To support developments, an enhanced version of the AVL-Drive is available, which translates the subjective feelings of the driver caused by visual impressions into objective parameters.

Vehicle connectivity and (partially) autonomous driving make available a multitude of sensor signals and information, which, if used intelligently, can serve the further optimization of the powertrain. Such a “Connected Powertrain” gives the driver the ultimate control over the vehicle, while allowing additional improvements of targeted values for fuel economy, emissions, cost, and driveability.

The next step of optimization, the (partially) autonomous powertrain, is already within reach. Today highly advanced adaptive cruise control automatically regulates the vehicle’s longitudinal dynamics. In addition to cruising at constant speeds, this includes acceleration and deceleration, all the way to vehicle standstill (assist in case of traffic jams). Optimizing such systems with the focus on driveability does not necessarily lead to the best fuel economy in real-world driving. An optimization of fuel economy and emissions has to include not only the driveability criteria “feel” and “hear” but also “see”. Only by means of a perfectly objective assess-

ment of driveability can an overall optimum be determined in an efficient way.

Dr.-Ing. S. Knirsch, Dipl.-Ing. M. Schöffmann (lecturer), ⁴⁹, **Dipl.-Ing. H. Fleischmann, Dipl.-Ing. A. Deimel, Dipl.-Ing. S. Schumm, Ing. W. Aldrian**, Audi AG, Ingolstadt: “Audi S tronic – Next Generation”:

Within the market launch of the new S tronic, Audi AG presents the next-generation dual-clutch transmission, thus continuing its series of sporty, innovative and efficient transmission concepts. As the first transmission type of the new S tronic platform, the transmission which is designated as DL382-7F is destined for use in vehicles featuring the modular longitudinal matrix (MLB). The seven-speed transmission is conceived for a maximum torque of 400 Nm and an engine output of up to 200 kW.

The reduction of fuel consumption was a top priority in the development of the new S tronic. All sub-assemblies underwent extensive simulation and optimization in order to reduce friction losses and drag torque to a minimum. In terms of efficiency and fuel consumption, the transmission sets new benchmarks and contributes to tapping further potential for the reduction of CO₂ emissions from the vehicle as a whole. In order to meet the diverse demands made upon engines and vehicles to the best possible extent, the development of the S tronic platform included work on the entire drive train. The high degree of efficiency of the transmission results mainly from the use of the most inno-

vative technologies for the dual clutch, hydraulic control and gear-set lubrication.

Another decisive factor is a layout optimized for the engine characteristics, combined with a decoupling of torsional vibration, which permits an even greater reduction of rotational speed.

Alongside its efficiency, the new transmission also stands out primarily because of its extremely dynamic shifting characteristics with very short shift times. For the customer, this means a sporty and comfortable driving experience coupled with very low fuel consumption.

The first application of the DL382-7F is in the new, highly fuel-efficient “ultra” model of the Audi A6.

Dr. U. Keller (lecturer), ⁵⁰, **Dipl.-Ing. F. Nietfeld, Dipl.-Ing. M. Mürwald, Dr. A. Docter**, Daimler AG, Sindelfingen: “Plug-In Hybrid by Mercedes-Benz – The Powertrain of the S500 Plug-In Hybrid”:

The modular Mercedes-Benz hybrid system combines the hybrid transmission of the second generation as a parallel hybrid with the gasoline and diesel engines in the Mercedes-Benz engine portfolio. Previous experience gained in the series development of full-hybrid systems with the 7G-Tronic Plus automatic transmission and the associated higher fuel economy has revealed that, although batteries with higher energy content permit an enhanced electric driving experience, they do not create any additional benefit in terms of fuel consumption. The capability of regenerative braking determines the optimum design for the performance and energy capacity of the traction battery. Recharging by means of a combustion engine cannot compensate for the extra weight of the vehicle when the battery is oversized.

In the S500 plug-in hybrid, Mercedes-Benz has, for this reason, combined a battery with high energy content and the capability to recharge the energy reservoir via an external power supply.

This brings together the advantages of zero emission electric driving and the tremendous consumption benefits of the parallel hybrid in perfect unison – with resulting unrivalled ride comfort and driving dynamics.

The lecturer emphasized the unique characteristics of this efficient and dynamic hybrid drive. He illustrated its structures and functions, their integra-



⁴⁸ Dr. R. Fischer, AVL List GmbH



⁴⁹ Dipl.-Ing. M. Schöffmann, Audi AG



50 Dr. U. Keller, Daimler AG

tion into the vehicle as well as the modular design of the drive and the high-voltage components as well as their modular structure. Then he described the modular structure, programmes, the operation modes and the route-based operating strategy, which uses navigation data as an enabler for predictive energy management. Concluding, he explained which measures and what operational strategy resulted in improved fuel economy.

ENGINE COMPONENTS

Dipl.-Ing. T. Lengenfelder, M.Sc. (lecturer), 51, **Dr. C. Barba, Dipl.-Ing. J. Gerhardt, Dr. R. Maier, Dipl.-Ing. (FH) L. Schmid, Dipl.-Ing. (FH) M. Stengele**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: “Designing the Future – Efficient Bosch Fuel Injection Systems for Commercial Vehicles”:

In the future, diesel engines will continue to represent the predominant drive system for commercial on-highway and off-highway applications.

Over the past few years, development efforts in engine technology were mainly concentrated on complying with the ever more stringent emission limits around the world. Significant improvements in NO_x and PM emissions in the range of 95 % were achieved on the basis of comprehensive system solutions comprising optimized combustion processes, exhaust-gas after-treatment concepts, and efficient air and injection systems. Common-rail and exhaust-gas after-treatment systems made by the company have

made a significant contribution to this progress. The tightened CO₂ emission legislation expected for the future presents another challenge for development engineers eager to create intelligent and cost-effective overall system solutions.

The lecturer illustrated efficient overall system solutions that allow on-highway and off-highway applications to comply with Euro VI and US Tier 4 final. The common-rail portfolio for on-highway and off-highway applications was enlarged by a new generation featuring an injection pressure of 2500 bar. This new injection system combines high injection pressures with high hydraulic efficiency thus contributing to the reduction of CO₂ emissions. In addition to the key components of the injection system, the lecturer also explained the exhaust-gas after-treatment concepts and the sensors required for this purpose.

In conclusion, the lecturer presented an extended overall system including waste-heat recovery and an electric hybrid; in his opinion these new technologies will play an essential role in complying with future CO₂ emission limits.

Dr. J. L. Beduneau, C. Cardon, G. Meissonnier, M. Uberti Bona, Dr.-Ing. P. Voigt, P. Bercher, Dr.-Ing. H. J. Schiffgens (lecturer), 52, Delphi Automotive Systems SA, Bascharage: “Delphi New Diesel Common Rail System Family”:

At present, car manufacturers around the world are facing significant challenges resulting from market requirements, as well as the need to comply with strict governmental emissions re-

gulations and to meet fuel economy standards while delivering the performance that consumers demand. Building on the successes already achieved and the extensive experience in the global market, Delphi continues to develop next-generation technologies to meet these demands, including a new family of injectors, high-pressure fuel pumps, engine control units (ECU) and rails for diesel engines used in passenger cars as well as for light- and medium-duty applications to better meet customer requirements.

The lecturer illustrated the approach adopted by the company for developing these FIE systems and outlined the innovative features of the system.

The new solenoid injector family is composed of three injectors based on a modular design.

All injectors of the new family have highly flexible connections, are very compact and can therefore easily be integrated into engines. Depending on customer requirements with regard to leakage, multiple injection and injection pressures, the most suitable injector can be chosen from a number of injectors based on a modular system.

The new pump family, also based on the same modular concept, is composed of a single or double-piston fuel-lubricated pump as well as an oil-lubricated unit pump featuring the largest possible number of common parts such as the cylinder head, so that direct integration into the engine crankcase is possible.

The ECU hardware and control strategy software roadmap has evolved as



51 Dipl.-Ing. T. Lengenfelder, M.Sc., Robert Bosch GmbH



52 Dr.-Ing. H. J. Schiffgens, Delphi Automotive

well, in order to support the new common rail system family, which is capable of running up to 2500 bar, across different market sectors.

The injection system of this new family of technologies will be launched this year starting with the DFI 1.20 injector on a completely new engine.

Dr.-Ing. S. Spangenberg (lecturer), , **Dr.-Ing. T. Hettich, Dipl.-Ing. M. Lazzara, Dipl.-Ing. K. Schreer**, Mahle GmbH, Stuttgart: “Pistons for Passenger Car Diesel Engines – Aluminium or Steel?”:

In view of future CO₂ emissions targets, it can be expected that the power density and the mean effective pressure, i.e., the thermal and mechanical load on the pistons of diesel engines, will have to be increased further.

On account of the high thermal conductivity of the material, aluminium pistons have the capability to meet the performance requirements. However, measures for optimizing piston cooling and reinforcing the critically stressed rim of the piston bowl are necessary. Initial results with locally fibre-reinforced pistons indicate that peak cylinder pressures above 200 bar will be possible.

At present, however, aluminium pistons must always have a greater compression height, which makes them taller and heavier than steel pistons. Savings in terms of overall height and thus total weight of the engine are therefore only possible with steel pistons. Furthermore, steel pistons have demonstrated a potential for fuel savings that results from advantages in thermodynamics and lower friction losses. Experience with commercial vehicle engines has shown that these pistons are very robust at high peak cylinder pressures. In view of these advantages and the knowledge that steel pistons have also proved their superiority in high-performance racing applications, they have attracted a great deal of interest. With steel pistons the challenge lies in the risk that the pistons will form an oxide layer on the bowl rim, which will decrease their strength, and that the cooling oil will deteriorate as a result of the high temperatures. Solutions must be devised to overcome this problem.

OTTO ENGINES 3

Dipl.-Ing. F. Eichler, Dr.-Ing. H. Midden-dorf, Dipl.-Ing. C. Helbing (lecturer), , **Dipl.-Ing. L. Hentschel, Dipl.-Ing.**



 Dr.-Ing. S. Spangenberg, Mahle GmbH



 Dipl.-Ing. C. Helbing, Volkswagen AG

J. Scherf, Dipl.-Ing. W. Wendt, Volkswagen AG, Wolfsburg: “The New 1.0-l Three-Cylinder TSI”:

In accordance with its brand’s engine strategy, Volkswagen is expanding its modular diesel engine system (MDB) by adding a new three-cylinder engine. The main development objectives were a significant weight reduction as compared to the predecessor engine in combination with the lowest possible fuel consumption and even higher performance.

The new engine which is capable of replacing four-cylinder engines at the lower end of specific power output has been designed for a power output of between 40 kW/l and 60 kW/l. Hence a weight-optimized crankcase made of gravity-die-cast aluminium is used for the first time. Owing to its compact design, the new engine can be applied to the company’s small vehicle platforms which are characterized by extremely low CO₂ emissions. The new three-cylinder engine complies with the Euro 6 emission standards and can, thanks to its modular design, be adapted so as to meet even stricter emission limits.

In addition to illustrating the technical features of the company’s engine development programme, the lecturer also explained in which vehicles and under what circumstances the new three-cylinder engine can be put to optimum use.

Dipl.-Ing. P. Signargout, Dipl.-Ing. C. Chapelle, Dr.-Ing. L. Passeron, Dipl.-Ing. D. Fourchon (lecturer), , **Dipl.-Ing. E. Fournier, Dipl.-Ing. P. Merckx, Dipl.-Ing. P. Souhaité** (lecturer), , PSA Peugeot Citroën, Paris: “The New Three-

Cylinder PSA Peugeot Citroën PureTech 1.2. e.THP – A Real Breakthrough in Terms of Fuel Consumption and Driveability”:

In order to fulfil PSA’s strong commitment to reduce the CO₂ emissions of its European fleet to 95 g/km by 2020, PSA has devised a new modular family of three-cylinder engines. This PureTech family, composed of 1.0-l and 1.2-l naturally aspirated PFI engines and 1.2-l turbocharged direct injection engines, covers the power range from 50 kW to 96 kW. It features the most advanced product and manufacturing technology and will be deployed worldwide.

The new PureTech 1.2-l turbocharged direct injection engine is the best illustration of the company’s downsizing strategy. With a maximum power output of 96 kW, peak torque of 230 Nm, high torque at low rpm and a mean fuel economy improvement of 18 % (21 % on a 308 vehicle) compared to the 1.6 NA Valvetronic engine, the new engine strikes a perfect balance between fuel economy and fun to drive.

It benefits from the PSA knowhow which Peugeot Citroën gained over eight years during which it produced its gasoline turbo-charged direct injection engines of the EP/Prince family which received seven Engine of the Year Awards.

In order to meet customers’ most exacting demands, significant improvements were made with respect to high-efficiency combustion, high specific torque and power design, weight reduction, lower friction losses and optimized noise and vibration characteristics.

Ing. F. Steinparzer (lecturer), ⁵⁷, **Prof. Dr. C. Schwarz, Dipl.-Ing. T. Brüner, Dipl.-Ing. W. Mattes**, BMW Group, Munich: “The New BMW Three- and Four-Cylinder Petrol Engines with TwinPower Turbo Technology”:

Alongside the consistent development of a sustainable electrification strategy, the intensive enhancement of conventional combustion engines is naturally also an indispensable factor for compliance with the future worldwide emission legislation as well as for any brand seeking to retain its competitiveness.

Whereas turbocharging and direct fuel injection have been part of the standard equipment in diesel engines for quite some time, these technologies succeeded in the area of gasoline engines only in the past few years. Thus the requirements and design criteria for diesel and gasoline engines in the meantime have converged to a great extent. In addition, the number of vehicle derivatives has increased dramatically, markets are becoming increasingly volatile with regard to the model mix, production networks must interact at a supra-regional level, and engines have to be deployed in a modular fashion in different drive system configurations.

As a highly promising response to this major task, BMW has introduced a completely new modular product and process design that encompasses all gasoline and diesel in-line engines.

This new engine family is currently being launched comprising a three-cylinder and four-cylinder gasoline engine as

well as a diesel engine in the new Mini. Later it will be extended by the six-cylinder gasoline and diesel versions and rolled out to the entire company’s vehicle portfolio.

Alongside the focal points of development relevant to architecture, such as a common basic concept design and engineering for both gasoline and diesel engines, the focus was on a further improvement of combustion processes, injection technology, heat management, and on the reduction of friction.

The lecturer explained the engineering concept, the design, as well as the functional properties of the three-cylinder and four-cylinder gasoline engines.

GAS ENGINES COMMERCIAL VEHICLES/NEW TEST METHODS

Dipl.-Ing. M. Benz (lecturer), ⁵⁸, **Dr.-Ing. K. Hoffmann, Dr.-Ing. M. Weirich, Dr.-Ing. H.-O. Herrmann**, Daimler AG, Stuttgart: “The New Euro VI Natural Gas Engine for Mercedes-Benz Medium-Duty Commercial Vehicles”:

As part of renewing the portfolio for Mercedes-Benz branded commercial vehicle engines, Daimler Trucks has introduced completely new, highly efficient diesel engines that comply with the Euro VI emissions standards for the heavy-duty and medium-duty model series. Especially for ecologically motivated customers and urban applications, natural gas engines offer a cost-effective alternative to their diesel counterparts due to their more favourable CO₂ balance

associated with the natural gas itself and the lower noise emissions generated by the engine. This is why Daimler Trucks has supplemented the OM93x model series to include a natural gas model, the M936NGT which also complies with the Euro VI emission standards. This engine has an inline, six-cylinder configuration that reaches the same performance as the single-stage turbocharged diesel mode with a maximum torque of 1200 Nm and a power output of 220 kW. With a view to realizing a robust exhaust gas after-treatment system, the operational concept that was chosen is based on a three-way catalytic converter in conjunction with stoichiometric combustion.

The actuator and sensor systems as well as the functions of the control unit were adapted accordingly to the gasoline-cycle engine requirements. The engine is designed for ‘natural gas only’ operation using compressed natural gas (CNG) and features externally cooled, high-pressure exhaust-gas recirculation. As is the case with the diesel engine, an asymmetric turbine geometry turbocharger is fitted which was further developed to meet the special requirements of the NGT engine. Combustion is based on the Miller cycle, whereby one part of the theoretically possible cylinder charge is intentionally omitted through altered inlet valve timing. Accordingly, for the same effective cylinder charge, a part of the compression is shifted to the charging system. As a result, the compressed air reaches lower temperatures at the end of compression than those recorded for conven-



⁵⁵ Dipl.-Ing. D. Fourchon, PSA Peugeot Citroën



⁵⁶ Dipl.-Ing. P. Souhaité, PSA Peugeot Citroën



⁵⁷ Ing. F. Steinparzer, BMW Group



58 Dipl.-Ing. M. Benz, Daimler AG

tional valve timing set-ups. The compressed air is intercooled in the charge air cooling system. To facilitate combustion in accordance with the Miller cycle, the charge motion in the cylinder was optimized for favourable performance characteristics with respect to knocking behaviour, EGR compatibility, and exhaust-gas temperatures. Attention was also paid to ensure a good mixture of fresh air with the CNG and re-circulated exhaust gas across all cylinders, which is why all relevant components were also optimized. The new engine will first be used in the next generation of Mercedes-Benz buses and in the Econic vehicle.

Dipl.-Ing. C. Martin (lecturer), 59, **Dr. J. Graf, Univ.-Prof. Dr. B. Geringer**, Vienna University of Technology; **Dipl.-Ing. R. Luef** (lecturer), 60, **Dr. P. Grabner, Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder**, Graz University of Technology; **Dr. P. Prenninger**, AVL List GmbH, Graz: “Development of New Test Methods to Describe Knock and Pre-Ignition Behaviour of Fuel and Oil in Highly Charged Gasoline Engines”:

The investigation of knocking, pre-ignition and/or self-ignition behaviour of the overall system (engine, fuel and lubricating oil) represents a vital step for optimizing future gasoline engines and their consumables. To this end, the creation of new, modified test methods appear indispensable and, if possible, new parameters will have to be defined for determining the irregular behaviour in a reproducible and realistic manner.

The knocking behaviour and pre-ignition tendency of selected alternative fuels were investigated at the Department for Powertrains and Automotive Technology of Vienna University of Technology, whereas the research done by the Department for Internal Combustion Engines and Thermodynamics at Graz University of Technology focused on the influence of lubricating oil on pre-ignition.

The findings of this research led to modified test methods based on the globally used CFR test engine and produced significant parameters for the pre-ignition tendency and knocking behaviour of future fuels in modern gasoline engines. The new methods were confirmed by validation on a single-cylinder research engine with state-of-the-art combustion as well as on a four-cylinder serial engine.

An experimental procedure was devised by means of a single-cylinder research engine that allows quantification and evaluation of pre-ignition caused by various lubricating oils and additives to engine oils. In addition, it was possible to draw conclusions about the triggering mechanisms. Tests on the full engine with fully formulated engine oils were carried out in order to evaluate the transferability of the procedure to real engine behaviour and to validate the results.

Dr.-Ing. P. Heuser, Dr.-Ing. J. Geiger, Dr.-Ing. S. Lauer, H. Sankhla, M.Sc., Dr. M. Müther (lecturer), 61, FEV GmbH, Aachen; **A. Dhongde, M.Sc., Dipl.-Ing.**



59 Dipl.-Ing. C. Martin, Vienna University of Technology

P. Simm, RWTH Aachen University: “Diesel-Based Natural Gas Engines for Commercial Applications”:

Owing to the ready availability of natural gas, its suitability for gasoline combustion processes and its favourable H/C ratio, natural gas-operated vehicles are becoming increasingly attractive also in the commercial vehicle sector. Alongside operating costs which are primarily influenced by fuel prices, statutory requirements as well as the currently inadequate infrastructure for natural gas constitute important factors governing the use and design of natural gas-driven engines. Complex challenges present themselves in the development of natural gas engines conceived as variants of the base diesel engine which is commonly used, particularly in the commercial vehicle sector. In the development of such engines, the primary goal is to use the largest possible number of common parts while optimizing fuel economy and cutting costs at the same time. Amongst other things, an adaptation and optimization of mixture formation and ignition, the application of a knock control system as well as an adjustment of the exhaust gas temperature and exhaust gas after-treatment play a crucial role. In view of the forthcoming emission standards to be applied in Europe and the United States, the lecturer gave a survey of the different concepts (i.e. EGR for fuel efficiency optimization over the entire operating range) and explained their advantages and disadvantages; he



60 Dipl.-Ing. R. Luef, Graz University of Technology

also illustrated the focal points in the company's development efforts through examples.

DIESEL ENGINES 2

Dipl.-Ing. F. Eichler, Dipl.-Ing. J. Kahrstedt (lecturer), , **Dr.-Ing. E. Pott, Dipl.-Ing. H. Beddies**, Volkswagen AG, Wolfsburg: "The New Three-Cylinder TDI Engine from Volkswagen – A Systematic Expansion of the Modular Diesel Engine System":

In accordance with its brand's engine strategy, Volkswagen is expanding its modular diesel engine system (MDB) by adding a new three-cylinder engine. The main development objectives were a significant weight reduction as compared to the predecessor engine in combination with the lowest possible fuel consumption and even higher performance.

The new engine which is capable of replacing four-cylinder engines at the lower end of specific power output has been designed for a power output of between 40 kW/l and 60 kW/l. Hence a weight-optimized crankcase made of gravity-die-cast aluminium is used for the first time. Owing to its compact design, the new engine can be applied to the company's small vehicle platforms which are characterized by extremely low CO₂ emissions. The new three-cylinder engine complies with the Euro 6 emission standards and can, thanks to its modular design, be adapted so as to meet even stricter emission limits.

In addition to illustrating the technical features of the company's engine development programme, the lecturer also explained in which vehicles and under what circumstances the new three-cylinder engine can be put to optimum use.

M. E. Siegrist (lecturer), , **R. J. Darr, S. W. Farrar, M. J. Wrobel, Dr. J. Li**, GM Powertrain NA, Pontiac/Milford, MI, USA; **Dr. J. Wartha**, GM Powertrain Europe, Torino; **Dr. H.-P. Frisse**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart; **S. Mössner**, Robert Bosch LLC, Farmington Hills, MI, USA: "Chevrolet Cruze Clean Diesel – General Motors First Diesel Engine Passenger Car in North America in over 25 Years":

The lecturer reported on the most recent trends in the North American market for diesel passenger cars and described the motives of General Motors for establishing its presence in this mar-



 Dr. M. Mütter, FEV GmbH



 Dipl.-Ing. J. Kahrstedt, Volkswagen AG

ket. He explained the existing challenges and market requirements as well as customer expectations with regard to diesel engines in North America. Furthermore, he compared the divergent statutory requirements and customer expectations in Europe and the United States.

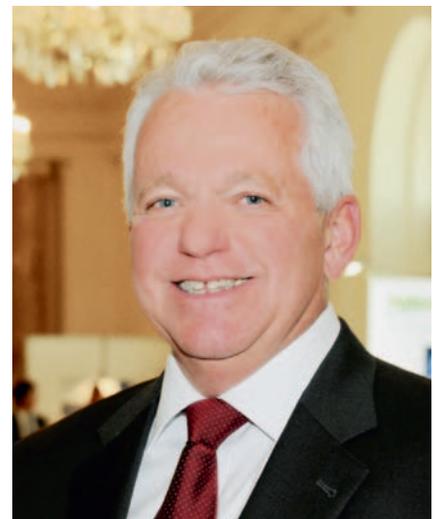
He subsequently focused on the technical integration of diesel engines developed for the European markets into existing US cars, illustrating the modifications to such engines that are necessary in order to comply with the stringent emission and OBDII regulations. He also discussed ongoing efforts to meet North American customers' expectations with regard to noise, comfort, the gear shifting quality of the automatic transmission, and driveability. In addition, he addressed vehicle modifications that were required in order to achieve benchmark values in terms of highway fuel economy.

The lecturer concluded with a summary of initial customer experience and press feedback and gave an outlook as to future trends in the North American diesel market.

Dipl.-Ing. T. Achenbach, Dr.-Ing. G. von Eisebeck (lecturer), , **Dipl.-Ing. T. Nickels, Dr.-Ing. U. Wiebicke**, MAN Truck & Bus AG, Munich: "Benefits and Requirements of the Hybridization of Euro VI Diesel Engines in Commercial Vehicles":

Over the past few years, electro-mobility has gained a firm hold in the field of powertrain technology. To date, electric

powertrains have been concentrated on passenger cars, but to a limited extent this technology has also been applied to commercial vehicles, and it is apparent that electro-mobility will gain further ground in the future. Whereas the application of e-mobility in passenger cars is mainly stimulated by the forthcoming CO₂ emission legislation, in the commercial vehicle sector, the most important factor is cost-effectiveness which, to a great extent, depends on fuel consumption. Although the internal combustion engine still has potential for further improvements, cost savings can be achieved only to a limited extent, whereas the use of recovered braking energy,



 M. E. Siegrist, GM Powertrain

especially in urban driving which involves a large number of vehicle starts and stops, results in very high fuel savings. The lecturer demonstrated the impact and potential of diesel engine hybridization, taking into account, especially, the Euro VI emission standards. He focused on the city bus sector where hybridization shows encouraging growth and thus ever deeper market penetration. The lecturer gave a detailed report on the integration of a diesel engine into a series-produced hybrid vehicle highlighting the adaptation of the mechanical design features, calibration and energy management as well as the options generated by an in-series hybrid system. Furthermore, he described the demands made upon the mechanical components, the impact on the exhaust gas aftertreatment system as well as the fuel savings that can be achieved. In addition to the application of hybrid systems in city buses, the lecturer also dealt with applications in long-haulage transport. Finally, he gave a brief outlook as to future technical development concepts aimed at further improvement in fuel economy.

EXHAUST GAS AFTERTREATMENT

Dipl.-Ing. B. Kern (lecturer), , Umicore Autocat Luxembourg SA, Bascharage; **Dr. S. Spiess, Dipl.-Ing. J.-M. Richter**, Umicore AG & Co. KG, Hanau: “The Next Generation of Exhaust Gas Aftertreatment for Gasoline DI Engines, an Appropriate Measure for Meeting the Challenge of Euro 6c Legislation?”:

With a view to meeting customer demands for individual mobility with the

lowest possible CO₂ emissions, the automotive industry has designed and been launching highly efficient direct-injection gasoline engines on an ever wider scale. With this type of engine it is possible, on the one hand, to approach this target as closely as possible, but on the other hand, these engines tend to emit fine and ultrafine particulates. A growing number of scientific reports have shown the negative impact of particulates on the climate and on health. With a view to meeting these challenges, the European Union passed the Euro 6c legislation for direct-injection gasoline engines providing not only for restrictions on particulate mass but, for the first time, also stipulating limit values for particulate numbers. Moreover, extended testing methods and procedures are being investigated, through which the defined limit values can be met not only during traditional emission test cycles but also under real-world driving conditions. By introducing coated particulate filters, the new standards regarding particulate mass and particulate numbers can not only be safely met, but in the long term these values can be kept significantly below the defined limits. This holds true not only for traditional test cycles, but also for highly dynamic and transient testing conditions.

In the development of coated gasoline particulate filters (GPF), high priority was given to minimum exhaust gas counter pressure in order to minimize the negative effects on maximum power output.

The lecturer pointed out that with the currently available options no negative

impact on fuel consumption was observed under customer-relevant real-world driving conditions. In addition, he stressed that the Euro 6c emission limits were met over the entire legally stipulated driving distance.

T. Fukuma (lecturer), , **N. Oikawa, M. Takeda, S. Nakayama, K. Yoshida, Y. Nozaki**, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: “Toyota’s Development Strategy for Diesel Passenger Car After-Treatment Technology”:

The survival of the diesel passenger car market will depend on the availability of efficient and low-cost DeNO_x systems. As exhaust gas temperature drops as a function of CO₂ reduction, and the activity of the catalyst declines, a technical solution is required for the low temperature range. Close-coupled catalysts and external catalyst heating are well-known principles for improving catalytic reactions. In order to minimize additional fuel consumption in the exhaust-gas after-treatment system, new strategies were investigated by means of a test vehicle equipped with a laboratory exhaust fuel burner, an electrically heated catalyst, and SCR on DPF. For small diesel passenger cars, such as the Toyota Yaris, SCR cannot be easily applied due to packaging conditions and the associated costs. The diesel NO_x exhaust-gas aftertreatment system with adsorbed intermediary reduction (DiAir) is a new technology boasting higher DeNO_x efficiency than conventional NSR catalysts also during DPF regeneration when the exhaust gas temperature is above the decomposition temperature of nitrates. Analyses of the reaction mechanism have demonstrated that NCO acts as an intermediate NO_x reductant. The reductants are generated by the NO_x adsorbed by the catalyst and hydrocarbons split by the catalyst after having been injected by separate hydrocarbon injectors (HCI) into the exhaust gas. Thanks to the further evolution of the storage and reduction system (S&R) and DiAir, the conversion rate of the system has been significantly improved. Depending on the predicted catalyst state, the controls for S&R and DiAir assure continuous reduction by switching from low to high temperatures.

In combination with a moderate decrease of NO_x raw emissions, the DiAir system can also be used in small vehicles and under 20 to 30 % higher engine



 Dr.-Ing. G. von Esebeck, MAN Truck & Bus AG



 Dipl.-Ing. B. Kern, Umicore Autocat Luxembourg SA



66 T. Fukuma, Toyota Motor Corporation



67 Dr. K. Harth, BASF Corporation

loads than conventional NSR systems while additional fuel consumption resulting from NO_x reduction is kept within acceptable limits. The benefit of HCl for efficient desulfation and lower oil dilution is manifest in real-world operation.

Dr. K. Harth (lecturer), **67**, **Dr. M. Caudle**, **Dr. Y. Li**, BASF Corporation, Iselin, NJ, USA; **Dipl.-Ing. A. Punke**, **Dr. M. Hilgendorff**, **Dr. G. Grubert**, **Dr. T. Neubauer**, BASF Catalysts Germany GmbH, Hannover: “Emission Control for Diesel Passenger Cars to Meet Euro 6c”:

Over recent decades, the tightening of emission regulations for vehicles has significantly increased the size and complexity of automotive catalyst systems. More recently, with the introduction of Euro 6 regulations, active NO_x emission control has become an additional necessity, with catalytic systems based on “Lean NO_x Traps” (LNT) or “Selective Catalytic Reduction” (SCR) catalysts using ammonia as a reducing agent. In either case, this NO_x reduction component adds significant volume and further complexity to the emission control system. In 2017, further requirements have to be considered due to the entry into force of the Euro 6c legislation. Under the Euro 6c legislation, Real Driving Emissions (RDE) will have to be taken into account. In addition, challenging, highly dynamic drive cycles will be introduced (WLTC = World Light Duty Transient Cycle). Therefore it will be indispensable to conceive a well performing, durable and cost-effective catalyst system. The lecturer focused on an

intelligent system solution consisting of an LNT and a CSF (Catalysed Soot Filter). He discussed the functionalities that need to be incorporated into the components LNT and CSF to ensure proper system performance. He illustrated how the low and the high temperature performance of the LNT was improved in order to comply with the new Euro 6c requirements and subsequently discussed steady-state and transient evaluation results. Furthermore, he also described the features and benefits such a cost-effective, LNT-based system offers so as to meet Euro 6c.

PLENARY CLOSING SESSION: VIEW TO THE FUTURE

The plenary closing session of this year’s Vienna Motor Symposium which took place on May 8th and 9th in the Vienna Hofburg started on a personal note. Prof. Ferdinand Piëch congratulated the

organizer of the Symposium, Prof. Hans Peter Lenz, the Chairman of the Austrian Association of Automotive Engineers, on the occasion of his 80th birthday, **69**. Prof. Piëch paid tribute to Prof. Lenz’s long-standing commitment to automotive engineering by saying that “It has always been vital for us in the automotive industry that your research has never been an end in itself. You have always seen research in close interaction with society and industry”.

The following speakers in the final plenary session, **70**, reviewed the future of mobility which met with keen interest on the part of distinguished guests, **71**, **72**, and the audience as a whole.

Dr.-Ing. Heinz-Jakob Neußer, **73**, Member of the Board of Management Volkswagen Brand, Head of the Group Powertrain Development Volkswagen AG, Wolfsburg: “Performance and Efficiency: Future Drivetrain Technologies in the Volkswagen Group”:

Over the past two decades, the Volkswagen Group introduced innovations into its series production with its TDI, TSI and DSG technologies that have had a major impact on progress in driveline technology. With a view to increasing further the efficiency of its vehicles against the backdrop of ever more ambitious CO₂ and exhaust gas emission targets, the company is carrying forward developments in all relevant fields. This encompasses highly efficient TDI and TSI engines, as well as drives for alternative fuels, plug-in hybrids and purely electric vehicles.

The company’s new three-cylinder engines reflect the consistent pursuit of its efficiency strategy focused on further downsizing and an increase in specific power. In the competitive environment,

68 Four Motor Experts, from left to right: Prof. Dr. R. Pischinger, Dr. M. Pischinger, Prof. Dr. S. Pischinger, Prof. Dr. F. Pischinger





69 Prof. Piëch congratulates Prof. Lenz

these engines are best in class with regard to fuel consumption, performance and weight.

Volkswagen will continue to inspire its customers with efficient, high-performance engines in the future. The new Passat will feature a newly developed 2.0-l TDI bi-turbo with an output of 176 kW and a torque of 500 Nm. With the Golf R400 technical study on display in Beijing, the company is exploring even further the potential of the 2.0-l TSI. The ten-speed DSG technology showcase can be combined with high-performance drives in the modular transverse matrix (MQB) and will further heighten both efficiency and driving enjoyment.

Natural gas (CNG) drives are an interesting alternative on account of their low CO₂ and pollutant emissions, as well as their low operating costs. The company has been offering CNG vehicles for more than ten years and will expand its range even further. The latest addition to the family of CNG engines is the 1.4-l TGI, which is used in the Golf and Audi A3. A CNG variant for the compact segment is currently being developed on the basis of the new 1.0-l I3 TSI.

The company has successfully launched itself into the age of e-mobility. The XL1 standard-bearer marked the beginning, which was followed by the e-up!. With the launch of the e-Golf and the Golf GTE, further attractive models will soon be available on the market. Hence, the company has an extensive line-up of vehicles that not only meet a wide range of customer demands, but are also characterized by extremely efficient driving at zero-local-emissions and by impressive driving pleasure.

In the future, the company will continue to offer the best solutions for every market and every customer. The mobility ensured by Volkswagen will be affordable for wide segments of the population. At the same time, this mobility will be innovative, ecological and sustainable.

Dr.-Ing. Harald Ludanek (lecturer), Executive Vice President, Research and Development, **J. Hofstedt, P. Lange, Dr.-Ing. M. Mack Aldener**, Scania CV AB, Södertälje: "Concepts for Future Power Train in Heavy Duty Applications – Potentials for CO₂ Reduction with Technical Solutions and Optimized Operations":

Reducing fuel consumption and hence CO₂ emissions has always been a focus in heavy truck and in bus development. In the future, top priority will be given to this goal in the development of heavy vehicle powertrains since at present, on

average, fuel consumption accounts for some 35 % of the logistics costs in long distance haulage operations. Transporters need to optimize operating costs in order to remain competitive. Fuel consumption and reliability are therefore the principal purchasing criteria for most of the typical transport applications.

In recent years, engine technology has made considerable progress with regard to thermal and mechanical efficiency. Internal combustion engines will remain the basis for the majority of heavy commercial vehicle powertrains in the future. Further optimizing measures, including a more efficient use of exhaust gas heat, can be expected to boost the thermal efficiency (BTE) of future conventional diesel engines to a level of 55 % by means of waste heat recovery (WHR).

Further CO₂ reductions can be achieved only with a holistic approach to the entire system comprising drivetrains, truck specifications and modes of operation. Sustainable, environmentally acceptable and efficient logistics must take into account improvements in all fields. All components and activities must be matched in order to bring down CO₂ emissions further. These include, for example, driver training, maintenance in line with operating modes, easy servicing, as well as vehicles and engines optimized for the respective transport tasks.

Future assistance systems and the large-scale use of vehicles interconnected to each other and to transport manage-



70 Closing plenary session, from left to right: Prof. Lenz, Prof. Piëch, Dr. Neußer, Dr. Ludanek, Dr. Diess

ment centres will result in smoother operations. Extensive energy management will need to be optimized with regard to individual components in the powertrain and the entire vehicle, as well as in the individual phases of transport operations. Recovering exhaust heat constitutes a development challenge that will produce excellent results in long-haulage operations.

Alternative fuels such as CNG, LNG, ethanol, biodiesel, as well as hybridisation and electrification of powertrains will make valuable contributions, provided that they match the operational profile and the existing infrastructure.

Increasing diversification and industry-specific solutions to match transport tasks can be attained only through a clever system of modular components. Scania's modular component system is continuously being extended to cater to these needs and to provide suitable vehicle concepts for specific market demands.

Dr.-Ing. Herbert Diess,  Member of the Board of Management, Development, BMW AG, Munich: "BMW i3 and BMW i8. Contemporary Drivetrains for a New Sheer Driving Pleasure":

Vehicle concepts and materials that make optimum use of electrification options lead to a new dimension of driving pleasure.

Once again, BMW has been able to stand out against its competitors through its vehicle architectures and drive trains that offer a sophisticated combination of combustion engines and electric motors. In addition, the company has delivered on its brand promise.

As there is great demand for electric mobility in many countries and since it is a reasonable economic approach primarily in urban areas, favoured by the political climate, electric mobility will quickly take hold in many cities.

An additional contribution comes from electromobility in that it promotes the energy revolution – the transition from fossil fuels toward renewable energy generation.

Customers and societies want electric mobility – the company offers the solutions that are perfectly in keeping with its brand profile.

At the end of the day this means that our philosophy is confirmed by global developments which is why we will consistently follow the path we have set out for ourselves.



 Distinguished guests at the closing plenary session, from left to right: Prof. Lenz, Mrs. Piëch, Prof. Piëch, Dr. Neußer, Dr. Demmelbauer

POSTER PRESENTATIONS

Dipl.-Ing. K. Schrewe, Dipl.-Ing. S. Steigert, Dipl.-Chem. M. Himmen, HJS Emission Technology, Menden: "High Efficiency Partial Flow Filters as Part of Stage V Particulate-Number-Driven Emission Reduction Strategies for NRMM Engines":

Partial flow filters are already commercially available in the market for some Euro IV commercial vehicle applications as well as in larger quantities as a retrofit solution for diesel cars. A stage IV non-road application on an engine with mechanical fuel injection has shown that with an appropriately optimized partial flow sintered metal filter (pSMF) significantly higher PM reduction rates

can be attained than with the aforementioned applications with maintenance-free particulate reduction systems.

After a short introduction to the basics of partial flow particulate filters the lecturer described the options for achieving a significantly better reduction of particulate numbers. With a PN reduction of about 75 to 85 % in the course of this development, it seems feasible to reach the particulate number limit expected for non-road stage V standards thanks to advanced partial flow sintered metal filters. The lecturer demonstrated the performance of such filters on the basis of stationary measurements on a diesel engine as well as measurements on a roller dynamometer using a Euro V gasoline DI engine.



 Distinguished guests, from left to right: Mrs. Neußer, Prof. Wolf, Dr. Mitterbauer, Prof. Winterkorn, Mrs. Piëch, Mrs. Lenz, Prof. F. Pischinger

Dr. H. Schäfer, hofer eds GmbH, Würzburg: “Magnet-Less Electrical Machines are Characterized by a High Material Availability and therefore Predestined for a Broad Application in Hybrid and Electric Cars”:

Hybrid cars with electric units integrated into transmissions which were introduced in the course of the past few years were mainly based on magnet excited synchronous machines, because their size is relatively smaller than that of other kinds of electric machines. With electrical axle drives, this machine variant also predominates with only a few exceptions e.g. the Tesla electric car (high power induction machine) or the Renault electric car (separately excited synchronous machine).

On account of the limited global availability of rare earth magnets, especially dysprosium, the costs of this material are very high. This is why OEMs and automotive suppliers are currently pushing so-called “magnetless” electric machines. In addition to the ready availability of material, this kind of electric machine offers additional advantages for application in vehicles:

- : No breaking torque on the machine shaft in case of failure of the power electronics
- : No dragging torque e.g. if the machine is running in the idle mode
- : Low temperature sensitivity.

Furthermore, magnet-less machines, like induction and synchronous reluctance machines, are predestined for high speed applications as, in combination with a reduction gear, these reach higher power densities (lower need for active material, e.g. copper). Furthermore, the efficiency during real-life driving cycles is comparable with that of permanently excited magnet synchronous machines.

Therefore, magnet-less electric machines represent a highly competitive solution for future developments, especially for hybrid cars (plug-in hybrid, range extender) with an electrical drive on the rear- or front axle.

Dipl.-Ing. L. Saussol, Dr. G. Bernard, Dipl.-Ing. V. Thomas, Siemens PLM Software, LMS 1D Division, Lyon; **Dipl.-Ing. G. Goumy, Dr. P. Chessé**, École Centrale de Nantes; **Dipl.-Ing. O. Marchand**, CRMT, Dardilly: “System Simulation of Natural Gas Lean Combustion to Predict Pollutant Emissions of Heavy-Duty Truck Engine”:

The lecturer reported on a project in which a mechatronic system simulation was applied to a heavy-duty truck with a spark ignition natural gas (NG) engine operating with lean fuel mixtures. This natural gas technology offers a clear benefit in terms of fuel consumption and results in a drastic decrease of engine-out emissions as was shown by means of system simulations. Instead of exhaust gas aftertreatment, emissions are reduced during combustion. However, the standard pollutant models were not able to reproduce the carbon monoxide and nitrogen quantities measured on the test bench because of their low order of magnitude. Therefore specific models were devised to predict the kinetic mechanisms of the pollutants, such as NO_x and CO₂ which allowed more accurate calculations. The kinetic mechanisms are modelled in order to predict the main pollutant emissions such as NO_x and CO₂. A comparison of the simulation of combustion and test bench results showed a significant improvement across the entire engine map. Finally, the combustion model was integrated into a complete multi-cylinder engine model, including a turbocharged air path system with the objective of adapting the original boosting system design to lean operation.

Dipl.-Ing. R. Marzy, Dipl.-Ing. (FH) M. Hofer, Dr. V. Kordesch, Magna Powertrain Engineering Center Steyr, St. Valentin: “CO₂ Reduction Using Functional Integration of Engine Components Applied to a Three-Cylinder Engine”:

With a view to attaining the ambitious fleet emission values of 95 g CO₂/km in 2020, the vehicle industry is working on possible solutions, such as on-demand regulation of drivetrains (electrification), on a reduction of vehicle resistance, as well as on an optimization of new vehicle architectures. A vital factor to achieve these ambitious goals is the reduction of weight and friction. In the field of engine components, this can be achieved by the integration of components with similar functions, e.g. integrating oil and vacuum pumps into mass balancing systems, for example.

In conventional engine architectures, it was common practice to arrange three different components in different positions in the engine architecture:

Especially with highly supercharged three-cylinder turbo engines with direct

injection, one option is to use an integral modular design with the following components:



73 Dr.-Ing. H.-J. Neußer, Volkswagen AG



74 Dr.-Ing. H. Ludanek, Scania CV AB



75 Dr.-Ing. H. Diess, BMW AG

Engine components

- : Balancing shaft
- : Oil pump
- : Vacuum pump

Drive type for split configurations

- : Gear drive from the crankshaft
- : Chain drive, in the oil sump
- : Directly connected to the camshaft

Modular configuration

- : Gear, belt, or chain.

This modular design approach offers some significant advantages as compared to the traditional split configuration:

- : Omission of at least one drive system, e.g. oil pump chain drive
- : Omission of several different interfaces with the engine: Connection of the chain drive to the crankshaft, tensioning and guide rails, etc. No need for an oil supply to the chain tensioner
- : Shifting of the vacuum pump to the oil sump offers extra space, e.g. for the electric camshaft adjuster
- : Significant simplification of assembly on the engine assembly line. Thanks to the supply of one module, only a single assembly station is required for performing three functions
- : Weight savings as a result of the utilization of a common module housing structure
- : Reduction of oil consumption thanks to the use of needle bearings for the balancing shaft and a conventional tensioning pulley for the belt drive.

A holistic assessment of the modular design shows that as a result of fewer drive systems, costs can be cut and weight savings can be achieved which contribute significantly to lowering CO₂ emissions.

Dipl.-Ing. K. Hadl, Dr. E. Schutting, Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder, Graz University of Technology; **Dr. A. Beichtbuchner, Dipl.-Ing. L. Bürgler,** AVL List GmbH, Graz; **Dipl.-Ing. A. Danning,** ViF, Graz: "LNT Based Diesel Aftertreatment Concepts Fulfilling Future Emission Legislation":

In order to ensure the compliance of diesel vehicles with the Euro 6 b Directive (effective from September 2014 onwards), a combination of a NO_x storage catalyst (NSC) and a diesel particulate filter (DPF) represents a widespread solu-

tion. Forthcoming European legislation aims at a massive extension of the operating range in which the future emission standards must be met. As the new legislation provides for a reduction of real-driving-emissions (RDE), emission limits will not exclusively have to be met in defined driving cycles on vehicle test benches but also in real-world driving under most diverse operating conditions. However, the occasionally high dynamic loads in real-world driving require high conversion rates (especially of NO_x), including areas where NO_x conversion is insufficient with current NSC technologies commonly used in series-produced vehicles.

In addition to improvements in catalyst technology, conceptual approaches are needed in order to enlarge operating ranges. The lecturer demonstrated that the extension of NSC/DPF systems with a passive SCR (pSCR) leads to a sharp increase in NO_x conversion rates even under dynamic and high load conditions.

Furthermore, an electrically heated NO_x storage catalyst (ENSC) was used to enhance the operating range under low loads. With this measure, the legal limits for pollutants can be massively reduced during regeneration. Moreover, significantly more regeneration opportunities arise with the use of an ENSC in low load operation.

Dipl.-Ing. R. Steffan, Prof. Dr. P. Hofmann, Vienna University of Technology: "The 12 V Electric System, Operating Strategies and Potentials for Ultra-Light Vehicles":

The vehicle concept CULT (Cars' Ultra Light Technology) sets new standards for the A-segment by defining a target weight of 600 kg and a fuel consumption corresponding to 49 g CO₂/km. In order to reach these targets, innovative approaches have to be adopted. The lecturer dealt with the hybrid strategies for the powertrain of the prototype which are based on the findings reported in a number of previous publications. These compare the benefits of a belt-starter-generator with a conventional alternator plus separate starter. The lecturer stressed that special attention should be given to the potential resulting from using a belt-starter-generator on the transmission instead of the conventional adaptation on the combustion engine side. In view of the vehicle weight target, complex electric on-board systems with two volt-

age levels were not an option. Instead, the potential and technologically feasible limits with a 12 V electric hybrid system were tested. On the basis of the ultra-light vehicle concept it was possible to implement hybrid features such as electric driving for low speeds. Summarizing, the lecturer stressed that simulations had shown that by adapting the starter-generator on the transmission side instead of integrating it into the ICE belt drive, a fuel reduction of 6 % can be achieved. Additional approaches which will further improve fuel economy can also be derived from these investigations.

CONFERENCE DOCUMENTATION

All lectures presented at the 35th International Vienna Motor Symposium are contained, in their in extenso versions, in the VDI progress reports, series 12, no. 777, volumes one and two (including a CD in English), together with additional brochures. These documents can be obtained from the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK).

INVITATION

The 36th International Vienna Motor Symposium will be held on May 7th and 8th, 2015 in the Congress Center Hofburg Vienna. We should like to invite you to the Symposium already now. We urgently recommend that you apply in good time once the programme has been published on the internet (about mid December 2014).

Proposals for lectures, including a brief abstract, may be submitted forthwith.

CONTACT

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

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

Elisabethstrasse 26/24
1010 Vienna
Tel: +43 1 585 27 41-0
Fax: +43 1 585 27 41-99
E-Mail: info@oevk.at
www.oevk.at

