37. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPOSIUM AM 28. UND 29. APRIL 2016

37TH INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM APRIL 28TH AND 29TH, 2016

Von/By
Hans Peter Lenz

MTZextra
MTZ Motortechnische Zeitschrift 77 (2016), Nr. 9 | Springer Vieweg | Wiesbaden | Germany

37. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPOSIUM

Zum 37. Internationalen Wiener Motorensymposium am 28. und 29. April 2016 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.

AUTOR

Univ.-Prof. Dr. techn. Hans Peter Lenz
ist Vorsitzender des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) in Wien (Österreich).

EINLEITUNG

BILD 1 Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz

Nach einer Begrüßungsfanfare des Orchesters der Technischen Universität Wien begrüßte *Prof. Lenz*, **BILD 1**, die Teilnehmer des ausgebuchten 37. Internationalen Wiener Motorensymposiums, **BILD 2**.

Alle Vorträge sind wieder in den VDI-Fortschritt-Berichten auf Deutsch und auf Englisch, einschließlich eines USB-Sticks, enthalten. Die Vorträge aus dem universitären Bereich wurden – soweit gewünscht – einem Peer-Review-Verfahren durch die Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik e.V. (WKM) unterzogen. Prof. Lenz wies auch auf das Suchsystem des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik hin, das die Möglichkeit bietet, mithilfe von Suchbegriffen die Vortragstitel, Autoren und Firmen der vorangegangenen Motorensymposien und auch sonst gehaltener Vorträge zu finden. Auf der neuen Webseite des Internationalen Wiener Motorensymposiums stehen alle Vorträge dieses und vergangener Symposien für die Teilnehmer ab sofort zum Download bereit.

Prof. Lenz führte einleitend aus: „Auf dieser Tagung werden wir eine Fülle großartiger Entwicklungen kennenlernen und Fortschritte, über die wir Jahr für Jahr nur staunen können und die wir vor einigen Jahren nicht für möglich gehalten haben: circa 10 % Verbrauchssenkung gegenüber dem Vorläufermotor bringen fast alle Motorenentwicklungen." Dabei sei klar: Ohne Elektrifizierung des Verbrennungsmotors gehe nach Prof. Lenz in Zukunft nichts mehr. Seiner Einschätzung nach werden die Nebenaggregate mehr und mehr elektrisch angetrieben, die Motoren weitgehend riemenlos. Das 48-V-Bordnetz werde als sinnvoll für eine relativ kostengünstige Mildhybridisierung bis circa 15 kW angesehen – dies neben dem bestehenden 12-V-Bordnetz. Die Basis des Antriebs aber bleibe noch für lange Zeit der Verbrennungsmotor, so Prof. Lenz. Unter „langer Zeit" seien circa 20 bis 25 Jahre zu verstehen, solange wie man überhaupt seriös prognostizieren könne.

Der Ottomotor mache zur Zeit besonders große Fortschritte und nähere sich im Wirkungsgrad dem Dieselmotor an. Da könne man, so Prof. Lenz, zu der verwegenen Frage kommen, ob man den Dieselmotor für Pkw überhaupt noch brauche. Wenn der Wirkungsgrad an den Dieselmotor herankomme, könne man dann auch nur mit Ottomotoren die CO_2-Limits erfüllen? Die Abgasreinigung mit einem λ=1-Konzept sei billiger als beim Dieselmotor. Wenn sich aber herausstellen sollte, dass Ottomotoren mit Direkteinspritzung Partikelfilter benötigen, sehe es wieder anders aus.

„Eine Alternative zu den heutigen Verbrennungsmotoren kann der Plug-in-Hybrid sein", so Prof. Lenz. Hier werde elektrisches Fahren ermöglicht, ohne auf Reichweite verzichten zu müssen, und auch ohne elektrische Aufladung sei Fahren möglich. Ob die Kunden allerdings ohne gesetzlichen Druck bereit seien, den Mehraufwand zu tragen, sei fraglich.

BILD 2 Eröffnung mit Fanfare

BILD 3 Plenar-Eröffnungssektion v. r. n. l.: G. Le Borgne, J. Fuerst, K. Washington Phd, Dr.-Ing. S. Knirsch, Prof. H. P. Lenz, Dr. T. Hametner

BILD 4 Festsaal

Auch bei den Getrieben erwarten die Experten Verbesserungen in der Größenordnung der Verbrennungsmotoren. Das stärke die Position des verbrennungsmotorischen Antriebsstrangs. Bei der Präsentation neuer Motoren falle auf, dass in diesem Jahr auch wieder Hochleistungsmotoren präsentiert werden.

„Wir lernen unter anderem zwei neue Zwölfzylindermotoren und einen neuen Sechzehnzylinder-Motor kennen," so Prof. Lenz.

„Eine Sektion ist der Brennstoffzelle gewidmet. Es ist klar, dass sie – wenn überhaupt – erst in vielen Jahren Serienchancen hat. Aber wir sollten sie schon heute besser kennen lernen."

Nach Prof. Lenz gebe es beim Thema Elektromobilität kaum interessante Beiträge, wohl aber immer neue Anforderungen an den Staat: 800-V-Systemarchitektur zum Laden, anstelle von 50-kW-Ladestationen 150 KW, statt Recycling von Altbatterien deren Verwendung als Heimspeicher und schließlich direkte Kaufförderung.

BILD 6 Dr. W. Böhme

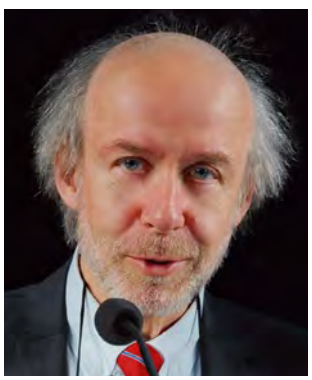

BILD 7 Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur

BILD 8 Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder

BILD 9 Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder

BILD 10 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer

BILD 11 Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann

BILD 5 Zeremoniensaal

„Pkw-Gasmotoren stellen dagegen eine interessante Möglichkeit dar, sind leider aber so wenig verkäuflich wie E-Mobile. Offenbar fürchten die Kunden das Gas“, so abschließend Prof. Lenz.

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

Die Begleitpersonen erlebten ein kulturell anspruchsvolles Rahmenprogramm

BILD 12 Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg

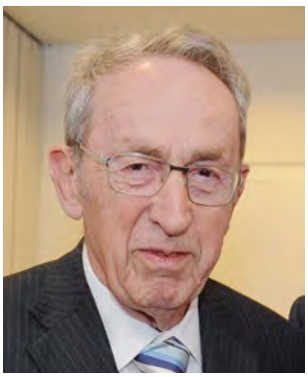

BILD 13 Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz

BILD 14 Dipl.-Ing. S. Auer

BILD 15 Dr. T. Hametner

BILD 16 Dipl.-Ing. J. Spreitzer

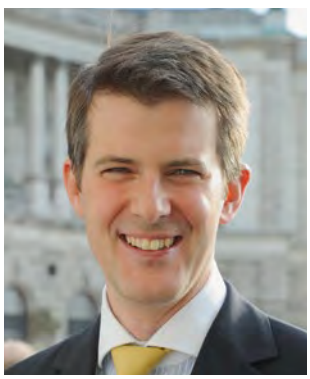

BILD 17 Dr. techn. M. Urbanek

BILD 18 Ausstellung: Stand von BMW

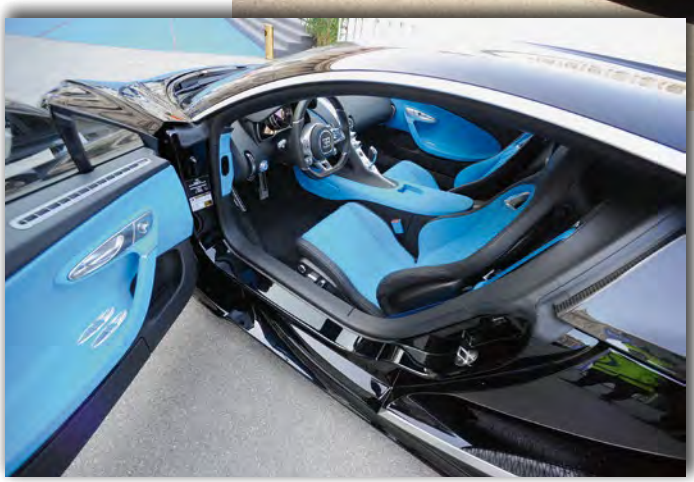

BILD 19 und **BILD 20** Ausstellung: Stand von Bugatti

BILD 21 Ausstellung: Stand von AVL

BILD 22 Treffen vor der Hofburg

BILD 23 Ausstellung: Stand von Audi

mit eindrucksvollen Spaziergängen durch die Innenstadt Wiens, der Besichtigung der Hofburg, des Schottenviertels und der Altstadt. Den Abend verbrachten die Teilnehmer im Wiener Rathaus auf Einladung des Bürgermeisters von Wien.

PLENAR-ERÖFFNUNGSSEKTION

Dr.-Ing. Stefan Knirsch, **BILD 24**, Mitglied des Vorstands, Technische Entwicklung, Audi AG, Ingolstadt, Deutschland: „Im Internet der Ringe: Wie Audi das Auto vernetzt."

„Als Premiumhersteller gestalten wir die Mobilität von morgen – für Kunden, deren Lebensstil kosmopolitisch, urban und digital ist. Wir entwickeln und produzieren Autos, die effizient und nachhaltig sind, vernetzt und intuitiv bedienbar. Dabei schaffen wir richtungsweisende Innovationen auf allen strategisch wichtigen Technikfeldern. Und wir gehen weiter: Premiumautomobile werden in Zukunft noch viel stärker daran gemessen, welchen Mehrwert sie bieten. Zeitsouveränität und Komfort werden zunehmend wichtiger." Was für die Marke Audi gelte, lasse sich auf weite Bereiche der Automobilindustrie übertragen. „The car is getting bigger than the car" – davon sind wir überzeugt und das bestätigen uns die Kunden", so Knirsch.

Ken Washington PhD, **BILD 25**, Vice President, Research & Advanced Engineering, Ford Motor Company, Dearborn, MI, USA: „Fahrzeug-, Mobilitäts- und Nachhaltigkeitsstrategien eines global agierenden Fahrzeugherstellers."

„Die Automobilindustrie verfügt über eine Fülle von Wissen, um die derzeitigen zukünftigen Aufgaben und Notwendigkeiten zu lösen. Wie alle globalen Aufgaben kann die Aufgabe, eine umweltverträgliche Mobilität zu schaffen, nicht von einer Organisation gelöst werden, sondern erfordert gemeinsame Anstrengungen der gesamten Industrie, zusammen mit Politikern, Infrastruktur-Versorgern, lokalen Behörden und anderen Organisationen. Umweltfreundliche Mobilität kann nur entwickelt und eingeführt werden durch ein globales Netzwerk verbundener Lösungen. Da gibt es keine Wunderwaffe, keine Einzellösung. Dies benötigt Zeit, Investitionen, Wissen, Ingenieursarbeit, wie auch in einzelnen Fällen Änderungen der Gewohnheiten, um eine nahtlose, stresslose Form des Transportwesens in der Zukunft zu erreichen."

John Fuerst, **BILD 26**, Vice President Engineering, Delphi Powertrain Systems, Bascharage, Luxemburg: „Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben – Aus der Sicht eines Zulieferers."

„Unsere Branche durchlebt eine der grundlegendsten Transformationen, die wir je gesehen haben. Der sogenannte Digitalisierungstrend betrifft aber nicht nur bekannte Automobiltechnik, vielmehr geht es um neue Wege, das Fahrzeug komplett in das Leben der Menschen zu integrieren: Neue Mobilitätskonzepte, völlig neuartige Kundenanforderungen, eine neue Art von Kundenbindung. Es ist nicht mehr nur der traditionellen Automobilindustrie vorbehalten, dem Konsumenten Mobilität zu liefern. Neue Akteure erscheinen auf dem Markt."

Fuerst beschäftigt sich mit dem zentralen Thema Compliance vor dem Hintergrund der beschriebenen Herausforderungen. Bei Compliance geht es nicht nur um die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften. Compliance hat die Aufgabe, die Welt planbarer, verlässlicher und produktiver zu machen. Der Vortragende betrachtet Compliance aus zwei verschiedenen Blickwinkeln. Da seien zum einen die sogenannten echten, konkreten, messbaren Faktoren wie technische Vorschriften und Standards, die verpflichtend eingehalten werden müssen. Zum anderen die weniger leicht fassbaren, weichen Faktoren, die sich indirekt aus den Kundenerwartungen ergeben. Fuerst stellt am Beispiel mehrerer technischer Neuentwicklungen fest, dass optimale Lösungen clever, aber nicht komplex sein müssten und so eher den Wünschen der nächsten Generation von Fahrzeugbesitzern entsprechen könnten.

Gilles Le Borgne, **BILD 27**, Mitglied des Vorstands, Forschung und Entwicklung, PSA Peugeot Citroën, Paris, Frankreich: „Auswirkungen zukünftiger Automobiltrends auf Antriebs-Strategien."

„Die PSA-Gruppe hat ausgezeichnete Erfahrungen, um neue Technologien auf

BILD 24 Dr.-Ing. S. Knirsch, Audi AG

BILD 25 K. Washington PhD, Ford Motor Company

BILD 26 J. Fuerst, Delphi

den Volumenmarkt zu bringen. Wir verwenden oft Technologien, bevor diese Eingang in gesetzliche Vorschriften gefunden haben. Unser Bestreben ist es, jedem Kunden ein umweltfreundliches Auto anbieten zu können. Wir haben die Absicht, unsere Kunden besser als bisher speziell über den Kraftstoffverbrauch zu informieren. Dazu haben wir wissenschaftliche Untersuchungen gestartet, zusammen mit Partnern und basierend auf RDE-Testverfahren und durchschnittlichem Kundenverhalten.

Die PSA-Gruppe unterstützt eine technologisch neutrale Gesetzgebung und fördert die Entwicklung von Werkzeugen wie Lebenszyklus-Analysen, um die globalen Umweltbelastungen zu quantifizieren. Diese Werkzeuge sind erforderlich, um verschiedene Mobilitätslösungen zu bewerten."

NEUE OTTOMOTOREN 1

Dipl.-Ing. F. Eichler (Vortragender), **BILD 28**, *Dr. W. Demmelbauer-Ebner*, *Dr. J. Theobald*, *Dr. B. Stiebels*, *Dr. H. Hoffmeyer*, *Dipl.-Ing. (FH) M. Kreft*, Volkswagen AG, Wolfsburg, Deutschland: „Der neue EA211 TSI evo von Volkswagen."

Mit der neuen Baureihe EA211 TSI evo macht die TSI-Technologie einen entscheidenden Entwicklungsschritt. Der neue Motor ist für den konzernweiten Einsatz konzipiert, sein Hubraum wurde auf 1,5 l angehoben, und er wird bei seiner Markteinführung in zwei Leistungsstufen von 96 und 110 kW angeboten. Ab dem vierten Quartal 2016 beginnt die stufenweise Ablösung des erfolgreichen EA211.R4-TSI mit 1,4 l Hubraum. Ein besonderes Merkmal des neuen TSI evo ist der in weiten Kennfeldbereichen außergewöhnlich hohe Wirkungsgrad. Entscheidend dafür ist die Einführung des Miller-Brennverfahrens mit erhöhter Verdichtung und die Aufladung durch einen Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie – eine Weltneuheit in der Ottomotoren-Großserie. Die Zylinderabschaltung (ACT) erschließt in der Teillast weiteres Potenzial zur Entdrosselung.

Ergänzend wurden für den TSI-evo-Baukasten zahlreiche Technikmodule neu entwickelt oder optimiert. Dazu gehören das Einspritzsystem mit maximal 350 bar Druck, das innovative Thermomanagement und die im APS-Verfahren (atmosphärisches Plasmaspritzen) beschichteten Zylinderlaufbahnen. Das Motormanagement ist ebenfalls in weiten Bereichen neu konzipiert. Als besondere Innovation gilt die neuartige Füllungssteuerung über eine verstellbare Einlassnockenwelle. Mit dem neuen EA211 TSI evo sind Wirkungsgradvorteile von bis zu 10 % im Vergleich zum bisherigen 1,4-l-TSI (92 kW) erreichbar. Für den Kunden bedeutet dies einen Verbrauchsvorteil in der Größenordnung von 1 l auf 100 km. Durch seine Charakteristik eignet sich der neue TSI evo hervorragend für dynamische Motorisierungen vom A00- bis zum B-Segment sowie für Hybrid- und CNG-Konzepte.

Dipl.-Ing. J. Königstedt (Vortragender), **BILD 29**, *Dipl.-Ing. (FH) G. Bonn*, *Dipl.-Ing. C. Brinkmann*, *Dipl.-Ing. G. Fröhlich*, *Dr.-Ing. T. Heiduk*, *Dipl.-Ing. J. Jablonski*, Audi AG, Neckarsulm/Ingolstadt, Deutschland: „Der neue 3,0-l-V6-TFSI-Motor von Audi – der nächste Meilenstein der TFSI-Technologie."

Der neue 3,0-l-V6-TFSI-Motor ist die konsequente Entwicklung der Right-Sizing-Strategie in das Hochleistungssegment. Der Motor leistet 260 kW (354 PS). Durch den Einsatz der Twinscroll-Technologie entwickelt der Monoturbo ein Drehmoment von 500 Nm in einem breiten Drehzahlband von 1370 bis 4500 1/min. Das Konzept der Zylinderköpfe – die Ansaugseite liegt außen, die Abgasseite innen – steht für kurze Gaswege, geringe Strömungsverluste und hohes dynamisches Ansprechverhalten. Das Konzept ist bei Audi mit dem 4,0-V8-TFSI seit 2012 in Serie.

Weitere Entwicklungsschwerpunkte waren die Verbrauchsreduzierung und die Erfüllung der weltweit gültigen Abgasgesetze. Durch den Einsatz des einlassseitigen valvelift system in Verbindung mit zentraler Injektorlage wird die Reibung reduziert und das innovative Thermomanagement umgesetzt. Allein durch innermotorische Maßnahmen geht der Verbrauch im Vergleich zum Vorgängermotor um etwa 6 % zurück. Durch Leichtbau, zum Beispiel

BILD 27 G. Le Borgne, PSA Peugeot Citroën

BILD 28 Dipl.-Ing. F. Eichler, Volkswagen AG

BILD 29 Dipl.-Ing. J. Königstedt, Audi AG

eine hohe Funktionsintegration in die Gussteile, ist der Motor 14 kg leichter als sein Vorgänger, was zusätzlich zu höherer Fahrdynamik beiträgt. Der 3,0-l-V6-TFSI hat seinen Ersteinsatz im neuen Audi S4. Mit den beschriebenen Eigenschaften verbessert der Motor die Fahrleistungen des neuen Audi deutlich bei reduziertem Verbrauch.

Dipl.-Ing. J. Kerner, *Dr.-Ing. T. Günther* (Vortragender), **BILD 30**, *Dipl.-Ing. M. Werner*, *Dr.-Ing. A. Kronich*, *Dipl.-Ing. M. Krämer*, *Dipl.-Ing. A. Kramer*, *Dipl.-Ing. C. Pleuß*, *Dipl.-Ing. S. König*, *Dr.-Ing. W. Liesen*, *Dr.-Ing. F. Maier*, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach, Deutschland: „Der neue V8 Turbomotor von Porsche."

Die Porsche V8-Ottomotoren mit Turboaufladung treiben seit der Einführung der sportlichen Frontmotorenfahrzeuge, Cayenne und Panamera, die Top-Modelle beider Baureihen an. Durch intensive Entwicklung am Ladungswechsel, Brennverfahren, Grundtriebwerk und der Aufladung erfüllt das Aggregat die hoch gesteckten Ziele bezüglich Performance und Effizienz. So können durch den neuen V8-Turbomotor im Panamera turbo mit 404 kW und 770 Nm herstellertypische Fahrleistungen bei deutlich reduzierten CO_2-Emissionen erreicht werden. Die Anforderungen an das Aggregat durch Start-Stopp-Betrieb, steigende Hybridisierung und lokal unterschiedlicher Einsatzbedingungen konnten durch einen darauf ausgelegten Ölkreislauf einer neuen Zylinderlaufbahntechnologie und einer robusten Kurbeltriebslagerung realisiert werden. Diese Eigenschaften und die kompakte Bauform mit dem im Innen-V liegenden Abgasturboladern bieten somit beste Voraussetzungen für einen weltweiten Einsatz in unterschiedlichen Fahrzeugbaureihen.

Dipl.-Ing. J. Kerner, *Dipl.-Ing. T. Wasserbäch* (Vortragender), **BILD 31**, *Dipl.-Ing. M. Baumann*, *Dipl.-Ing. MBA T. Brandl*, *Dr.-Ing. B. Kistner*, *Dipl.-Ing. M. Werner*, *Dr.-Ing. R. Schmidt*, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach, Deutschland: „Die neue Boxermotorenfamilie von Porsche."

Für die neue Generation der Porsche-Sportwagen 911 Carrera und 718 Boxster wurde eine komplett neue Boxermotorenfamilie mit Turboaufladung entwickelt. Erstmals kommen in diesen Sportwagenmodellen statt Saugmotoren turboaufgeladene Boxermotoren zum Einsatz. Die Motorenfamilie verfügt über einen Hubraumbereich von 2,0 bis 3,0 l mit einem Leistungsspektrum von 300 bis 420 PS.

Das Konzept der Porsche-Boxermotoren sowie die 40-jährige Tradition der Porsche-Turboaufladung wurden in diesen neuen Aggregaten vereint. Der Entwicklungsschwerpunkt lag auf der Schärfung des Porsche-typischen Fahrerlebnisses. Boxer-typischer Klang, deutlich fülligeres Drehmoment, Ansprechverhalten auf Sportwagen-Niveau und ein nutzbares Drehzahlband bis 7500/min erschließen neue Dimensionen der Fahrperformance. Der Effizienz kommt neben der Hubraum-/Zylinderreduzierung auch ein neuentwickeltes Brennverfahren sowie tiefgreifende Änderungen in den Bereichen Leichtbau, Reibung, Ölhaushalt und Thermomanagement zugute. Die neue Boxermotorenfamilie verkörpert die Verbindung aus großem Fahrspaß mit hoher Effizienz sowie erstklassige Sportlichkeit mit hervorragender Alltagstauglichkeit.

REAL DRIVING EMISSIONS (RDE)

Dipl.-Ing. J. Badur, *Dipl.-Ing. F. Köhler*, *Dipl.-Ing. H. Schmidt* (Vortragender), **BILD 32**, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG, Essen, Deutschland : „Real Driving Emissions (RDE) – Stand der Diskussion und Umsetzung in die Praxis."

Trotz stetig wachsender Anforderungen im Rahmen der Abgastypprüfung werden in zahlreichen europäischen Innenstädten die geforderten Werte nicht eingehalten. Die Abgasemissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen in Europa werden mithilfe des Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) unter definierten Umgebungsbedingungen im Labor ermittelt und bewertet. Dabei wird nur ein Teil der im realen Verkehr auftretenden Fahrzustände erfasst. Daher sollen in Europa Abgasemissionen im realen Straßenverkehr gemessen werden (Real Driving Emissions, RDE). Am 19. Mai 2015 wurde das erste RDE-Paket im Technical Committee on Motor Vehicles (TCMV) verabschiedet. Hier stehen die Stickoxidemissionen (NO_x), aber auch die Partikelemissionen, insbesondere bei Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor und Direkteinspritzung, im Mittelpunkt. RDE stellt Fahrzeughersteller sowohl bei der Entwicklung als auch bei der Durchführung der Messungen vor große Herausforderungen. Der Vortragende präsentiert den aktuellen Stand der RDE-

BILD 30 Dr.-Ing. T. Günther, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG

BILD 31 Dipl.-Ing. T. Wasserbäch, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG

BILD 32 Dipl.-Ing. H. Schmidt, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG

Diskussion und praktische Erfahrungen bei der Messung mit Portable Emission Measurement Systems (PEMS).

M. R. Olechiw (Vortragender), **BILD 33**, *Dr. E. Nam*, *R. Moran*, *K. Bolon*, United States Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI, USA: „USEPA-Programm zur Senkung der CO_2-Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen sowie Vorstellung des Evaluierungsprogramms der langfristigen CO_2-Standards."

Im Zuge der endgültigen Regelung der Grenzwerte für die Emissionen von Treibhausgasen bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen für die Modelljahre 2017 bis 2025 haben die US-Agentur für Umweltschutz (USEPA) und die US-Verkehrssicherheitsbehörde (NHTSA) ein „Halbzeitbewertungsschema" erarbeitet. Hersteller von Kraftfahrzeugen planen ein langfristiges Programm für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen, um die Einhaltung der künftigen Normen sicherzustellen. Sie äußerten Bedenken, dass die Einhaltung dieser Richtlinien ihre Wirtschaftlichkeit beeinflussen könnte. Als Ergebnis haben die zuständigen Behörden Vorschriften erlassen, die eine solide und umfassende Überprüfung der Möglichkeit, die Grenzwerte für die Modelljahre 2022 bis 2025 zu erreichen, enthielten (die Grenzwerte für die Modelljahre 2017 bis 2021 sind bereits festgelegt und werden keiner Beurteilung unterzogen). In diesem Beitrag erläutert USEPA die Vorgangsweise bei einer Halbzeitbeurteilung ebenso wie die Methodik, die bei der Bewertung technischer Überlegungen Anwendung findet. Die zuständigen Behörden bewerteten viele Faktoren neu, die bei der Halbzeitbewertung berücksichtigt werden, wie die Verbesserung des Antriebsstrangs, die Reduktion der Fahrzeugmasse, die Erhöhung der Fahrzeugsicherheit, die Infrastruktur für Elektrofahrzeuge und mittels alternativer Treibstoffe angetriebene Fahrzeuge, die Akzeptanz durch Konsumenten, die Beschäftigungslage, die Amortisierungsdauer, die Treibstoffkosten, die Flottenzusammensetzung und die Marktdurchdringung der verschiedenen Technologien. Diese Faktoren werden aufgrund aktualisierter Analysen und Bewertungen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen, die derzeit in den USA und in anderen Ländern angeboten werden, ermittelt.

BILD 33 M. R. Olechiw, United States Environmental Protection Agency

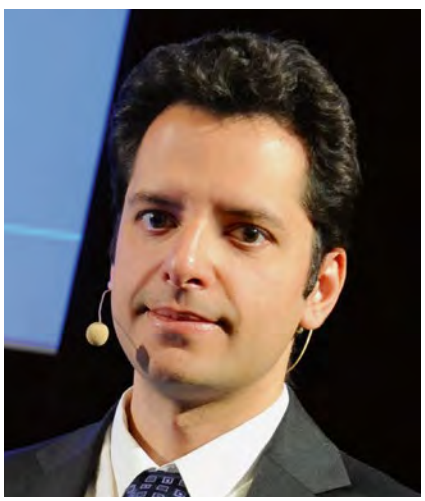

BILD 34 Dr. T. G. Vlachos, European Commission, Joint Research Centre (JRC)

BILD 35 Dr.-Ing. H. Baumgarten, FEV GmbH

Dr. T. G. Vlachos (Vortragender), **BILD 34**, *Dr. P. Bonnel*, *Dr. M. Weiss*, *Dr. B. Giechaskiel*, *Dr. F. Riccobono*, *Dr. P. Mendoza-Villafuerte*, *Dr. A. Perujo*, European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra, Italien: „Der Euro 6-RDE-Abgastest für Kraftfahrzeuge: Wirksamkeit und praktische Anwendung."

Die Europäische Union hat einen Abgastest zur Feststellung der Emissionen im praktischen Fahrbetrieb (RDE-Test) als Ergänzung zu den herkömmlichen Labortests für die Typengenehmigung leichter Kraftfahrzeuge eingeführt. Das RDE-Verfahren definiert Anforderungen an Fahrrouten und beinhaltet Bewertungsmethoden für die Verifizierung normaler Fahrbedingungen. Der Vortragende untersucht die Wirksamkeit der RDE-Vorgaben im Hinblick auf Routenführung und dynamisches Verhalten der Fahrzeuge. Dazu wurden drei Fahrzeuge auf insgesamt acht verschiedenen Routen in ganz Europa getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die RDE-Vorgaben prinzipiell umsetzbar sind und sowohl Routenführung als auch Fahrdynamik im Hinblick auf das Vorliegen normaler Fahrbedingungen kontrolliert werden. Von den insgesamt zehn realisierten Fahrten haben vier die RDE-Testanforderungen nicht erfüllt. Eine Fahrt war aufgrund übermäßig langer Standzeiten im innerstädtischen Verkehr nicht geeignet, bei einer zweiten war die Fahrdauer im innerstädtischen Verkehr zu kurz. Zwei weitere Fahrten wiesen entweder eine übermäßig hohe oder eine unzulässig geringe Fahrdynamik auf. Die Testergebnisse zeigen, dass der RDE-Verifizierungsprozess aus weitgehend komplementären Elementen besteht, die eine zuverlässige Bewertung der realisierten Fahrten sicherstellen. Schlussfolgerung ist, dass das RDE-Verfahren sowie seine Auswertungsmethoden praktikabel und wirksam sind und keine übermäßige Behinderung der Abgasmessung von leichten Kraftfahrzeugen im normalen Straßenbetrieb darstellen.

Dr.-Ing. H. Baumgarten (Vortragender), **BILD 35**, *Dr.-Ing. J. Scharf*, *Dr.-Ing. M. Thewes*, *Dr.-Ing. T. Uhlmann*, *Dipl.-Ing. A. Balazs*, FEV GmbH, Aachen, Deutschland; *M.Sc. M. Böhmer*, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland: „Simulationsbasierte Entwicklungsmethode für zukünftige Abgasemissionsgesetzgebung."

Um den zukünftigen Euro 6d-TEMP-Grenzwerten für Partikelanzahl (PN) und Stickoxiden (NO_x) von DI-Ottomoto-

ren in Verbindung mit Real Driving Emissions (RDE) gerecht zu werden, ist ein gesteigerter Entwicklungsaufwand nötig. Der Vortragende beschreibt einen Ansatz, mit dem Entwicklungsentscheidungen frühzeitig in Bezug auf Einhaltung der Emissionsgrenzwerte abgesichert werden können. Er zeigt in einem ersten Schritt eine Methodik zur Emissionssimulation, in einem zweiten Schritt wie Fahrer- und Streckenparameter, zum Beispiel Fahreraggressivität, Verkehrssituationen und Wetterrandbedingungen, mittels Design of Experiments (DoE) variiert werden. Mit diesem Ansatz kann das herausforderndste Szenario für eine beliebige Fahrzeug-Antriebsstrang-Kombination hinsichtlich PN oder NO_x abgeleitet werden. Ein „RDE-Leitszenario“ wird genutzt, um Entscheidungen wie die Auswahl von Antriebsstrangkomponenten, Betriebsstrategien und Steuergerätefunktionen zu treffen. Anhand von aktuellen Antriebsstrangentwicklungen wird abschließend gezeigt, dass die Leitszenario-Parameterkombination zu PN-Emissionen führt, die um den Faktor 5 bis 10 über denen konventioneller Szenarien liegen können (NEDC, WLTC). Durch geeignete Maßnahmen am Einspritzsystem und an der Motorsteuerung ließen sich im hier dargestellten Beispiel die PN-Emission im herausforderndsten Szenario streckenspezifisch um 91 % reduzieren. Die erwarteten Emissionsgrenzwerte („Not-To-Exceed“ Limits) lassen sich damit unter allen Umständen einhalten.

LE MANS

P. Fillon (Vortragender), **BILD 36**, *V. Beaumesnil* (Vortragender), **BILD 37**, Automobile Club de l’Ouest, Le Mans, Frankreich: „Die 24 Stunden von Le Mans und das WEC, ein Technologielabor für die Automobilindustrie.“

„Das abnehmbare Rad, Nebelscheinwerfer, Scheibenbremsen, Direkteinspritzung, Diesel, Hybridtechnologie, und so weiter: Seit 1923 haben Fahrzeughersteller das 24-Stundenrennen von Le Mans dazu benutzt, neue Technologien unter extremen Bedingungen zu testen, denn Le Mans vereinigt Fachkönnen, das für solch einen Test notwendig ist; ein sehr langes, sehr schnelles Rennen, bei Tag und bei Nacht, mit veränderlichen Bedingungen und einem fairen Wettkampf

BILD 36 P. Fillon, Automobile Club de l’ Ouest

BILD 37 V. Beaumesnil, Automobile Club de l’ Ouest

zwischen einer breiten Vielfalt von Technologien. Das macht es für den Motorsport einzigartig“, so der Vortragende.

Motiviert durch die aktuelle industrielle Revolution, die sich für dauerhafte Mobilität engagiert, arbeitet ACO daran, eine grundlegende Neuerung in den Motorsport einzuführen. Bei Motorrennen geht es immer darum, unter Beachtung vorgegebener Regeln der schnellste zu sein. Um heute in Le Mans oder in einem WEC Rennen zu gewinnen, müssen Autos schnell und energieeffizient sein. Die Aufgabe des Motorsports ist es, für den OEM attraktiv zu bleiben, indem der Sport auf eine kreative und aufgeschlossene Weise betrieben wird und eine enge Verbindung zwischen Rennwagen und Alltagsfahrzeug besteht. Der Vortragende fasst die Herausforderungen zusammen, die „einen Fahrbahn angepassten Wettkampf mit Vielfach-Technologie in einem Hochleistungsrennen” möglich machen, und erklärt, warum die Automobilindustrie „wahre” Gründe hat, sich in diesem Rennen zu engagieren.

Dr.-Ing. W. Warnecke (Vortragender), **BILD 38**, *Dipl.-Ing. MSc B. Poulet*, *J. Landschof*, *A. Dreyer*, *Dipl.-Ing. J. Müller-Belau*, Shell Global Solutions GmbH, Hamburg, Deutschland; *MEng. G. Lovett*, Shell Global Solutions, United Kingdom: „Innovationen von der Rennstrecke auf die Straße: Die Rolle von Kraftstoffen im Motorsport.“

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern und Werksteams hat Shell im Laufe der Jahrzehnte eine Reihe von innovativen Lösungen entwickelt und realisiert, darunter auch einige Premie-

BILD 38 Dr.-Ing. W. Warnecke, Shell Hamburg

ren. Der im Rennsport übliche Wettbewerbsdruck beschleunigt Lern- und Forschungsprozesse und stimuliert die parallel laufende Entwicklungsarbeit an Kraft- und Schmierstoffen für die Straße. Die Formulierung von Kraftstoffen für hochverdichtende Rennmotoren gehört seit Beginn zum Schwerpunkt der Motorsportaktivitäten von Shell. Für Langstrecken- wie Sprintrennen stehen optimierte ROZ/MOZ-Werte, hohe Brenngeschwindigkeit und andere Komponenten zur Leistungssteigerung im Lastenheft eines Rennkraftstoffs, der nun auch aus unbedenklichen Bestandteilen formuliert werden muss. Mittlerweile haben sich die Anforderungen an einen Rennkraftstoff weiter differenziert. Rennmotoren sollen heute nicht nur Höchstleistung liefern, sie müssen auch effizient sein: Der

BILD 39 I. Kitsopanidis, Ferrari

BILD 40 Dipl.-Ing. P. Lückert, Daimler AG

BILD 41 Dipl.-Ing. R. Brück, Continental Emitec

Kraftstoffverbrauch spielt eine entscheidende Rolle. Diese neue Herausforderung hat einen Entwicklungsschub für Grundkraftstoffe und Additive in Gang gesetzt. Motoren- und Kraftstoffingenieure müssen gemeinsam durch innovative Kraftstoffe die Effizienz und damit die Leistungsfähigkeit der Motoren steigern. Weil die meisten Reglements ihre relativ engen Kraftstoffvorgaben an die Anforderungen für Straßenkraftstoffe anlehnen, liegt ein Technologietransfer von der Rennstrecke auf die Straße nahe: Neue Formulierungen für Benzin oder Diesel können ein Erfolgsfaktor auf der Rennstrecke sein und effiziente Kraftstoffe, die sich in dem innovativen Umfeld des Rennsports bewährt haben, können in der Zukunft einen Mehrwert für Autofahrer auf der Straße erzeugen.

Neue Reinigungs- und Schmierungsadditive, Reibungsminderer und Verbrennungsverbesserer, Grundkraftstoffe mit Bio-Bestandteilen und weitere Komponenten zur Erhöhung der Oktan- und Cetanzahlen und zur Beschleunigung der Brenngeschwindigkeit sind einige Beispiele für Innovationen, die ihren Ursprung im Rennsport genommen haben. Viele dieser Neuerungen sind später in Produkte eingegangen, die für den Endverbraucher bestimmt sind – von der Rennstrecke auf die Straße.

L. Sassi, *I. Kitsopanidis*, (Vortragender), **BILD 39**, Ferrari, Italien; *G. Lovett*, Shell Global Solutions, United Kingdom: „Evolution der Formel 1-Technologie: Mehr Leistung durch verbesserten Wirkungsgrad im heutigen F1-Motor."

Der Vortragende blickt auf die Evolution der Formel-1-Motorentechnologie und das zugrunde liegende Regelwerk der vergangenen 15 Jahre zurück. Der Schwerpunkt liegt auf der thermo-fluiddynamischen Entwicklung während der Jahre 2000 bis 2007, als die technologische Entwicklung nahezu unlimitiert war, und auf der Zeit nach 2014, als das neue Antriebskonzept eingeführt wurde. Die jeweiligen Hauptparameter für die Motorenkonstruktion werden herausgearbeitet und analysiert. Im Zentrum steht dabei der Paradigmenwechsel von der Maximierung der Leistung durch Optimierung des Ladungswechsels hin zur Maximierung der Effizienz durch eine Optimierung der Verbrennung.

Die kontinuierliche Evolution der Motorenarchitektur hat neue Wege für die Kraft- und Schmierstoffentwicklung eröffnet und eine Anpassung der Schlüsseleigenschaften. Der Vortragende vergleicht die Aufspaltung der Kraftstoffenergie für die Motoren. Das Ergebnis zeigt, dass F1-Motoren mit thermischen Wirkungsgraden von etwa 30 % vor 2014 und über 45 % heute nicht nur leistungsfähig, sondern auch höchst effizient sind.

ABGASREINIGUNG

Dipl.-Ing. P. Lückert (Vortragender), **BILD 40**, *Dr. F. Duvinage*, *Dipl.-Ing. (FH) T. Braun*, *Dr. A. Mackensen*, Daimler AG, Stuttgart, Deutschland: „Abgasnachbehandlung als integraler Bestandteil der Diesel-Motoren-Entwicklung bei Mercedes-Benz."

Die Darstellung einer nachhaltigen Emissionsreduzierung bildet heute nicht nur einen Schwerpunkt der Entwicklung, sondern ist eine zwingende Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit der Dieselmotoren im Pkw-Markt. Der Vortragende beschreibt kurz die Historie und die Rahmenbedingungen der künftigen Emissionsvorschriften.

Auf Basis dieser Rahmenbedingungen und der Zielsetzung einer nachhaltigen Reduzierung von Emissionen und Verbrauch wird der bei Mercedes-Benz in 2011 gewählte Weg eines integrierten Technologieansatzes und die Entscheidung zur Entwicklung einer komplett neuen Diesel-Motorengeneration aufgezeigt. Am Beispiel des neuen Vierzylinder-Dieselmotors OM654 als erstes Aggregat der neuen Dieselmotoren-Generation werden die Herausforderungen einer nachhaltigen Emissionsreduzierung sowie die konzeptionellen Lösungswege skizziert. Bei der Umsetzung werden der integrierte Technologieeinsatz und die Entwicklungsschwerpunkte beschrieben, sowie die erzielten Ergebnisse dargestellt.

Dipl.-Ing. R. Brück (Vortragender), **BILD 41**, *Dipl.-Ing. P. Hirth*, *Dipl.-Ing. B. Hu*, *Dipl.-Ing. C. Schorn*, Continental Emitec GmbH, Lohmar, Deutschland: „Neue Katalysatorträger-Innovation für die Einhaltung der RDE- und SULEV-30-Grenzwerte."

Die Einführung der RDE-(Real Driving Emissions)-Pkw-Gesetzgebung und der verschärften In-Use-Compliance-Regulierung für Nfz wird künftig die Funktionalität der Abgasnachbehandlung über den gesamten Kennfeldbereich fordern. Daraus folgt, dass Katalysatoren sowohl für den Nieder- als auch für den Hochlastbetrieb derart ausgelegt werden müssen,

damit höchste Umsatzraten ohne große Erhöhung des Druckverlusts erzielt werden können. In den USA beziehungsweise in Kalifornien werden zusätzliche Anforderungen formuliert. Beispiele dafür sind die weitere Absenkung der NO_x- Grenzwerte um 90 % innerhalb der SULEV-Gesetzgebung oder die in Diskussion befindlichen Nfz-Grenzwerte für Kalifornien ab 2020. Insbesondere bei Ottomotoren entsteht bei der Umsetzung dieser Forderungen die Notwendigkeit, Einzelzylinder-Lambda-Effekte zu vermeiden beziehungsweise Strömungszonen unterschiedlicher Abgaskonzentrationen wieder miteinander zu vermischen, um insbesondere eine hohe NO_x-Konvertierungsrate zu gewährleisten. Lösungen wie zum Beispiel zusätzlich zu den motornahen Katalysatoren installierte Unterbodenkatalysatoren als NO_x-Nachreinigungsstufe nach einer Rohrmischstrecke erhöhen sowohl die Komplexität, den Abgasgegendruck als auch die Kosten.

Der Vortragende präsentiert erstmalig innovative metallische Katalysatorträgerkonzepte in ringförmiger Bauweise, die die oben genannten Anforderungen berücksichtigen. Neben dem Aufbau und dem Design der Katsysteme werden umfangreiche Berechnungs- und Versuchsergebnisse der Nachbehandlungskonzepte vorgestellt.

M. Nakagawa, Denso Europe B. V., Weesp, Niederlande; *K. Yano* (Vortragender), **BILD 42**, *I. Yamauchi*, Denso Automotive Deutschland GmbH, Wegberg/Eching, Deutschland; *Dr.-Ing. M. Stapelbroek*, *Dr.-Ing. T. Hülshorst*, FEV GmbH, Aachen, Deutschland; *Dipl.-Wirt.-Ing. A. Nase*, FEV Consulting GmbH, Aachen, Deutschland: „Neue Freiheitsgrade der Hybrid-Antriebsstrangdimensionierung durch prädiktives Energiemanagement."

Der Wirkungsgrad von Hybridfahrzeugen ist neben den Komponenten maßgeblich durch die Betriebsstrategie vorgegeben. Aktuell wird diese regelbasiert, also auf Basis von aktuellen, lokal verfügbaren Zustandsgrößen bestimmt. Zuvor getroffene Annahmen werden als Grundlage bei der Regelerstellung genutzt, wodurch sich nur suboptimale Verbrauchsersparnisse erzielen lassen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, Komponenten mitunter zu überdimensionieren, um über ausreichende Leistungsreserven zu verfügen. Das wiederum führt zu erhöhten Systemkosten und Energieverbräuchen. Der Referent zeigt die Wirkweise einer prädiktiven Betriebsstrategie, die neben zusätzlicher Verbrauchseinsparung im Realfahrbetrieb vor allem den Fahrkomfort erhöht. Die Basis der Strategie ist die Verwendung von a priori-Wissen über den künftigen Streckenverlauf aus Navigations-, Car-2-X- und Sensordaten. Hierzu werden Daten zur Straßentopologie aus bestehenden Datenbanken mit Informationen zu Geschwindigkeitsbeschränkungen und Lichtsignalanlagen fusioniert und dem Fahrzeug per Car-2-X-Kommunikation zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Daten wird eine prädiktive Betriebsstrategie für den Antriebsstrang sowie die Klimatisierung gefunden, die zum einen den Fahrzeugkomfort erhöht und zum anderen durch optimierte Nutzung aller Komponenten eine angepasste Dimensionierung erlaubt. Zur Validierung wird die Wirkweise dieser prädiktiven Betriebsstrategien in einer 3-D-Fahrzeugsimulationsumgebung anhand konkreter Anwendungsfälle untersucht. Dabei zeigt der Referent den Nutzen für den Fahrer, der von einer ausreichenden Fahrdynamik trotz klein dimensionierter Komponenten profitieren kann. Auch die Verbrauchsersparnis wird abschließend quantifiziert.

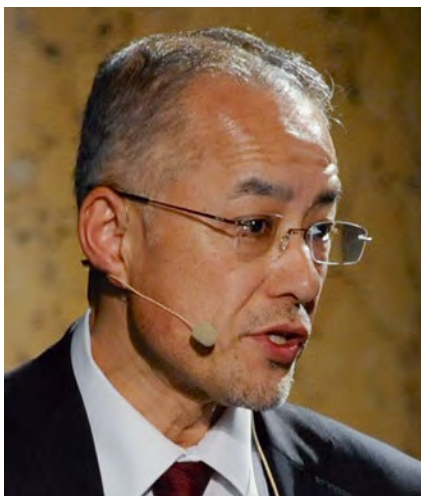

BILD 42 K. Yano, Denso Automotive Deutschland

BILD 43 Dr. B. Fitzsimons C.Eng FIMechE, Aston Martin

BILD 44 Dipl.-Ing. Dr. techn. C. Landerl, BMW Group

HÖCHSTLEISTUNGSMOTOREN

Dr. B. Fitzsimons C.Eng FIMechE (Vortragender), **BILD 43**, *B. Husband MSc*, *S. Leathers C.Eng MIMechE*, J. *McLean C.Eng MIMechE*, *I. Minards C.Eng FIMechE MBA*, Aston Martin, Gaydon, United Kingdom: „Der neue Aston Martin DB11 V12 Motor."

Der 1999 erstmalig eingesetzte Aston Martin-V12-Motor im DB7 wurde von 420 auf 590 bhp im Aston Martin GT12 weiterentwickelt. Limitierte Editionen dieses Motors finden sich mit 750 bhp im Aston Martin One-77 und mit über 800 bhp im vor kurzen vorgestellten Aston Martin Vulcan. Die Motorsport-Variante des V12 hat dem Hersteller Siege in der FIA Langstrecken Weltmeisterschaft (WEC) und Le Mans eingefahren. Auch in Zukunft mit dem Produktionsstart des DB11 in 2016 wird Aston Martin einen V12 als Herzstück der Spitzenmotorsierung anbieten.

Der neue Aston Martin 5,2-l-Twin-Turbo-V12-Motor bietet klassenführende Leistung bei Einhaltung der globalen Schadstoffvorschriften. Der Vortragende

bezeichnet ihn „als den best klingendsten Motor im Markt."

Dipl.-Ing. Dr. techn. C. Landerl (Vortragender), **BILD 44**, *Dipl.-Ing. J. Miritsch*, *Dipl.-Ing. (FH) M. Brown*, BMW Group, München: „Der neue BMW Zwölfzylinder-Ottomotor – überragender Komfort und souveräne Leistungsentfaltung."

Der neue BMW 7er wird wieder von einem Zwölfzylinder-Ottomotor angetrieben. Der neuentwickelte Motor sollte den aktuellen Anforderungen bezüglich Kraftstoffverbrauch und Emissionsreduzierung gerecht werden und dabei gleichzeitig die Laufkultur des Vorgängermotors behalten sowie deutlich gesteigerte Leistungs- und Drehmomentwerte aufweisen. Der Referent beschreibt die Konzeption des neuen Zwölfzylinder-Ottomotors, seine konstruktive Ausführung und die funktionalen Eigenschaften. „Die nochmals gesteigerte Dynamik in Verbindung mit dem reduzierten Kraftstoffverbrauch und den herausragenden Komforteigenschaften sichern diesem Motor den Spitzenplatz im BMW Efficient Dynamics Programm", so der Vortragende.

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. W. Dürheimer (Vortragender), **BILD 45**, *Dipl.-Ing. W. Netuschil*, *Dipl.-Ing. G. Gries*, *Dipl.-Ing. H. Schnell*, *Dipl.-Ing. T. Fürstenberg*, *Dipl.-Ing. A. Kurowski*, Bugatti Engineering GmbH, Wolfsburg, Deutschland: „Das Sechzehnzylinder Hochleistungstriebwerk im neuen Bugatti – Wege zur erfolgreichen Leistungssteigerung."

„Das Lastenheft für den Chiron lässt sich in einem Satz zusammenfassen und ist damit wahrscheinlich das kürzeste, das es je in der Automobilwelt gab: Wir machen das Beste spürbar besser", so der Referent. „Diesen Anspruch auf das Antriebsaggregat zu übertragen und technisch umzusetzen, bedeutet eine tiefgreifende Weiterentwicklung des hochkomplexen Sechzehnzylinder-Motors und der Peripherie. Entstanden ist der leistungsstärkste Serienmotor für den exklusivsten Supersportwagen der Welt, der in jeder Hinsicht neue Maßstäbe definiert.

Mit einer Maximalleistung von 1103,25 kW (1500 PS) und beeindruckenden 1600 Nm unterstreicht der dank W-Bauform kompaktbauende Motor mit vier Turboladern sein Alleinstellungsmerkmal. Durch eine Registeraufladung als Garant für hohes Low-End-Torque konnte trotz dieses deutlichen Leistungszuwachses ein spontanes Motoransprechverhalten dargestellt werden. So markiert der neue W16-Motor des Bugatti Chiron bei Leistungskennwerten und Agilität Spitzenwerte im Pkw-Motorenbau. Durch die konsequente Umsetzung der hochgesteckten Ziele werden die Anforderungen im Segment der Serien-Supersportwagen überzeugend erfüllt und im Vergleich zum Wettbewerbsumfeld überlegene Fahrleistungen erreicht."

BRENNSTOFFZELLEN

Dipl.- Ing. M. Klietz (Vortragender), **BILD 46**, *Dipl.-Ing. P. Wilde*, *Dr. oec. publ. A. Kleczka*, *Dipl.-Ing. A. Rücker*, *Dr. M. Jung*, BMW Group, München, Deutschland: „Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie als Schlüsselelement in der Energiewende."

Die BMW Group hat mehr als dreißig Jahre Erfahrung mit dem Thema Wasserstoff als Energiespeicher und gehört bei der emissionsfreien Mobilität zu den führenden Unternehmen. Der derzeitige Ausbau der regenerativen Stromproduktion führt zu einem verstärkten zeitlichen und räumlichen Abkoppeln von Stromerzeugung und -bedarf. Folglich entstehen zeitlich und räumlich hohe Stromüberschüsse beziehungsweise Versorgungslücken. Ansätze zum Ausgleich der Diskrepanz zwischen Erzeugung und Bedarf sind: Netzausbau, Smart-Grid-Systeme, Installation von Regelleistung und Zwischenspeicherung von Strom. Die Power-to-Hydrogen-Technologie bietet zur Speicherung und Nutzung der Stromüberschüsse Vorteile bei Dynamik und Skalierbarkeit – sowohl bei der Leistung als auch bei der Energiemenge. Insbesondere die langfristige Speicherung von großen Energiemengen kann mittels Wasserstoff in flüssiger Form in Tanks oder in Kavernen erfolgen. Damit bekommt der Wasserstoff eine Schlüsselrolle als speicherfähiger Energieträger im Rahmen der Energiewende. Für eine hocheffiziente Nutzung der im Wasserstoff gebundenen Energie bietet sich individuelle Mobilität mit Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie an. Der Referent stellt die FCEV-Prototypenfahrzeuge auf Basis des BMW 5GT vor und präsentiert aktuelle Erprobungsergebnisse. Ziel ist der Nachweis von Technologiereife und Alltagstauglichkeit.

Dipl.-Ing. (FH) H. Müller (Vortragender), **BILD 47**, *Dipl.-Ing. (FH) P. Gutruf*, *Dipl.-Ing. M. Martin*, Magna Steyr Engi-

BILD 45 Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. W. Dürheimer, Bugatti Engineering

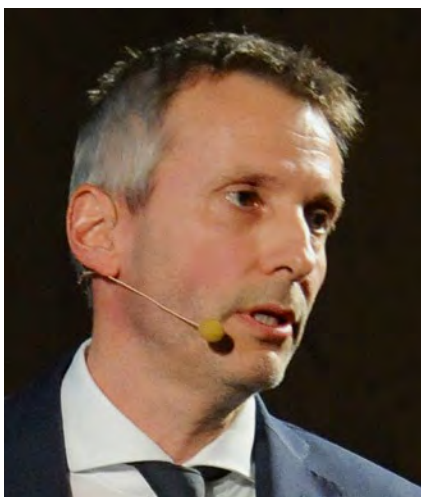

BILD 46 Dipl.-Ing. M. Klietz, BMW Group

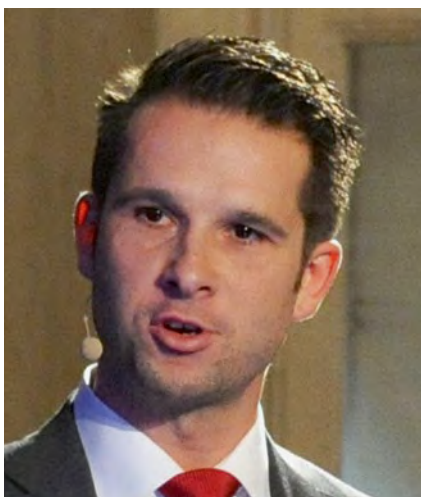

BILD 47 Dipl.-Ing. H. Müller, Magna Steyr Engineering

neering AG & Co KG, Graz, Österreich: „Brennstoffzellen Range-Extender als weiterer Lösungsansatz für große Reichweiten im emissionsfreien Fahrbetrieb."

Die kontinuierlich verschärften CO_2-Flottenziel-Gesetzgebungen verlangen nach alternativen, aber auch kundentauglichen Lösungen. Kosten, Reichweiteneinschränkungen oder die derzeit fehlende Infrastruktur sind zumeist erschwerende Faktoren für die Akzeptanz beim Endkunden und verhindern somit die breite Markteinführung von emissionsfreien Fahrzeugen. Plug-in-Hybride als eine mögliche Alternative sind mittlerweile „State of the Art" und bieten bereits hohes Potenzial zur CO_2-Reduktion und teilweisen „Zero Emission"-Betrieb bei vorhandener Infrastruktur.

Im Rahmen eines nationalen Forschungsförderprojekts wurde gemeinsam mit den Projektpartnern ein weiteres Fahrzeugkonzept präsentiert, das einen möglichen künftigen Lösungsansatz für sehr große Reichweiten im völlig emissionsfreien Fahrbetrieb darstellen kann. Vorteile unterschiedlicher Technologien werden genutzt, um bekannte Nachteile, wie den zeitintensiven Ladevorgang, zu kompensieren. Der Referent zeigt Gesamtfahrzeug-Integrationsansätze für das Brennstoffzellen-Range-Extender-Konzept und auch dessen konkrete Umsetzung anhand eines bei Magna Steyr Engineering entwickelten Technologie-Demonstrationsfahrzeugs.

Dipl.-Ing. J. Rechberger (Vortragender), **BILD 48**, *Dipl.-Ing. M. Reissig*, *Dipl.-Ing. J. Mathe*, AVL List GmbH, Graz, Österreich: „Brennstoffzellensysteme für konventionelle Kraftstoffe."

AVL entwickelt seit 2002 brennstoffzellenbasierte Stromgeneratoren für mobile Anwendungen. Aufgrund der Unverträglichkeit von Polymer-Elektrolyte-Membrane-(PEM)-Brennstoffzellen für Kohlenwasserstoffe kommen dabei Hochtemperaturbrennstoffzellen Solid Oxid Fuel Cell (SOFC) zum Einsatz. Diese Art von Brennstoffzellen kann mit allen handelsüblichen Kraftstoffen über Reformierung betrieben werden und wandelt neben Wasserstoff auch Kohlenmonoxid in elektrischen Strom um. Im Vergleich zu Niedertemperaturbrennstoffzellen (PEM) bestehen aufgrund der hohen Betriebstemperatur von 700 bis 800 °C natürlich Nachteile in Hinblick auf Dynamik und Startzeit. Diese werden jedoch durch sehr hohe Wirkungsgrade und die Multi-Fuel-Fähigkeit kompensiert. Im Rahmen der AVL-Entwicklung haben die Ingenieure diese Technologie von einer anfänglichen Machbarkeitsstudie bis zu voll integrierten Auxiliary-Power-Unit-(APU)-Systemen der dritten Generation vorangetrieben. Mit der aktuellen Produktplattform SOFC APU Gen III wurden exzellente Ergebnisse erzielt, wie der Betrieb mit konventionellem Diesel, 3-kW elektrische Nettoleistung, 35 % elektrischer Wirkungsgrad und eine ausreichende Leistungsdichte für die jeweilige Zielanwendung.

Der Vortragende präsentiert und diskutiert zwei Entwicklungsvorhaben mit unterschiedlichen Anwendungsfällen: Einerseits die Anwendung als APU in schweren Nutzfahrzeugen und andererseits als Range-Extender in batterieelektrischen Fahrzeugen.

NEUE ENTWICKLUNGEN BEIM OTTOMOTOR

K. Nakata (Vortragender), **BILD 49**, *R. Shimizu*, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: „Toyotas neue Verbrennungstechnik für hohen thermischen Wirkungsgrad und hohe Motorleistung."

Toyota hat unter dem Projektnamen ESTEC (Economy with Superior Thermal Efficient Combustion) Technologien entwickelt, die den thermischen Wirkungsgrad verbessern und so den Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen senken sollen. Eine verbesserte Motorleistung ist auch wichtig für den Fahrspaß und damit ein Beitrag zu höchster Kundenzufriedenheit.

Die Motorenentwicklung muss global betrachtet werden und das Potenzial für Luftqualität und regionale sowie globale Märkte einschließen. Aufgrund der stetig wachsenden Märkte wie zum Beispiel der asiatische entwickeln die Hersteller immer neue Fahrzeugmodelle und Motoren. Der Aufwand, mehrere neue Fahrzeug- und Motorentypen mit hohem Wirkungsgrad und Leistung für den globalen Markt zu entwickeln, ist enorm. Toyota baut daher eine gemeinsame Architektur auf, um die neue Motorengeneration effizient zu entwickeln. So kann ein stärkeres Augenmerk auf weitere Produktwerte gelegt werden. Der Vortragende präsentiert physikalische Parameter wie Luftmasse, Turbulenz und Tumble, die die Charakteristika für Verbrennung und Verbrennungsluft im Zylinder festlegen. Mit diesen physikalischen Werten und dem Zusammenhang Motorenkonstruktion wie zum Beispiel Hub-Bohrungsverhältnis, Einlasskanalauslegung und Ventiltrieb wurde die neue Architektur festgelegt. Mit diesem Konzept entwickelt der Hersteller eine neue Motorengeneration mit hohem thermischen Wirkungsgrad und hoher Leistung.

Dr.-Ing. T. Pauer (Vortragender), **BILD 50**, *Dipl.-Ing. M. Frohnmaier*, *Dr.-Ing. J. Walther*, *Dipl.-Ing. P. Schenk*, *Dr.-Ing. A. Hettinger*, *Dr.-Ing. S. Kampmann*, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen, Deutschland: „Optimierung von Ottomotoren durch Wassereinspritzung."

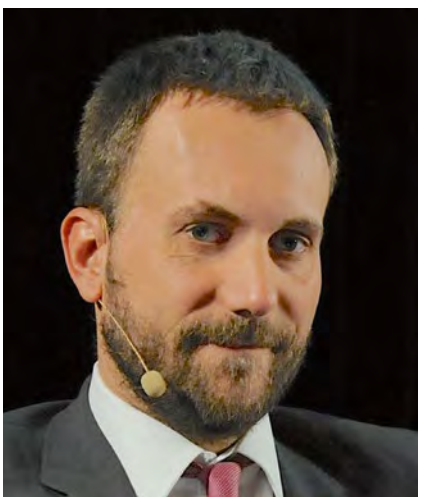

BILD 48 Dipl.-Ing. J. Rechberger, AVL List GmbH

BILD 49 K. Nakata, Toyota Motor Corporation

Downsizing-Konzepte mit Benzindirekteinspritzung und Turboaufladung leisten einen wichtigen Beitrag zur Optimierung des Ottomotors. Die weitere Optimierung der Motoreffizienz und -leistung durch das Klopfen der Verbrennung ist begrenzt. Der Vortragende zeigt mit der Wassereinspritzung eine kosteneffiziente Lösung, die das Klopfen in Ottomotoren signifikant reduziert und damit weiteres Potenzial heben kann. Obwohl die Wassereinspritztechnologie bereits im Motorsport und in der Luftfahrtindustrie etc. eingesetzt worden ist, machen erst die aktuellen Trends in der Abgasgesetzgebung diese Technologie für die Serienproduktion von Pkw interessant. Der Referent veranschaulicht, wie die Wassereinspritzung als Lösung für die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO_2-Emissionen sowie für die Steigerung der Motorenleistung genutzt werden kann. Unter Berücksichtigung des Entwicklungsaufwands der Komponenten und der Kosten in der Serienproduktion präsentiert und bewertet er verschiedene Implementierungen von Wassereinspritzsystemen. Ergebnisse mit einem Versuchsmotor, der mit der bevorzugten Implementierung ausgerüstet wurde, werden diskutiert, gefolgt von Fahrzeugsimulationen, die den notwendigen Wasserverbrauch in verschiedenen Fahrzyklen berechnen. Ausgewählte Resultate einer umfangreichen Endkundenbefragung, die in den USA und in Deutschland durchgeführt wurde, zeigen die Akzeptanz der Wassereinspritzung und die Bereitschaft, Wasser nachzufüllen."

Dr. sc. techn. M. Warth (Vortragender), **BILD 51**, *Dipl.-Ing. S. Streng*, *Dr.-Ing. P. Wieske*, *Dr.-Ing. U. Mohr*, Mahle International GmbH, Stuttgart, Deutschland; *B.Eng. J. Hall*, Mahle Powertrain Ltd., Northampton, United Kingdom: „Monovalenter Erdgasbetrieb und Downsizing für niedrigste CO_2-Emissionen."

Durch notwendige Kompromisse bei einer bivalenten Auslegung auf Erdgas und Ottokraftstoff können die positiven Kraftstoffeigenschaften von Erdgas nur teilweise genutzt werden. Der Referent zeigt das Potenzial eines konsequent monovalent ausgelegten 1,2-l-Dreizylinder-Erdgasmotors. Vergleichend hierzu werden auch Ergebnisse einer bivalenten Motorvariante sowie eines nennleistungs- und nennmomentgleichen Benzinmotors dargestellt. Durch die monovalente Auslegung ergeben sich dieselähnliche Zünddrücke von bis zu 180 bar und spezifische Leistungen bis zu 110 kW/l, wodurch hohe Anforderungen an die mechanische und thermische Belastbarkeit des Motors gestellt werden. Erdgasspezifische Zylinderkomponenten bringen signifikante Verbrauchsvorteile bei gleichzeitig hohen spezifischen Leistungen. Eine Abgasturboaufladung mit variabler Turbinengeometrie in Kombination mit einer Erdgas-Saugrohreinblasung erhöht das Drehmoment bei niedrigen Motordrehzahlen, verbessert den transienten Ladedruckaufbau und erlaubt kennfeldweit einen stöchiometrischen Betrieb. Für ein Fahrzeug der Kompaktvan-Klasse lassen sich in Summe gegenüber dem Benzin-Serienmotor bis zu 31 % CO_2 einsparen.

Dr. G. Fraidl (Vortragender), **BILD 52**, *Dr. H. Sorger*, *Dr. P. Kapus*, *Dipl.-Ing. H. Melde*, *Dr. S. Lösch*, *Dr. W. Schöffmann*, *Dipl.-Ing. M. Weißbäck*, AVL List GmbH, Graz, Österreich: „Variable Verdichtung – im Technologiewettbewerb?"

Durch die verschärfte Gesetzgebung wird die Notwendigkeit eines nachhaltigen Technologiesprungs deutlich gesteigert. Nach der fortschreitenden Serieneinführung von „Rightsizing" und „Miller/Atkinson"-Konzepten ist die geometrisch variable Verdichtung insbesondere beim Ottomotor der nächste logische Entwicklungsschritt. Bei reinen Motortechnologien haben kontinuierliche Variable-Compression-Ratio-(VCR)-Systeme nicht nur das höchste Verbrauchs- und Mitteldruckpotenzial (zum Bespiel Multi-Link), sondern auch den am weitesten fortgeschrittenen Entwicklungsstand – und werden auch als erste VCR-Systeme in Serie umgesetzt. Da die Marktentwicklung der Elektrifizierung und der Quereinfluss auf die Verbrennungsmotortechnologien derzeit nur schwer quantifizierbar sind, bringt die Konzentration auf dezidierte Einzeltechnologien ein hohes Auslastungsrisiko für die Produktionseinrichtungen. Zweistufige VCR-Systeme, Wassereinspritzung und verbesserte Aufladekonzepte wie Series-Compressor-(SC)-Turbo und die weiterentwickelte Prozessführung Split-Compression-Intercooled (SPCI) zeigen eine höhere Modularität und bessere Integrierbarkeit in bestehende Motorfamilien, allerdings auch ein geringeres Verbrauchs- und Mitteldruckpotenzial als vollvariable VCR-Systeme. Gerade bei den zweistufigen

BILD 50 Dr.-Ing. T. Pauer, Robert Bosch GmbH

BILD 51 Dr. sc. techn. M. Warth, Mahle International GmbH

BILD 52 Dr. G. Fraidl, AVL List GmbH

BILD 53 Dr.-Ing. M. Härtl, TU München

BILD 54 Dr. rer. nat. E. Jacob, Emissionskonzepte Motoren

BILD 55 Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger, RWTH Aachen University

VCR-Systemen geht AVL mit einem öldruckgesteuerten Teleskop-Pleuel neue Wege, die zwar die Beherrschung bislang ungelöster Problemstellungen erfordern, allerdings hinsichtlich Modularität, Kosten und einfacher Integrierbarkeit in bestehende Motoren neue Maßstäbe setzen. „Miller/Atkinson"-Konzepte sind beim Ottomotor die derzeit kostengünstigsten Verbrauchskonzepte und entwickeln sich zu einer dominierenden Mainstream-Technologie. Die nächste Stufe, den Leistungs- und Mitteldruckbereich dieser Systeme auszuweiten, beginnt beim Aufladesystem selbst, wobei hier eine zweistufige Verdichtung mit Zwischenkühlung den Kernpunkt darstellt. Die dadurch signifikant verbesserte Aufladung erlaubt es, entweder den bislang begrenzten Mitteldruck und Leistungsbereich „konventioneller Miller-Ansätze" auszuweiten oder die eigentliche Verdichtung verstärkt vom Zylinder in das Aufladeaggregat zu verlagern und damit die Abgasenergie in kosteneffizienter Weise zu nützen.

NEUE KRAFTSTOFFENTWICKLUNGEN / CO_2-VERMINDERUNG

K. Gaukel, M.Sc., *D. Pélerin, M.Sc.*, *Dr.-Ing. M. Härtl* (Vortragender), **BILD 53**, *Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister*, Technische Universität München, Deutschland; *Jun. Prof. Dr.-Ing. J. Burger*, Technische Universität Kaiserslautern, Deutschland; *Dipl.-Ing. W. Maus*, WM Engineering & Consulting GmbH, Bergisch Gladbach, Deutschland; *Dr. rer. nat. E. Jacob*, (Vortragender), **BILD 54**, Emissionskonzepte Motoren, Krailling, Deutschland: „Der Kraftstoff OME2: Ein Beispiel für den Weg zu emissionsneutralen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor."

Der Vorschlag sieht eine allmähliche Abkehr von der Verwendung fossiler Kraftstoffe auf der Basis von Kohlenwasserstoffen und deren Ersatz durch C1-Oxygenate vor, die aus Abfall-CO_2 und nachhaltig produziertem Wasserstoff hergestellt werden (CWtL). Das Primärprodukt Methanol dient als klimaneutraler Energieträger und Rohstoff zur Produktion maßgeschneiderter Kraftstoffe mit optimaler Eignung für moderne Verbrennungsmotoren. Oxymethylenether (hier: OME2) ist ein C1-Oxygenat mit einer besonderen Eignung als Kraftstoff für Dieselmotoren, hoher Zündwilligkeit (Cetanzahl CZ 90) und ohne toxische Eigenschaften. Der Vortragende präsentiert aktuelle Versuchsergebnisse an einem Common-Rail-Diesel-Einzylindermotor (1,8 l) mit OME2. Unter Einsatz von Abgasrückführung (AGR) kann das Brennverfahren ohne Erhöhung der Partikel- und Partikelanzahlemissionen (PN) auf niedrigste NO_x-Emissionen eingestellt werden – eine Grundvoraussetzung für den realen Fahrbetrieb. Die Herstellung von OME aus fossilem Methanol ist seit 2015 großtechnisch etabliert. Für nachhaltiges OME wird empfohlen, das große thermodynamische Potenzial zur Absenkung des Energieaufwands bei seiner Herstellung zu nutzen, um eine langfristig gesicherte und bezahlbare Defossilisierungslösung zu finden.

Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger (Vortragender), **BILD 55**, *Dipl.-Ing. F. Hoppe*, *Dipl.-Ing. M. Krieck*, *M.Sc. O. Budak*, *M.Sc. M. Zubel*, *M.Sc. B. Graziano*, *Dipl.-Wirt.-Ing. B. Heuser*, *Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. F. Kremer*, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland: „Kraftstoffdesign für zukünftige Motoren – eine Betrachtung aus Sicht des Clusters ‚Maßgeschneiderte Kraftstoffe aus Biomasse'."

Die Forscher des Exzellenzclusters „Maßgeschneiderte Kraftstoffe aus Biomasse" (Tailor-Made Fuels from Biomass, TMFB) an der RWTH Aachen University entwickeln intensiv neuartige Produktionspfade, um lignocellulosehaltige Biomasse möglichst effizient zu flüssigen Kraftstoffen zu transformieren. Durch die enge, interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Experten auf dem Gebiet der Verbrennung ist eine gezielte Auswahl von Kraftstoffkomponenten mit überragenden Stoffeigenschaften möglich, die über eine extrem hohe motorische Effizienz verfügen und eine saubere Verbrennung erlauben.

Als geeignete Biomasse-basierte Kraftstoffe für Ottomotoren wurden dabei 2-Butanon und 2-Methylfuran identifiziert, die an der Volllast einen Wirkungsgradvorteil von über 22 % gegenüber herkömmlichem RON95 E10-Superkraftstoff bieten. Aufgrund des guten Gemischbildungsverhaltens und des erhöhten Sauerstoffgehalts konnten gleichzeitig die Partikelemissionen deutlich reduziert werden. Weitere Untersuchungen zeigten, dass im Fall von 2-Butanon eine Glühzündungshäufigkeit von 2 % erst bei einer

BILD 56 Prof. Dr. R. Schlögl, Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion (CEC)

BILD 57 Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH

BILD 58 Ing. M. Mürwald, Daimler AG

um 40 °C höheren Oberflächentemperatur als bei RON95 E10 auftrat. Eine saubere und effiziente Dieselverbrennung konnte mit den Kraftstoffen 1-Oktanol, Di-Butylether und Dimethoxymethan erzielt werden. Alle drei Moleküle weisen zwar im Vergleich zu herkömmlichem EN590-Dieselkraftstoff einen stark erhöhten Sauerstoffgehalt von bis zu 42 % m/m auf, unterscheiden sich aber in ihren übrigen verbrennungsrelevanten Eigenschaften sehr stark. Mit den Biokraftstoffen 1-Oktanol und Di-Butylether konnte im Vergleich zu Dieselkraftstoff eine Reduktion in den Partikelemissionen um bis zu 90 % erreicht werden. Mit Dimethyoxymethan ließ sich unter gleichen Randbedingungen sogar eine komplett rußfreie Verbrennung erzielen. Aufgrund der sehr schnellen Gemischbildung und dem gleichzeitig erhöhtem Zündverzug muss hier jedoch ein Anstieg der Kohlenmonoxid-Emissionen um 80 % und eine Erhöhung des Verbrennungsgeräuschs um 0,8 dB(A) in Kauf genommen werden.

Prof. Dr. R. Schlögl (Vortragender), **BILD 56**, Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion (CEC), Mülheim a. d. Ruhr, Deutschland; Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft (FHI), Berlin, Deutschland: „Neue Kraftstoffe aus CO_2."

Der Beitrag von Verbrennungsmotoren auf den gesamten CO_2-Ausstoß ist erheblich. In der systemischen Bemühung, diese Emissionen zu reduzieren, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die fossilen Energieträger für Mobilität und Transport zu ersetzen. Der Referent untersucht bestehende Möglichkeiten und erläutert die zugrundeliegenden chemischen Aspekte anhand von ausgesuchten „Designerkraftstoffen".

Prof. Dr.-Ing. J. Hadler (Vortragender), **BILD 57**, *Dipl.-Ing. C. Lensch-Franzen*, *Prof. Dr.-Ing. K. Kirsten*, *Dipl.-Ing. M. Kronstedt*, *Dr.-Ing. C. Guhr*, *B.Eng. M. Wittemann*, APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH, Landau, Deutschland; *Dr.-Ing. B. Kehrwald*, IAVF GmbH, Karlsruhe, Deutschland: „Neue Aspekte für eine tribologisch induzierte CO_2- und Emissionsreduzierung."

Der Vortragende zeigt anhand ausgewählter Beispiele, welche tribologischen Effekte zu Verlusten führen und wie diese gezielt durch dezidierte Maßnahmen und Systembetrachtungen reduziert werden können. Bei den Schmierstoffen wird versucht, eine Potenzialabschätzung hinsichtlich nicht konventioneller Schmierstoffe, wie zum Beispiel die Nutzung von Diesel oder additiviertem Wasser im Kurbeltrieb, zu geben. Der Referent beschreibt die Grundlagenuntersuchungen am Tribometer, die Simulation der Elastohydrodynamik und der Festkörperreibung bis hin zu Vollmotoruntersuchungen mit nichtkonventionellen Schmierstoffen. Einen wesentlichen Aspekt stellt hierbei das APL-eigene Festkörperreibungsmodell dar.

Ein weiterer Schwerpunkt im Vortrag ist die Untersuchung von belastungsoptimierten Schmierspaltgeometrien bei hochbelasteten Gleitlagern im Kurbeltrieb. Dabei werden Aspekte der nicht stetigen Schmierspaltgeometrie zur Verstärkung hydrodynamisch wirksamer Squeeze-Effekte gezeigt. Diese Untersuchungen wurden an einem Forschungsmotor mit modernsten Messtechnik-Tools und auch mit Mehrkörpersimulationen der Elastohydrodynamik und der Festkörperreibung durchgeführt. Neben den bis hierher gezeigten Aspekten, die sich weitestgehend innerhalb der Systemgrenze des Aggregats bewegen, werden anschließend die Zusammenhänge zwischen Connectivity und Thermodynamik vorgestellt, mit dem Ziel, einzelne Tribosysteme im realen Fahrbetrieb noch konsequenter in den Bereich optimaler Betriebsbedingungen zu bringen. Die Auswertung der realen Fahrsituation sowie die Interpretation eines erwarteten Betriebshorizonts aus Umfeldinformationen (zum Beispiel der Navigation oder anderer Car-to-X-Daten), eröffnen Verbesserungspotenziale durch gezielte Vorsteuerung bei Betriebsparametern und Strategien für die Verbrennung oder für das Abgasnachbehandlungssystem. Die stetig wachsenden Fähigkeiten der Powertrain-Regelung und -Steuerung sind in diesem Zusammenhang ein Schlüsselbaustein für die weitere Optimierung der Fahrzeugantriebe. Abschließend erfolgt eine integrale Abschätzung der beschriebenen Maßnahmen in ihrer Wirksamkeit bezüglich einer CO_2-Reduzierung und damit ihres Beitrags zur Realisierung des Zero-Impact-Emission-Vehicle.

NEUE ENTWICKLUNGEN HYBRID / DIESELMOTOR

Ing. M. Mürwald (Vortragender), **BILD 58**, *Dr. U. Keller*, *Dipl.-Ing. J. Strenkert*,

Dr. *M. Maisch*, *Dipl.-Ing. F. Nietfeld*, *Dipl.-Ing. S. Schmiedler*, Daimler AG, Stuttgart/Sindelfingen, Deutschland: „Die neue Generation Hybrid-Antriebe von Mercedes-Benz."

Die Ersteinführung der extern aufladbaren Hybridantriebe erfolgte 2014 mit dem Mercedes-Benz S 500 e. Die neue Generation der Hybridantriebe des Herstellers basiert nun auf dem neuen Automatikgetriebe 9G-Tronic und integriert erstmals die neue 65-kW-E-Maschine, Trennkupplung und Drehmomentwandler mit Überbrückungskupplung in einem neuen Hybridtriebkopf. Durch die wegweisende Weiterentwicklung des Getriebes konnte insbesondere die Effizienz des hybridspezifischen Triebkopfs signifikant verbessert werden. Mit knapp über 30 km Reichweite kann ein Großteil der täglichen Fahrstrecken, insbesondere im innerstädtischen Bereich rein elektrisch gefahren werden. Gleichzeitig erlaubt die zielgerichtet dimensionierte Batterie mit 70 kW auch ein Optimum an Laderaum, Gewichtsverteilung und damit auch Agilität des Fahrzeugs. Für längere Fahrstrecken ermöglicht im E 350 e ein riemenloser Vierzylinder-Ottomotor in Kombination mit der erhöhten Spreizung des 9G-Tronic einen optimalen Verbrauch, während die Boost-Unterstützung der E-Maschine für adäquate Beschleunigung sorgt. Der Vortragende beschreibt Aufbau und Wirkweise des neuen Hybridkonzepts, die neuen Komponenten und die sich daraus ergebenden Verbesserungen der Funktionalität wie beispielsweise beim Motorstart. Darüber hinaus geht er auf die sich durch den neuen Triebstrang ergebenden Vorteile hinsichtlich Verbrauch, Emissionen und Fahrleistungen ein. Abschließend gibt es einen Einblick in die Systemmodularität und auf die vielfältigen Anwendungen.

Dipl.-Ing. U. Wagner, (Vortragender), **BILD 59**, *Dipl.-Ing. M. Rauch*, *Dipl.-Ing. (DH) T. Eckl*, Schaeffler, Herzogenaurach, Deutschland; *Dr. A. Schamel*, *Dipl.-Ing. C. Weber*, *Dipl.-Ing. M. Springer*, Ford, Köln, Deutschland; *Dr. O. Maiwald* (Vortragender), **BILD 60**, *Dipl.-Ing. T. Knorr*, *Dr. S. Lauer*, Continental, Regensburg, Deutschland: „48-V-P2-Hybridisierung mit optimiertem Motorkonzept – bestmögliche Fahrbarkeit bei exzellenter Verbrauchs- und Kosteneffizienz."

Das vorgestellte Fahrzeugkonzept visiert den Markt zwischen den 48-V-Startergeneratorsystemen und Hochvolt-Hybridsystemen an. Um eine große CO_2-Einsparung bei gleichzeitig guter Fahrbarkeit darzustellen, wurde ein hochverdichteter Turbo-Otto-DI-Motor mit „später Einlass schließt"-Strategie und einem RaAx-Turbolader (Radial-Axial-Turbinengeometrie) kombiniert. Aus diesem Motorkonzept wurde mit einem 48-V-P2-Hybridsystem ein hoch effizienter Gesamtantriebsstrang kreiert. Der Referent zeigt die Synergien, die sich aus der Kombination des optimierten Verbrennungsmotors und der 48-V-Technik heben lassen. Hierbei ermöglicht ein elektrisch beheizbarer Katalysator innovative Betriebsmodi unter Einhaltung der gesetzlichen Emissionsrandbedingungen.

Die zentrale Komponente des Hybridsystems ist ein P2-Hybridmodul, das gegenüber einem P0-Riemenstartersystem ein erhöhtes Rekuperationspotenzial hat, rein elektrische Fahrmanöver ermöglicht und damit eine CO_2-optimierte Betriebsstrategie verfolgt. Das Modul zeichnet sich durch eine achsparallel angeordnete und über einen Riemen angebundene E-Maschine sowie einen regelbaren Kolben-Klimakompressor mit Magnetkupplung aus. Ein weiterer Bestandteil ist neben einer Kupplung „K0" zum Abkoppeln des Verbrennungsmotors die ebenfalls integrierte automatisierte Fahrkupplung „K1". Mit dem P2-Hybrid ist eine elektrische Fahrzeugklimatisierung ohne Mehrkosten und rein elektrisches Fahren bei niedrigen Geschwindigkeiten möglich. Dies bildet die Basis für automatisiertes Einparken auch mit Handschaltgetrieben. Ein komfortabler und schneller Motorstart über die 48-V-E-Maschine, vergleichbar mit einem Startergeneratorsystem, bleibt erhalten. Das P2-Hybrid-Modul ist die Grundlage für eine CO_2-optimierte Gesamtfahrstrategie, in der die jeweils optimalen Antriebsmöglichkeiten des Gesamtantriebsstrangs bei hoher Fahrkultur zusammengefügt werden.

Y. Ohta (Vortragender), **BILD 61**, S. *Fushiki*, *S. Matsuo*, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: „Der neue Prius-Antriebsstrang: Der neue 1,8-l-ESTEC-2ZR-FXE-Motor mit dem neuen Hybridsystem."

Der neue Prius-Antriebsstrang verwendet den neuen 1,8-l-ESTEC-2ZR-FXE-Motor in Verbindung mit dem neuen Hybridsystem. Der neue Vierzylindermotor erreicht einen hohen maximalen thermischen Wirkungsgrad von 40 %,

BILD 59 Dipl.-Ing. U. Wagner, Schaeffler

BILD 60 Dr. O. Maiwald, Continental

BILD 61 Y. Ohta, Toyota Motor Corporation

dem derzeit höchsten für einen Serienbenzinmotor. Ein hoher thermischer Wirkungsgrad ist sehr wichtig für die Zufriedenheit der Kunden. Toyota hat daher eine Motorenreihe mit dem Konzept Economy with Superior Thermal Efficient Combustion (ESTEC) entwickelt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Verbrennungstechnologie gelegt, um einen hohen thermischen Wirkungsgrad für konventionelle Antriebe und Hybridfahrzeuge (HVs) zu erreichen. Wie die Vorgänger-ESTEC-Motoren kann auch der neue 2ZR-FXE-Motor mit dem neugestalteten Abgaskrümmer eine große Menge Abgas gleichförmig verteilen (AGR). Zudem wurde die Klopfbeständigkeit verbessert und die Reibung durch Optimierung verschiedener Komponenten, zum Beispiel dem unteren Pleuellager, reduziert. Die neue Generation des Hybridsystems wurde komplett überarbeitet, um das Potenzial des Toyota Hybrid Systems (THS) zu maximieren.

Ing. G. Boretto (Vortragender), **BILD 62**, *Dr. G. Basso*, *Dr. R. M. Frank*, *Ing. L. Borgia*, *Ing. L. Garzarella*, *Ing. R. Carrozza*, *Ing. V. Petronzi*, General Motors Powertrain Europe S.r.l., Turin, Italien; *Dipl.-Ing. M. Weßlau*, *Dipl.-Ing. (FH) A. Bauer*, Adam Opel AG, Rüsselsheim, Deutschland: „Der neue 1,6-l-Diesel-Motor mit zweistufiger Aufladung von General Motors."

Vor drei Jahren brachte General Motors den ersten Motor einer neuen Motoren-Generation auf den Markt – den effizienten und leistungsstarken 1,6-l-Vierzylinder-Euro-6-Mid-Size-Dieselmotor. Dieser Motor war Beginn der bisher stärksten Powertrain-Offensive für Opel/Vauxhall in Europa. Bis 2018 werden insgesamt 17 neue Motoren auf den Markt kommen, die alle auf hohe Leistung, geringen Kraftstoffverbrauch und niedrige CO_2-Emissionen ausgelegt sind. Noch in diesem Jahr wird eine weitere Variante des Mid-Size-Dieselmotors als „Top of the Line" mit zweistufiger Aufladung im neuen Opel Astra an den Start gehen. Dieser 1,6-l-Motor leistet 118 kW und verfügt über ein maximales Drehmoment von 350 Nm. Das Highlight dieses Motors ist der extrem kompakte zweistufige Abgasturbolader. Das innovative Design macht es möglich, den Motor im kompakten C-Fahrzeugsegment mit einem motornahen Abgasnachbehandlungs-System zu integrieren. Der Vortragende beschreibt die technischen Details des Basismotors und des Abgasturboladers.

BILD 62 Ing. G. Boretto, General Motors Powertrain Europe

BILD 63 H. Lee M.Sc., Hyundai Kia Motor Group

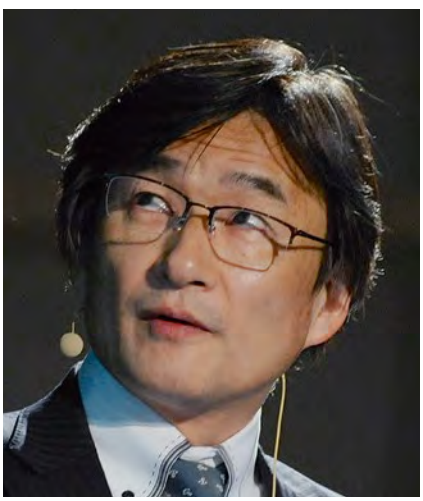

BILD 64 I. Hirose, Mazda Motor Corporation

NEUE OTTOMOTOREN 2

I. Hwang B.Sc., *H. Lee M.Sc.* (Vortragender), **BILD 63**, *H. Park B.Sc.*, *K. Hwang B.Sc.*, *H. Choi M.Sc.*, *K. Lee B.Sc.*, *Dr.-Ing. W. Kim*, *H. Kim M.Sc.*, *Dr.-Ing. B. Han*, *J. Lee B.Sc.*, *B. Shin M.Sc.*, *Dr.-Ing. D. Chae*, Hyundai Kia Motor Group, Namyang, Süd-Korea: „Hyundai-Kia' s hochinnovativer 1,6-l-DI-Ottomotor für Hybridfahrzeuge."

Der Atkinson-Zyklus ist eine thermodynamische Option zur Wirkungsgradverbesserung des Motors. Es ist davon auszugehen, dass diese Wirkungsgradverbesserung sich in Zukunft durchsetzt. Hyundai-Kia wird noch in diesem Jahr den neuen Kappa 1,6-l-Motor mit Benzin-Direkteinspritzung (GDI) einführen, der weltweit in Hybridfahrzeugen verbaut werden soll. Der Entwicklungsschwerpunkt lag auf der Maximierung des thermischen Wirkungsgrads des Motors, da der Motor in einem Hybridfahrzeug verstärkt im Bereich des höchsten thermischen Wirkungsgrads betrieben werden kann. Schlüsseltechnologien sind Klopfunterdrückung und Reibungsreduzierung. Der Kappa 1,6-l-GDI-Motor hat den herausragenden Wert von 40 % des maximalen effektiven Wirkungsgrads erzielt. Um die Kraftstoffeffizienz weiter zu verbessern, werden ein kompakter Brennraum mit Hub-Bohrungsverhältnis 1,35 und weitere Schlüsseltechnologien wie Atkinson-Zyklus mit hohem Verdichtungsgrad, gekühlte Abgasrückführung (AGR) und Hochtumble-Einlasskanäle eingesetzt. Die Reibung wird durch ein Öldrucksteuerventil (OCV), eine integrierte kontinuierliche variable Ventilsteuerung (CVVT), niederviskoses Motoröl und eine zweistufigen Ölpumpe minimiert. Um den aktuellsten strengeren Emissionsvorschriften weltweit gerecht zu werden, hat der Hersteller die Direkteinspritzung mit einem 200 bar-Kraftstoffdruck-System optimiert.

I. Hirose (Vortragender), **BILD 64**, Mazda Motor Corporation, Hiroshima, Japan: „Mazda 2,5-l-Skyactiv-G-Motor mit neuer Aufladetechnik."

Mazda hat Skyactiv-G-Benzinmotoren mit ultrahoher Kompression und Skyaktiv-D-Dieselmotoren mit extrem niedriger Kompression eingeführt. Der Skyaktive-G ist ein frei saugender Motor mit außergewöhnlich hoher Verdichtung, der ein gutes Fahrgefühl und gleichzeitig eine außergewöhnliche Verbrauchsökonomie

bietet. Durch weitere Innovationschritte konnte der Hersteller den Skyaktive-G-2,5-l-Turbomotor bauen – eine Entwicklung jenseits aller bekannten Konzepte von aufgeladenen Motoren. Der Vortragende stellt die Details vor.

T. Niizato (Vortragender), **BILD 65**, *Dr. Y. Yasui*, *Y. Urata*, *Y. Wada*, *M. Jono*, *K. Nakano*, *M. Taguchi*, Honda R&D Co., Ltd. Automobile R&D Centre, Tochigi, Japan; *M. Fischer*, Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH, Offenbach, Deutschland: „Hondas neue Turbo-GDI-Motorenfamilie für globale Anwendung."

Um den Anforderungen verschiedener Fahrzeugtypen Rechnung zu tragen, wurde eine Motorenfamilie mit 1,0, 1,5, 2,0 und 3,5 l Hubraum entwickelt. Durch die Kombination von Turboaufladung, Benzin-Direkteinspritzung, variablem Ventiltrieb und einem Verbrennungskonzept mit hohem Turbulenzgrad konnten sowohl höchste Leistung als auch niedrigster Kraftstoffverbrauch erreicht werden.

Für die Motoren wurden folgende Technologien eingesetzt:

1. Turbolader mit elektrisch geregeltem Wastegate
2. Schnelle Verbrennung durch Tumblekanal, flacher Kolbenmulde und seitlichem Mehrlochinjektor
3. Verbesserung des Low-End-Torque durch Scavenging sowie des Teillastwirkungsgrads und der Maximalleistung durch variablen Ventiltrieb
4. Erkennung von LSPI (low speed preignition) und Verbesserung der Robustheit gegenüber LSPI durch optimierte Hardware und Regelstrategien.

Der 2,0-l-Motor ist im Civic Type-R bereits im europäischen Markt eingeführt und konnte die schnellste Rundenzeit eines frontangetriebenen Fahrzeugs auf der Nordschleife des Nürburgrings erreichen. Der 1,5-l-Motor wurde bereits in Japan in einem MPV mit sieben Sitzen als Nachfolger des 2,0-l-Saugmotors eingeführt. Downsizing und Turboaufladung konnten hier sowohl die Fahrleistung als auch den Kraftstoffverbrauch deutlich verbessern.

MEng. S. Ando (Vortragender), **BILD 66**, *BEng. K. Takashima*, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: „Hocheffiziente Performance – Der neue Infiniti Sechszylinder-Benzinmotor mit Direkteinspritzung und Turboaufladung."

Der neue Infiniti 3,0-l-Biturbo-Benzinmotor VR30DDTT ist Nachfolger des VQ37VHR-Benzinmotors. Dieser Benzinmotor ist wiederum ein direkter Nachfahre der VQ-Benzinmotorserie, die mehrfach weltweit prämiert wurde. Der neue Motor bietet eine überlegene Fahrleistung, kombiniert mit einer guten Umweltverträglichkeit. Ein agiles Ansprechverhalten und überlegene Laufruhe waren wichtige Eigenschaften, die von der früheren Generation der Infiniti Sechszylinder-Benzinmotoren übernommen werden sollten. Um diese Eigenschaften zu erreichen, werden die Direkteinspritzung, eine kleine Turbine, ein Verdichter mit Drehzahlsensor, eine Einlass-VTC mit einem Elektromotor mit hoher Reaktionsgeschwindigkeit und ein CAC-System mit einem kurzem Kreislauf eingesetzt. Trotz eines kleinen Turboladers, der für ein gutes Ansprechverhalten sorgt, wird eine hervorragende Leistung erreicht. Auch der Turbinendrehzahlsensor, der 90 % der Drehzahlgrenze bei statischen Bedingungen unter voller Ausnutzung der Turbo-Leistungsfähigkeit nutzt, trägt zur hervorragenden Leistung bei. Der Kraftstoffverbrauch hat sich um 7 % gegenüber dem Vorgängermotor verringert. Um den Motor für die Einhaltung der zukünftigen Abgasvorschriften vorzubereiten, wurden Technologien wie Zylinderbohrung mit nachbehandelter Spritzbeschichtung, integrierte Abgaskrümmer, ein multiflowgesteuertes Wärmemanagement, eine variabel gesteuerte Ölpumpe und ein elektrisch gesteuertes Wastegate verwendet.

BILD 65 T. Niizato, Honda R&D Co., Ltd. Automobile R&D Centre

BILD 66 MEng. S. Ando, Nissan Motor Co., Ltd.

BILD 67 Dipl.-Ing. E. Bonamassa, Alfa Romeo

NEUE DIESELMOTOREN

Dipl.-Ing. M. G. Lisbona, *Dipl.-Ing. E. Bonamassa*, (Vortragender), **BILD 67**, *Dipl.-Ing. S. Cereda*, Alfa Romeo, Modena, Italien: „Der neue 2,2-l-Voll-Aluminium Alfa Romeo Diesel-Motor."

Nach einer Evaluierung der bereits existierenden Dieselmotoren beschlossen die Ingenieure von Alfa Romeo, keinen der evaluierten Motoren in den Alfa Romeo Giulia einzubauen. Durch den Zylinderblock aus Gusseisen wäre der Antriebsstrang zu schwer, um eine gute Balance zwischen Vorder- und Hinterachse zu gewährleisten. Aus diesem Grund haben sie einen komplett neuen Motor entwickelt.

BILD 68 Ing. F. Steinparzer, BMW Motoren GmbH

BILD 69 Dipl.-Ing. A. Fröhlich, Audi AG

BILD 70 Dipl.-Ing. Dr. R. Aufischer, Miba Bearing Group

Der vorhandene 2,2-l-200-PS-Motor war Ausgangspunkt dieses Projekts: das fluid- und thermodynamische Verhalten bewirkt eine hohe Effizienz und Leistung mit Raum für Optimierungen. Um den Zylinder herum wurde eine neue Voll-Aluminium-Struktur aus Zylinderblock mit Bedplate-Architektur designt. Der Einsatz von Aluminium in einem Dieselmotor mit so hoher spezifischer Leistung war wegen der hohen Spitzendrücke (circa 200 bar) sehr herausfordernd. Es waren enorme Entwicklungsarbeiten für die Guss- und Zerspanungsprozesse nötig, unterstützt durch höchstentwickelte CAE-Analysetools und Simulation. Um das beste NVH-Verhalten zu erzielen, wurde der Massenausgleich komplett überarbeitet und beinhaltet nun zwei Ausgleichswellen, die durch einen Rädersatz auf der Schwungradseite angetrieben werden. Dadurch konnten Vibrationen verringert werden. Durch die Integration der Wellenlagersitze in den Zylinderblock wurde der Struktur eine sehr hohe Steifigkeit verliehen. Das Ergebnis ist eine Maximalleistung von 210 PS bei einem Gewicht von 149 kg, was einer Reduktion von etwa 30 kg im Vergleich zum vorherigen Gusseisenblock entspricht. Diese Werte erfüllen die Anforderungen für die neue Alfa Romeo Giulia.

Ing. F. Steinparzer (Vortragender), **BILD 68**, *Dr. P. Nefischer*, *Dipl.-Ing. W. Stütz*, *Dipl.-Ing. D. Hiemesch*, *Dr. M. Kaufmann*, BMW Motoren GmbH, Steyr, Österreich: „Die neue BMW Sechszylinder-Spitzenmotorisierung mit innovativem Aufladekonzept."

Auf Basis des 2015 im Markt eingeführten Sechszylinder-Dieselmotors aus dem neuen BMW-Motorenbaukasten hat der Hersteller eine Top-End-Variante entwickelt und wird diese im oberen Marktsegment in mehreren Fahrzeuganwendungen anbieten. Neben einer Reihe von Maßnahmen am Grundmotor zur Beherrschung der höheren mechanischen und thermischen Belastungen ist ein Highlight des neuen Motors ein völlig neu entwickeltes innovatives Aufladesystem. Das Brennverfahren, die Einspritztechnologie und auch die Abgasnachbehandlung wurden ebenfalls konsequent weiterentwickelt.

Dr.-Ing. T. Heiduk, *Dipl.-Ing. U. Weiß*, *Dipl.-Ing. (BA) A. Fröhlich*, (Vortragender), **BILD 69**, *Dipl.-Ing. J. Helbig*, D*ipl.-Ing. S. Zülch*, *Dipl.-Ing. S. Lorenz*, Audi AG, Ingolstadt/Neckarsulm, Deutschland: „Der neue V8-TDI von Audi."

Audi setzt mit der nächsten Generation des V8-TDI-Motors ein komplett neues Aggregatekonzept mit Registeraufladung im Innen-V in Kombination mit elektrisch angetriebenem Verdichter um. Das neu entwickelte Aggregat wird seine Weltpremiere im Audi SQ7 haben. Es kombiniert niedrigen Kraftstoffverbrauch mit einer sehr dynamischen und sportlichen Kraftentfaltung über den gesamten Drehzahlbereich.

Der neue V8-TDI-Motor schöpft seine Leistung aus 3956 cm³ Hubraum. Die beiden Abgasturbolader folgen dem Konzept der Registeraufladung. Eine Weltpremiere ist der elektrisch angetriebene Verdichter (EAV), der die konventionellen Abgasturbolader unterstützt und unter anderem für hochdynamische Anfahrperformance sorgt. Der EAV stellt in kürzester Zeit den zur dynamischen Kraftentfaltung notwendigen Ladedruck bereit. Mit dem Audi-Valvelift-System (AVS) kommt erstmals in einem Audi-Dieselmotor eine variable Ventilhubsteuerung zum Einsatz. Das AVS ermöglicht auf der Auslassseite eine schnelle und präzise Zu- und Abschaltung der zweiten Abgasturbine. Auf der Einlassseite kann mit den variablen Steuerzeiten ein hohes Motormoment bei niedrigen Motordrehzahlen mit sportlichem Ausdrehverhalten und maximaler Nennleistung kombiniert werden. Das innovative Thermomanagement und die Maßnahmen im Kurbel- und Nockenwellentrieb garantieren eine geringe Reibung. Das Abgasnachbehandlungssystem des V8-TDI ist die Kombination aus NO_x-Oxidationskatalysator und nachgeschaltetem SCR-DPF-Katalysator, sodass schon heute die strengen Emissionsstandards der Zukunft erfüllt werden können.

NFZ-MOTOREN

Dipl.-Ing. Dr. R. Aufischer (Vortragender), **BILD 70**, *Dipl.-Ing. G. Hager*, *Dipl.-Ing. M. Offenbecher*, Miba Bearing Group, Laakirchen, Österreich: „Reibleistungsreduktion im Kurbeltrieb von Lkw-Motoren aus der Sicht eines Gleitlagerherstellers."

Durch die vermehrte Berücksichtigung des Treibhausgases CO_2 rücken die Treibstoffeffizienz und damit auch die Reibleistung in den Fokus der Wei-

BILD 71 Dr.-Ing. H.-O. Herrmann, Daimler AG

BILD 72 D. Mohr, Cummins Inc.

BILD 73 Prof. Dr.-Ing. T. Weber, Daimler AG

terentwicklung von Motoren. Ein Teil dieser Reibleistung wird durch die Kurbelwellenlagerung verursacht. Die Optimierung dieses Reibleistungsanteils bedarf allerdings eines über die Lagerung hinausgehenden Ansatzes, um die motorspezifischen Rahmenbedingungen wie Motoreinsatz mit seinen unterschiedlichen Einsatzzyklen und die gleitlagerspezifischen Bedingungen wie Hydrodynamik, Mischreibung und Schmierölbedingungen zu berücksichtigen. Um die Potenziale der Reibleistungsoptimierung aufzuzeigen, wird der grundsätzliche Ansatz nach Stribeck mithilfe der numerischen Simulation sowie der Prüfung an unterschiedlichen tribologischen Prüfgeräten für die Einflussfaktoren Lagergeometrie, Reibungskoeffizienten der verschiedenen Paarungen sowie Schmierölformulierung und deren Wechselwirkung mit Oberflächen untersucht und an Beispielen dargestellt. Der Referent stellt die verwendeten Analysegeräte und exemplarische Ergebnisse anhand unterschiedlicher Motorphilosophien vor. Er zeigt auch entsprechende Einschränkungen zur Erhaltung der Lagerfunktion. Zudem verweist er abschließend nochmals auf die Komplexität der Reibungsoptimierung, gibt dann einen Ausblick auf Aktivitäten der Reibungsminimierung unterschiedlicher Lageroberflächen sowie der Interaktion mit dem Schmiermittel.

Dr.-Ing. H.-O. Herrmann (Vortragender), **BILD 71**, *Dr.-Ing. A. Gorbach*, *Dr.-Ing. H. Lettmann*, *Dr.-Ing. E. Chebli*, Daimler AG, Stuttgart, Deutschland: „Die (R)evolution der Daimler Heavy Duty Engine Plattform."

Bekannt als Detroit Diesel DD16, DD15, DD13, Mercedes-Benz OM473, OM471, OM470 sowie Fuso 6R10 laufen diese Motoren heute unter den Fahrzeugmarken Freightliner, Western Star, Mercedes-Benz, Setra und Fuso sowie MTU. Sie sind der Maßstab hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Fahrbarkeit. Nach vielen evolutionären Verbesserungen steht der Plattform ein großer Innovationsschritt bevor. Dieser Schritt beinhaltet unter anderem die nächste Generation des druckverstärkten Common-Rail-Einspritzsystems mit 2700 bar maximalem Einspritzdruck bei voll flexibler Einspritzverlaufsformung, die völlig neue Konstruktion des Daimler-Turboladers mit Festgeometrie und asymmetrischer Querschnittsverteilung der Turbinenfluten, ein innovatives und in dieser Form erstmalig dargestelltes Abgasrückfuhrsystem, kombiniert mit dem weiterentwickelten Abgasnachbehandlungssystem mit nochmals gesteigertem Wirkungsgrad.

Dieser revolutionäre Schritt wird zunächst in Europa eingeführt und in den Folgejahren auf die anderen Märkte ausgerollt. Der Vortragende präsentiert die einzelnen Technologiebausteine und die sich daraus ergebenden Performancevorteile im Detail.

Dr. Ir. R. Smaling, *D. Mohr* (Vortragender), **BILD 72**, *D. Eckroth*, *A. Desai*, *Dr. C. Lana*, *Y. Yuan*, *K. Li*, Cummins Inc., Columbus, IN, USA: „Entwicklung eines Erdgas-Motors für Lastkraftwagen."

Cummins Inc. (CMI) ist weltweit führend in Konzeption, Entwicklung und Vertrieb von Diesel- und Erdgasmotoren. Über die Cummins Westport (CWI) Gemeinschaftsunternehmen werden hochmoderne 9-l- und 12-l-Motoren für Lkw in immer höheren Zahlen hergestellt und verkauft. Das untere Ende des Leistungsbereichs wird mit der Entwicklung eines 6,7-l-Erdgas-Produkts erweitert.

Aktueller Stand der Technik bei mittelschweren und schweren Erdgasmotoren sind Dieselmotor-Konvertierungen im Bereich von 6,5 auf 12 l. Diese Motoren basieren auf einer stöchiometrischen Verbrennung mit gekühlter Abgasrückführung und einem Drei-Wege-Katalysator. Da lediglich eine Umwandlung eines Dieselmotors auf Erdgas erfolgte, können Abstimmungsprobleme auftreten. Diese zeigen sich in Form von geringerer Zuverlässigkeit aufgrund der hohen thermischen Belastungen, des relativ niedrigen Wirkungsgrads durch geringe volumetrische Effizienz und Verdichtungsverhältnisse, durch schlechte Leistungen in Bezug auf Leistung, Drehmoment sowie Einschwingverhalten.

Finanziell gefördert durch South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) und California Energy Commission (CEC) entwickelt Cummins einen schweren Motor speziell für den Erdgasbetrieb. Der Referent fasst die Ergebnisse dieser Entwicklungsarbeit zusammen und präsentiert die ehrgeizigen Ziele für Emissionen, Effizienz, Leistung und Robustheit.

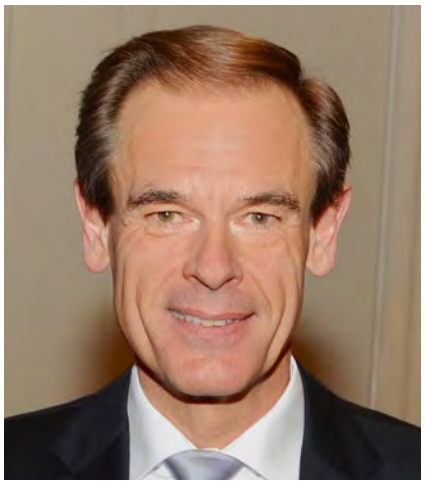

BILD 74 Dr. V. Denner, Robert Bosch GmbH

BILD 75 Dr. E. Scholz, Volkswagen Nutzfahrzeuge

PLENAR-SCHLUSSEKTION: BLICK IN DIE ZUKUNFT

Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, **BILD 73**, Mitglied des Vorstands, Konzernforschung & Mercedes-Benz Cars Entwicklung, Daimler AG, Stuttgart, Deutschland: „Intelligenz und Emotion – Innovative Lösungen für die Mobilität der Zukunft."

„Die Zukunft der Mobilität – sind es tatsächlich nur alte Bekannte, die den Weg dahin markieren? Neue Hightech-Lösungen bei effizienten Otto- und Dieselmotoren, Hybridisierung, Elektro-Fahrzeuge und neue Methoden der Emissionsmessung unter realen Fahrbedingungen, Effizienz, Null-Emission und alternative Antriebe, Vernetzung, autonomes Fahren. Das ist alles bekannt. Aber drehen wir uns deshalb im Kreis? Die Antwort ist einfach: Nein, im Gegenteil – wir machen Riesenschritte nach vorn. Wir träumen nicht mehr von der Mobilität von morgen, wir bringen sie heute auf die Straße. Wer hatte etwa vor einem Jahr gedacht, dass heute bereits eine serienmäßige Mercedes-Benz E-Klasse autonom in Nevada cruist? Weil wir uns mit all diesen Themen konzentriert befassen, blicke ich sehr entspannt in die Zukunft. Denn ich bin überzeugt: Die Fahrzeuge von morgen und übermorgen bieten Emotion und Fahrspaß pur. Das Auto wird immer mehr zum ‚Third Place', einem mobilen Lebensraum mit neuen, ganz unerwarteten Aussichten. Das Thema Auto fasziniert heute mehr denn je und bleibt ein spannendes Feld für Entwicklungsingenieure ebenso wie für Fahrer und Passagiere."

Dr. Volkmar Denner, **BILD 74**, Vorsitzender der Geschäftsführung, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Deutschland: „Die Zukunft der Mobilität aus Sicht von Bosch."

„Die Reduzierung der Emissionen bei gleichzeitigem Erhalt des effizienten Kraftstoffeinsatzes ist das primäre Entwicklungsziel der heutigen Verbrennungsmotoren. Die Homologationstests entwickeln sich kontinuierlich in Richtung Realbedingungen weiter und es bleibt technisch anspruchsvoll, diese zu erfüllen. Diesel-Verbrennungsmotoren haben typischerweise geringere CO_2-Emissionen als Ottomotoren und mit Einführung des Partikelfilters ist die Partikelemission minimal. Jedoch müssen Dieselmotoren in Richtung geringerer NO_x-Emissionen optimiert werden, wie die Straßentests zeigen. Die NO_x-Reduzierung ist möglich, aber unter realen Fahrbedingungen bleibt sie herausfordernd. Insgesamt trägt eine optimale Kombination aus Motor, Abgasrückführung, Einspritzsystem, Turbolader, Steuerung und Abgasnachbehandlung zur Einhaltung der Grenzwerte unter Realbedingungen bei. Am Beispiel des Lkw-Segments kann man sehen, dass herausfordernde NO_x-Emissionsgrenzwerte auch unter Realbedingungen beim Diesel erreicht werden können. Dafür ist es wesentlich, repräsentativ unter realen Bedingungen zu testen, dabei einen großen Bereich des Motorenkennfelds abzudecken sowie geeignete Maßnahmen zur NO_x-Reduzierung zu treffen. Auf der anderen Seite benötigen Ottomotoren weitere Maßnahmen, um die Partikelemission unter Realbedingungen zu erfüllen. Die derzeitige CO_2-Regulierung betrachtet nur fahrzeugrelevante Emissionen (‚Tank-to-Wheel'). Für die Klimabetrachtungen ist es zielführender, auch die CO_2-Emissionen bei der Energiegewinnung mit zu betrachten (‚Well-to-Wheel'). Verwendet man synthetische, aus regenerativen Energien gewonnene Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren, kann man die CO_2-Emissionen in der ‚Well-to-Wheel'-Perspektive reduzieren. Jedoch ist es wesentlich, die Kosten für synthetische Kraftstoffe zu verringern, um den Weg in Richtung De-Fossilisierung zu ebnen.

Die Zukunft der Mobilität ist elektrifiziert, automatisiert und vernetzt. Für die Elektrifizierung ist die Batterie der Wegbereiter. Automatisiertes Fahren wird schrittweise Realität werden und die ‚Autopilot'-Funktion erfordert die Beherrschung von sogenannten ‚Open World'-Situationen. Die verbesserte Vernetzung der Fahrzeuge ermöglicht eine Vielzahl von neuen Funktionen und Dienstleistungen, wie zum Beispiel der ‚elektronische Horizont', das ‚Community-basierte Parken' und der ‚dynamische Straßenzustand'. Aber die Vernetzung des Fahrzeugs hat erst begonnen. In der Zukunft werden auch verschiedene Lebenssituationen miteinander vernetzt sein. So wird das Auto zum persönlichen Assistenten."

Dr. Eckhard Scholz, **BILD 75**, Vorsitzender des Vorstands, Volkswagen Nutzfahrzeuge, Hannover, Deutschland: „Die Mobilitätswelt von morgen – Herausforderungen und Lösungen aus Sicht des Volkswagen Konzerns."

„Lassen Sie mich zunächst die aktuelle Situation in einigen Sätzen einordnen: Mit den Software-Manipulationen an bestimmten Dieselmotoren wurden bei Volkswagen Regeln gebrochen und ethische Grenzen überschritten. Wir wissen, dass wir dadurch viele Menschen enttäuscht haben. Wir setzen alles daran, diese Krise zu bewältigen: mit effektiven technischen Lösungen für unsere Kunden und mit einer lückenlosen Aufklärung der Geschehnisse. Dabei kommen wir Schritt für Schritt voran. Mit Blick nach vorne kommt es vor allem darauf an, dass wir aus den Fehlern der Vergangenheit die richtigen Konsequenzen zie-

hen. Das ist Voraussetzung dafür, dass wir Vertrauen wieder gewinnen und Volkswagen zurück auf einen guten Kurs führen. Denn die Automobilindustrie steht vor ihrem wohl größten Innovationssprung: Das Auto der Zukunft ist effizienter, intelligenter, komfortabler und sicherer als jemals zuvor.

Die großen Herausforderungen zu den Lösungen aus dem Volkswagen-Konzern: im Folgenden möchte ich auf drei Kernbereiche eingehen:
- weitere Optimierung des Verbrennungsmotors
- alternative Antriebstechnologien
- Digitalisierung und damit verbundene neue Geschäftsmodelle.

Zunächst zum Verbrennungsmotor: Er bleibt auf absehbare Zeit unverzichtbar. Das gilt – allen aktuellen Diskussionen zum Trotz – ausdrücklich und gerade für den Dieselmotor. Bis 2020 wird der Volkswagen-Konzern bei Verbrennungsmotoren weitere Effizienzsteigerungen von 10 bis 15 % erzielen. Sie sehen: Die Zukunft des Automobils ist spannend wie nie zuvor. Wir im Volkswagen-Konzern wollen und werden diese neue Mobilitätswelt mitgestalten. Wir freuen uns darauf."

POSTERPRÄSENTATIONEN

Dr. C. Redtenbacher, *Dipl.-Ing. C. Kiesling*, *Prof. A. Wimmer*, LEC GmbH, Graz, Österreich; *Dipl.-Ing. F. Sprenger*, *P. Fasching MSc. ETH*, *Prof. H. Eichlseder*, Technische Universität Graz, Österreich: „Dual Fuel Brennverfahren – Ein zukunftsweisendes Konzept vom Pkw- bis zum Großmotorenbereich?"

Die Präsentation zeigt die zunehmende Bedeutung von Dual-Fuel-Brennverfahren in der Motorenentwicklung, wobei ein Bogen von Pkw- bis hin zu großmotorischen Anwendungen gespannt wird. Der Fokus liegt dabei auf Konzepten, die mit Diesel und Erdgas betrieben werden. Einleitend erfolgt ein Überblick über die je nach Anwendungsbereich unterschiedlichen Motivationen für die Entwicklung von Dual-Fuel-Brennverfahren. Neben dem Triebfaktor zunehmend strengerer Emissionsvorschriften spielen vor allem die Verfügbarkeit vergleichsweise günstiger gasförmiger Kraftstoffe sowie die Möglichkeit, einfach zwischen verschiedenen Kraftstoffen umschalten zu können, eine bedeutende Rolle. Die Variantenvielfalt von Dual-Fuel-Brennverfahren (innere/äußere Gemischbildung, Hochdruck-/Niederdruckgaseinblasung, Zündstrahl-/Substitutionskonzept) wird in einem Konzeptüberblick umfassend dargestellt. Dieser zeigt neben Anwendungen, die sich bereits in Serie befinden, insbesondere jene, denen künftig eine zunehmende Bedeutung zugeschrieben wird, wodurch bereits heute entsprechende Entwicklungsschwerpunkte gesetzt werden. Basierend auf zahlreichen Forschungsprojekten auf dem Gebiet der Dual-Fuel-Anwendungen werden ausgewählte zukunftsweisende Konzepte für den Pkw-, Lkw- und Großmotorenbereich im Detail diskutiert.

Dipl.-Ing. H. Brunner, *Assoc. Prof. Dr. techn. M. Hirz*, *Univ.-Prof. Dr. techn. P. Fischer*, Technische Universität Graz, Österreich: „CO_2e-Emissionen verschiedener Pkw-Technologien bei realen Nutzerverhalten im Produktlebenszyklus."

Eine umfassende, objektive Bewertung von Technologien kann nur unter Berücksichtigung des gesamten Produktlebenszyklus durchgeführt werden. In der vorliegenden Arbeit werden die resultierenden CO_2-Äquivalentemissionen verschiedener Antriebstechnologien auf einer Gesamtlebenszyklus-bezogenen Basis verglichen und quantifiziert. Im Fokus stehen hybride und vollelektrische Antriebe im Vergleich zu verbrennungsmotorischen Konzepten. Aus Sicht des Gesamtfahrzeugs wird auf die Evaluierung von verschiedenen Leichtbautechnologien (Stahl, Aluminium und CFK), sowie die Bereitstellung von Energie und Kraftstoffen konventioneller und regenerativer Herkunft eingegangen. Neben der Produktionsphase stellt die Phase der Fahrzeugnutzung einen Haupteinfluss auf die Bewertung dar. Dabei werden kundenspezifische Nutzungsweisen, typische Einsatzszenarien und Fahrleistungen berücksichtigt. Die Ermittlung und Aufbereitung der Daten erfolgt durch eine Kombination von Simulationsrechnungen und Feldversuchen. Anschließend wird die gesamtheitliche Bilanz der resultierenden CO_2e-Emissionen der betrachteten Systeme unter Berücksichtigung verschiedener Nutzungsmuster diskutiert und ein Ausblick auf künftige gesamtheitliche Bewertungsstrategien gegeben. Insbesondere bei Plug-in-Hybriden und E-Fahrzeugen mit Range-Extendern zeigt das Verhältnis des Betriebs mit elektrischem Strom oder Kraftstoff signifikanten Einfluss auf die Gesamtbilanz. Ein hoher Anteil an Kurzstrecken und möglichen Zwischenladungen trägt zur vermehrten Nutzung des E-Antriebs bei. Dies begünstigt die CO_2e-Bilanz speziell bei Strom aus regenerativen Energiequellen. Ein höherer Anteil an Langstrecken ohne Zwischenladungen erfordert vermehrt den Einsatz der Verbrennungskraftmaschine.

TAGUNGSBÄNDE

Die Vorträge des 37. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschritt-Berichten, Reihe 12, Nr. 796, Band 1 und 2 (einschließlich USB-Stick, auch in englischer Sprache), nebst Zusatzheften enthalten. Die Unterlagen sind beim Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) erhältlich.

EINLADUNG

Das 38. Internationale Wiener Motorensymposium findet am 27./28. April 2017 im Kongresszentrum Hofburg Wien statt, wozu schon heute herzlich eingeladen wird. Rechtzeitige Anmeldung nach Programmbekanntgabe im Internet ab 12. Dezember 2016 wird dringend empfohlen. Vortragsvorschläge mit kurzer Zusammenfassung können ab sofort eingereicht werden.

KONTAKT

Österreichischer Verein
für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)
Elisabethstraße 26, A-1010 Wien
Tel. + 43/1/5852741-0, Fax + 43/1/5852741-99
E-Mail: info@oevk.at
Homepage: www.oevk.at und
https://wiener-motorensymposium.at
© **BILDER**: ÖVK/Kucera

IMPRESSUM | IMPRINT

SONDERBEILAGE ZUM 37. INTERNATIONALEN WIENER MOTORENSYMPOSIUM

In Kooperation
Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)
Elisabethstraße 36
A-1010 Wien

Springer Vieweg
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
Postfach 1546
65173 Wiesbaden

Amtsgericht Wiesbaden
HRB 9754
USt-IdNr. DE81148419

Geschäftsführer Joachim Krieger, Dr. Niels Peter Thomas

Gesamtleitung Magazine Stefanie Burgmaier

Chefredakteur Dr. Alexander Heintzel

Leitender Redakteur Sonderprojekte Markus Bereszewski

Projektmanagement Christiane Imhof

Produktion & Layout Heiko Köllner

Druck Kliemo, Eupen/Belgien

SPECIAL EDITION FOR THE 37TH INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM

In Cooperation with
Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)
Elisabethstraße 36
A-1010 Vienna

Springer Vieweg
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
Postfach 1546
65173 Wiesbaden

Amtsgericht Wiesbaden
HRB 9754
USt-IdNr. DE81148419

Managing Directors Joachim Krieger, Dr. Niels Peter Thomas

Director Magazines Stefanie Burgmaier

Editor in Chief Dr. Alexander Heintzel

Editor Special Editions Markus Bereszewski

Project Management Christiane Imhof

Production & Layout Heiko Köllner

Print Kliemo, Eupen/Belgien

HOFBU
WIENER
MOTORENSYMPOSIUM
VIENNA
MOTOR SYMPOSIUM

37th 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 37th International Vienna Motor Symposium, which was held on April 28th and 29th, 2016. They presented the most recent developments in automotive engineering and described future trends. The present report contains partially condensed summaries of the lectures delivered by the individual authors.

AUTHOR

Univ.-Prof. Dr. techn. Hans Peter Lenz
is President of the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK) in Vienna (Austria).

INTRODUCTION

After the welcome fanfare performed by members of the orchestra of the Vienna University of Technology, *Prof. Lenz*, **FIGURE 1**, welcomed the participants to the 37th International Vienna Motor Symposium, **FIGURE 2**, which was yet again booked solid.

He pointed out that all lectures were contained once more in the VDI progress reports and included a USB-stick with the texts in English and German. The lectures presented by university professors and their assistants had been revised in a peer review process conducted – upon request – by the Scientific Society for Automotive Engineering and Engine Technology (Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik e.V. - WKM). Prof. Lenz also drew attention to the search system of the Austrian Society of Automotive Engineers (Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik) through which it is possible, by entering search terms, to find all lectures presented at the preceding motor symposia, their titles, authors and the companies they represent as well as other papers delivered elsewhere. In addition Prof. Lenz announced a novelty: On the new website of the International Vienna Motor Symposium all lectures presented at this year's symposium and previous symposia are available as of now for downloading by participants.

In his introduction, Prof. Lenz stressed that: "At this conference, we will be informed about a multitude of great developments and major progress; as in the past we can only marvel at these achievements which we would not have considered possible a few years ago: Nearly all of these engine developments have resulted in a reduction of fuel consumption by about 10 % as compared to the respective predecessor engines. In this process, one fact is obvious: without electrification no enhancements of the internal combustion engine can be achieved in the future. The auxiliaries are increasingly driven electrically and, to a great extent, engines operate without belts. Alongside the existing 12 V on-board system, the 48 V on-board electrical system is generally considered as a useful option for a relatively cost-efficient mild hybridisation with up to approximately 15 kW. However, the internal combustion engine will remain the main drive unit for a long time to come. And by a long time we mean approximately 20 to 25 years, the span of time over which reliable forecasts can be made.

At present, gasoline engines are making tremendous strides, and their efficiency comes close to that of diesel engines. Hence we could raise the provocative question as to whether we still need diesel engines for use in passenger cars? Once the efficiency of gasoline engines is more or less in the range of diesel engines, could we comply with the CO_2 limit values if only gasoline engines were to be used?

FIGURE 1 Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz

FIGURE 2 Opening with fanfare

FIGURE 3 Plenary Opening Section: from right to left: G. Le Borgne, J. Fuerst, K. Washington PhD, Dr.-Ing. S. Knirsch, Prof. H. P. Lenz, Dr. T. Hametner

FIGURE 4 View into the Aula

Exhaust gas aftertreatment based on a $\lambda=1$ is cheaper than that for diesel engines. However, if it should turn out that gasoline engines with direct injection require particulate traps, the situation will be different. The plug-in hybrid could constitute an alternative to today's internal combustion engines. This version permits electric driving without range limitations and without electric charging. In this context, the question remains open-ended as to whether customers will be prepared to pay the additional costs in the absence of relevant legislation obliging them to do so.

With regard to transmission systems, experts also expect improvements on the scale of those for internal combustion engines. This strengthens the position of drive trains for internal combustion engines.

This year the presentation of new engines was once again characterized by a number of high-performance engines. Alongside other new engine versions, we have seen two new twelve-cylinder engines and one sixteen-cylinder engine.

One section of the Symposium was being devoted to fuel cells. It is obvious that fuel cells, if at all, will qualify for series production only in many years time from now. But we should, at any rate, acquaint ourselves more closely with fuel cells already today.

There were hardly any interesting new findings to be presented on the topic electro-mobility, but an ever greater number of demands are being made upon governments; such as:

FIGURE 6 Dr. W. Böhme

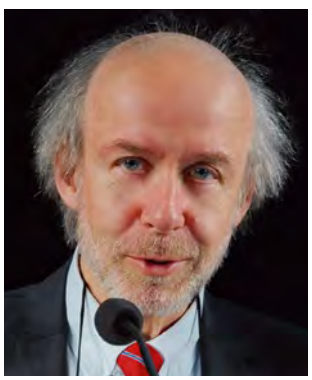

FIGURE 7 Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur

FIGURE 8 Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder

FIGURE 9 Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder

FIGURE 10 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer

FIGURE 11 Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann

FIGURE 5 Ceremonial Hall

an 800 V system architecture for charging, 150 kW charging stations instead of the existing 50 kW stations, using old batteries as home storage media instead of recycling them, and finally direct sales promotion of electric motors.

Another interesting option are gas engines for passenger cars; unfortunately these are just as hard to sell as electric cars. Apparently customers are afraid of gas.

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."

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

A comprehensive and impressive exhibition of new engines, components and vehicles complemented the lectures **FIGURE 18**, **FIGURE 19**, **FIGURE 20**, **FIGURE 21**, **FIGURE 22** and **FIGURE 23**.

FIGURE 12 Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg

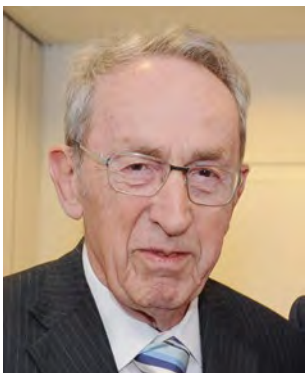

FIGURE 13 Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz

FIGURE 14 Dipl.-Ing. S. Auer

FIGURE 15 Dr. T. Hametner

FIGURE 16 Dipl.-Ing. J. Spreitzer

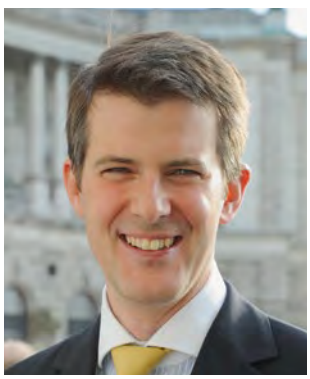

FIGURE 17 Dr. techn. M. Urbanek

FIGURE 18 Exhibition: booth of BMW

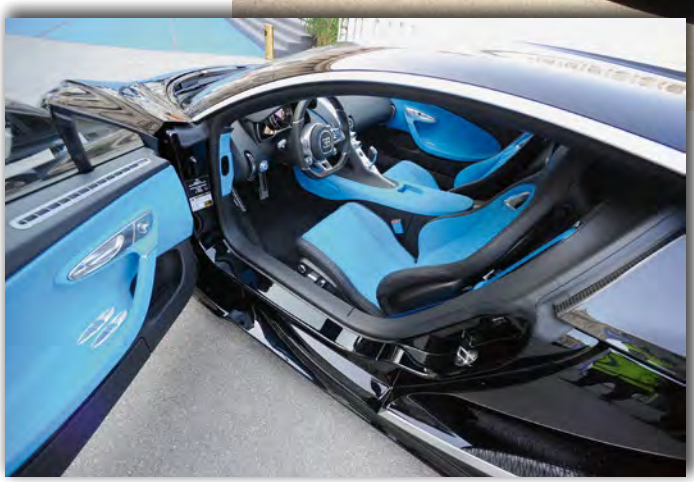

FIGURE 19 AND 20
Exhibition: booth of Bugatti

FIGURE 21 Exhibition: booth of AVL

FIGURE 22 Get-together

FIGURE 23 Exhibition: booth of Audi

Accompanying persons were offered a culturally sophisticated social programme which included impressive walks through the Vienna city centre comprising a variety of sites, such as a guided tour of the Imperial Castle, the "Scottish quarters" and the ancient parts of the city centre. In the evening the participants and accompanying persons attended a reception hosted by the Mayor of Vienna in the Vienna City Hall.

PLENARY OPENING SESSION

Dr.-Ing. Stefan Knirsch, **FIGURE 24**, Member of the Board of Management, Technical Development, Audi AG, Ingolstadt, Germany: "On the Internet of Rings: How Audi Connects the Car."

FIGURE 24 Dr.-Ing. S. Knirsch, Audi AG

FIGURE 25 K. Washington PhD, Ford Motor Company

FIGURE 26 J. Fuerst, Delphi

The lecturer pointed out that Audi, as a premium car manufacturer, shapes the mobility of tomorrow – for customers whose lifestyle is cosmopolitan, urban and digital. The company develops and produces automobiles that are efficient and sustainable, connected and permitting intuitive handling. This is the approach to generating pioneering innovations in all strategically important areas of automotive technology.

And Audi goes beyond: In the future, premium cars will be increasingly measured against the added value they offer. Quality time and convenience are becoming ever more important. What applies to the brand with the four rings also translates to many other areas of the automotive industry. "The car is getting bigger than the car" – this is Audi's belief and that is what customers reaffirm.

Ken Washington PhD, **FIGURE 25**, Vice President, Research & Advanced Engineering, Ford Motor Company, Dearborn, MI, USA: "Vehicle, Mobility, and Sustainability Strategies of a Global OEM."

"The automotive industry has a wealth of expertise to contribute to current and future challenges and needs. Like all other global challenges, the sustainable mobility challenge cannot be addressed by just one organization, but requires a common approach across the industry with policy makers, infrastructure providers, local authorities and other stakeholders. Sustainable future mobility can be developed and implemented only through a global network of interconnected solutions. There is no silver bullet; there is no single solution. It will take time, investment, knowledge, engineering, as well as in some cases also a change of mindset and attitude in order to achieve a seamless, stressless, easy, and environmentally sensitive mode of transportation in the future."

John Fuerst, **FIGURE 26**, Vice President Engineering, Delphi Powertrain Systems, Bascharage, Luxemburg: "Delphi's Approach to Real World Compliance."

The lecturer stressed that we are facing one of the most fundamental periods of disruption our industry has ever seen. The so-called trend towards digitization affects not only conventional automotive engineering but calls for new ways to entirely integrate vehicles into people's lives: we see new mobility concepts and vehicle ownership models, entirely novel customer expectations, and a new type of customer relationship. Today it is no longer the natural right of the automotive industry alone to assure customer mobility, as new actors are appearing on the scene.

The lecture dealt with the central issue of compliance in view of these challenges. But in contrast to what one might believe, compliance is not restricted to meeting legal requirements. Compliance also aims at making our world more predictable, more reliable and more productive. Therefore, compliance has to be seen from two perspectives: on the one hand, the hard factors, which are genuine, concrete, quantifiable, such as technical regulations and standards which must be rigorously adhered to, and the more elusive soft factors on the other hand, which are indirectly determined by customer expectations.

On the basis of a number of new technologies, Delphi can show that optimum solutions must be clever, but need not be complex and thus can more easily satisfy the wishes of the next generation of vehicle owners.

Gilles Le Borgne, **FIGURE 27**, Executive Vice President, Research and Development, PSA Peugeot Citroën, Paris, France: "Impact of Future Automotive Trends on Powertrain Strategies."

The PSA Group has an excellent track record for launching new technologies for the mass market. It often uses technologies before these are covered by statutory regulations. It is the Group's objective to be able to offer every customer a "clean" car. It is PSA's intention, in particular, to provide its customers with more detailed information on fuel economy than in the past.

To this end, the company, together with its partners, started scientific investigations based on the RDE testing procedure and average drivers' behaviour.

The group endorses technology-neutral legislation and promotes the development of new tools, such as life-cycle analyses in order to be able to quantify global environmental damage. These tools are indispensable for assessing the impact of the different mobility solutions.

FIGURE 27 G. Le Borgne, PSA Peugeot Citroën

FIGURE 28 Dipl.-Ing. F. Eichler, Volkswagen AG

FIGURE 29 Dipl.-Ing. J. Königstedt, Audi AG

NEW GASOLINE ENGINES 1

Dipl.-Ing. F. Eichler (lecturer), **FIGURE 28**, *Dr. W. Demmelbauer-Ebner*, *Dr. J. Theobald*, *Dr. B. Stiebels*, *Dr. H. Hoffmeyer*, *Dipl.-Ing. (FH) M. Kreft*, Volkswagen AG, Wolfsburg, Germany: "The New EA211 TSI evo from Volkswagen."

With the new EA211 TSI evo series, TSI technology has entered a decisive development phase. The new engine has been conceived for use across the Volkswagen Group and its displacement has been increased to 1.5 l. It will be launched in two performance variants, in a 96 and a 110 kW version.

The new engine will start replacing the successful EA211 R4 TSI with a capacity of 1.4-l as of the fourth quarter of 2016.

A special feature of the new TSI evo is its exceptionally high efficiency across a wide range of the engine map. This was achieved thanks to the introduction of the so-called Miller combustion cycle with an increased compression ratio and a turbocharger with variable turbine geometry – a world first in volume-produced spark-ignition engines. Cylinder deactivation (ACT) offers a further de-throttling potential under partial load. In addition, a large number of technology modules were newly developed or optimised for the TSI evo engine assembly kit. These include the injection system with a maximum pressure of 350 bar, innovative thermal management and the cylinder wall coating using the APS (atmospheric plasma spray) process. The engine management has likewise been extensively re-engineered. One particular innovation is the brand new cylinder-fill control featuring an adjustable intake camshaft.

The new EA211 TSI evo can deliver efficiency benefits of up to 10 % as compared to the previous 1.4 TSI (92 kW). For customers, this means a fuel consumption benefit of around 1 l per 100 km. Thanks to the characteristics of the new TSI evo it is the ideal engine for dynamic performance in the A00 to B segments as well as for hybrid and CNG concepts.

Dipl.-Ing. J. Königstedt (lecturer), **FIGURE 29**, *Dipl.-Ing. (FH) G. Bonn*, *Dipl.-Ing. C. Brinkmann*, *Dipl.-Ing. G. Fröhlich*, *Dr.-Ing. T. Heiduk*, *Dipl.-Ing. J. Jablonski*, Audi AG, Neckarsulm/Ingolstadt, Germany: "The New 3.0 l V6 TFSI Engine from Audi – the Next Milestone in TFSI Technology."

The new 3.0 l-V6-TFSI engine represents the logical extension of the rightsizing strategy into the high-performance segment. The engine develops 260 kW (354 bhp) and thanks to the use of twin scroll technology, the monoturbo delivers a torque of 500 Nm across a wide engine-speed range from 1370 rpm to 4500 rpm.

The cylinder head concept – with the intake on the outside and the exhaust on the inside – produces short gas paths, low flow losses and high dynamic response. With the 4.0-V8 TFSI, Audi has applied this concept in series production since 2012.

The main development priorities were reducing fuel consumption and meeting worldwide emission legislation. These objectives were reached through the use of the intake-side Audi valvelift system in conjunction with a central injector position, the reduction of friction and innovative thermal management. Thanks to internal engine design meas-

ures, fuel consumption has been reduced by some 6 % as compared to the predecessor model. Lightweight construction, i.e. a high degree of functional integration in the cast parts, means the engine weighs 14 kg less than its predecessor, which, in addition, contributes to boosting driving dynamics.

The 3.0-l-V6 TFSI finds its first application in the new Audi S4. With these technological features, the engine has significantly improved the road performance of the new Audi S4 and, at the same time, resulted in higher fuel economy.

Dipl.-Ing. J. Kerner, *Dr.-Ing. T. Günther* (lecturer), **FIGURE 30**, *Dipl.-Ing. M. Werner*, *Dr.-Ing. A. Kronich*, *Dipl.-Ing. M. Krämer*, *Dipl.-Ing. A. Kramer*, *Dipl.-Ing. C. Pleuß*, *Dipl.-Ing. S. König*, *Dr.-Ing. W. Liesen*, *Dr.-Ing. F. Maier*, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach, Germany: "The New V8 Turbo Engine from Porsche."

Since the introduction of the Cayenne and Panamera as sporty front-engine vehicles, the Porsche V8 turbocharged gasoline engines have powered the top-of-the-range vehicles in both model ranges. As a result of intensive development efforts focused on the gas cycle, the combustion process, the basic power unit and turbocharging, the engine meets the extremely ambitious targets for both performance and efficiency. With 404 kW and 770 Nm, the new V8 biturbo engine in the Panamera turbo therefore assures a level of performance typical of the Porsche brand with markedly reduced CO_2 emissions.

It was possible to meet the requirements made upon the engine owing to the auto-start-stop function, as well as a higher degree of hybridization. Locally different operating conditions constitute no problem thanks to the newly designed oil circuit, a new cylinder liner technology, and a robust crankshaft drive mounting. These characteristics and the compact design with the turbochargers located in the inner V therefore offer excellent preconditions for worldwide use in different model ranges.

Dipl.-Ing. J. Kerner, *Dipl.-Ing. T. Wasserbäch* (lecturer), **FIGURE 31**, *Dipl.-Ing. M. Baumann*, *Dipl.-Ing. MBA T. Brandl*, *Dr.-Ing. B. Kistner*, *Dipl.-Ing. M. Werner*, *Dr.-Ing. R. Schmidt*, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach, Germany: "The New Family of Boxer Engines by Porsche."

A completely new family of turbocharged flat engines was developed for the new generation of the Porsche sports cars 911 Carrera and 718 Boxster. Instead of naturally aspirated engines, flat engines are used for the first time in these sports car models. This engine family features a displacement range from 2.0 to 3.0 l with a power spectrum from 300 to 420 HP.

These new engines combine Porsche's flat engine concept with the 40-year-old tradition of Porsche's turbocharging system. Development efforts were focused on sharpening Porsche's typical driving experience. The characteristic sound of flat engines, a markedly higher torque curve, a responsiveness comparable to that of sports cars and a useful rpm range of up to 7500 rpm have opened up new dimensions of driving performance. In addition to the benefits resulting from smaller displacement and a reduced number of cylinders, efficiency is also enhanced by a newly developed combustion process as well as major changes in lightweight design, friction, oil supply and thermal management.

The new flat engine family embodies Porsche's philosophy more clearly than ever before: the combination of superior driving pleasure with high efficiency as well as first-rate sportiness with outstanding everyday usability.

REAL DRIVING EMISSIONS (RDE)

Dipl.-Ing. J. Badur, *Dipl.-Ing. F. Köhler*, *Dipl.-Ing. H. Schmidt* (lecturer), **FIGURE 32**, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG, Essen, Germany: "Real Driving Emissions (RDE) – Status of Discussion and Practical Implementation."

Despite ever more stringent requirements imposed on exhaust gas measurements, a high percentage of the EU population living in European urban centres is exposed to air pollutant concentrations exceeding the limit values. Exhaust gas emissions from passenger cars and light-duty trucks are measured and assessed under well defined ambient conditions in laboratories on the basis of the "New European Driving Cycle" (NEDC). However, the NEDC covers only a small part of driving conditions in real world traffic (RDE). On May 19, 2015 the Technical Committee on Motor Vehicles (TCMV) adopted the first RDE package. Under European air quality regulations, NO_x emissions constitute the main problem

FIGURE 30 Dr.-Ing. T. Günther, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG

FIGURE 31 Dipl.-Ing. T. Wasserbäch, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG

FIGURE 32 Dipl.-Ing. H. Schmidt, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG

of RDE, but the focus is also on particulate emissions, especially from vehicles with compression-ignition and direct-injection engines. With the RDE procedure, major challenges arise for vehicle manufacturers both with regard to vehicle development and the carrying out of such measurements.

The lecturer described the current state of affairs in the debate about RDE measurements and reported on practical experience gained in measurements with portable emission measurement systems (PEMS).

M. R. Olechiw (lecturer), **FIGURE 33**, *Dr. E. Nam*, *R. Moran*, *K. Bolon*, United States Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI, USA: "USEPA Light-Duty Greenhouse Gas Emission Programs and the Midterm Evaluation."

FIGURE 33 M. R. Olechiw, United States Environmental Protection Agency

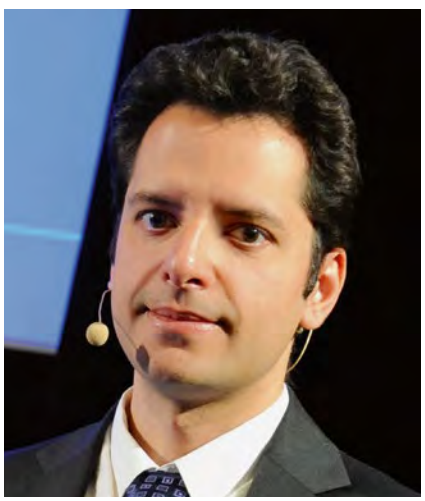

FIGURE 34 Dr. T. G. Vlachos, European Commission, Joint Research Centre (JRC)

As part of the final rulemaking for the 2017 to 2025 MY Light-duty Greenhouse Gas (GHG) standards, the United States Environmental Protection Agency (USEPA) and the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) established a "midterm evaluation". While vehicle manufacturers wanted to have a long term view of future GHG standards, there was a concern as to the development of technology expected to be required to meet the future standards. In addition, the manufacturers were also concerned with economic considerations that could impact their respective compliance strategies. As a result, the agencies put in place provisions for conducting a robust and comprehensive review of the feasibility of meeting the standards from 2022 to 2025 MY. (The standards from 2017 to 2021 MY are fixed and are not being assessed.) In this paper and presentation, the USEPA discusses the process of conducting a midterm evaluation and describes the methodologies that are being used to evaluate the technical considerations. The agencies are re-evaluating many factors for the development of the MTE including powertrain improvements, employment, vehicle mass reduction and safety, infrastructure for electric and alternative fuel vehicles, consumer acceptance, payback periods, fuel cost, fleet mix and market penetration of technologies. All of these factors will include updated analyses and assessments of light-duty vehicles currently being sold, both in the United States and in other countries.

FIGURE 35 Dr.-Ing. H. Baumgarten, FEV GmbH

Dr. T. G. Vlachos (lecturer), **FIGURE 34**, *Dr. P. Bonnel*, *Dr. M. Weiss*, *Dr. B. Giechaskiel*, *Dr. F. Riccobono*, *Dr. P. Mendoza-Villafuerte*, *Dr. A. Perujo*, European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra, Italy: "The Euro 6 Real-Driving Emissions (RDE) Procedure for Light-Duty Vehicles: Effectiveness and Practical Aspects."

The European Union has adopted a real-driving emissions (RDE) test procedure in order to complement standard laboratory tests for the type-approval of light-duty vehicles. The RDE procedure defines requirements for the design and execution of trips on the road and contains evaluation methods to verify the normality of driving conditions. The lecturer analyzed the practicality and effectiveness of RDE provisions with respect to operating conditions, in particular trip composition and the dynamics of vehicles. To this end, three vehicles were tested on eight different routes across Europe. The results of this analysis indicate that the RDE requirements can be met in principle and both route design and trip dynamics can be controlled to cover normal driving conditions.

Out of ten purposefully designed trips, four failed to meet the RDE test requirements: one was invalidated due to excessive stop times during urban driving and two were excluded due to excessive or insufficient dynamics. The test results suggest that the RDE verification process consists of largely complementary steps which permits a reliable assessment of the trips covered. Therefore, it can be concluded that the RDE test procedure and its evaluation methods are practical and effective and do not unduly obstruct measurements of exhaust gas emissions from light-duty vehicles in normal road traffic.

Dr.-Ing. H. Baumgarten (lecturer), **FIGURE 35**, *Dr.-Ing. J. Scharf*, *Dr.-Ing. M. Thewes*, *Dr.-Ing. T. Uhlmann*, *Dipl.-Ing. A. Balazs*, FEV GmbH, Aachen; *M.Sc. M. Böhmer*, RWTH Aachen University, Germany: "Simulation-Based Development Methodology for Future Emission Legislation."

It is necessary to step up development efforts in order to meet the future Euro 6d-TEMP emission limits for both particulate numbers and nitrogen oxide (NO_x) emissions from direct-injection gasoline engines measured by means of the RDE (real driving emissions) procedure. The

lecture describes an approach facilitating decisions at an early stage of development in order to ensure compliance with statutory emission limits. In a first step, a method for emission simulation is explained. Subsequently, driver and route parameters, such as driver aggressiveness, traffic situations and weather conditions are varied by means of the Design of Experiments (DoE) method. With this approach the most challenging scenario regarding PN or NO_x for any given vehicle-powertrain combination can be calculated. An "RDE Lead Scenario" is used to determine powertrain components, operating strategies and control functions. Finally, it is shown by means of current powertrain development projects that PN emissions in the lead scenario parameter combination can exceed emissions of conventional driving cycles (e.g. NEDC, WLTC) by a factor of 5 to 10. By means of appropriate measures regarding injection system and engine control strategies, PN emissions on specific routes can be reduced by 91 % in the most challenging scenario. Compliance with expected "not-to-exceed" emission limits can hence be assured under all circumstances.

LE MANS

P. Fillon (lecturer), **FIGURE 36**, *V. Beaumesnil* (lecturer), **FIGURE 37**, Automobile Club de l'Ouest, Le Mans, France: "The 24 Hours of Le Mans and the WEC, a Technological Laboratory for the Automotive Industry."

Since 1923, the 24 Hours of Le Mans race has been used by manufacturers to test new technologies such as the removable wheel, fog lights, brake discs, direct injection, diesel, hybrid technology, etc. Extreme conditions such as at Le Mans combine the skills that make such a test relevant: a very long and very fast race, day and night, with variable conditions and fair competition amongst a large number of diverse technologies. This makes it unique in motor sports.

The current industrial revolution, which is dedicated to sustainable mobility, has induced the ACO to make a fundamental innovation in motor sports: racing has always been about being the fastest with due regard for the existing regulations. Nowadays, to win a Le Mans or a WEC race, cars have to be both fast and energy efficient.

FIGURE 36 P. Fillon, Automobile Club de l'Ouest

FIGURE 37 V. Beaumesnil, Automobile Club de l'Ouest

The challenge for motor sports is to remain attractive for OEMs by keeping a creative spirit and an open-minded attitude, and to establish strong links between racing cars and the cars we drive every day.

The lecturer delivered by the ACO representatives summarizes all of these challenges which make possible "a road-relevant competition with multiple technologies in a very high performance race", and explains why the automotive industry has "good" reasons to commit to racing.

Dr.-Ing. W. Warnecke (lecturer), **FIGURE 38**, *Dipl.-Ing. MSc B. Poulet*, *J. Landschof*, *A. Dreyer*, *Dipl.-Ing. J. Müller-Belau*, Shell Global Solutions (Deutschland) GmbH, Hamburg, Germany; *MEng. G. Lovett*, Shell Global Solutions UK, United Kingdom: "Innovation from Track to Road: The Role Fuels Can Play in Motorsport."

In co-operation with its motor sports partners and factory teams, Shell has brought to life numerous ideas in the course of decades, developed and implemented a series of innovative solutions, amongst them several firsts in motor sports. The competitive pressure which is so typical of racing accelerates learning and research processes and stimulates parallel efforts to develop new fuels and lubricants for use in road vehicles.

Right from the beginning, Shell has focused on fuel formulations for high-compression racing engines; for sprint and endurance races the company has created fuels with optimized RON/MON octane numbers, high combustion

FIGURE 38 Dr.-Ing. W. Warnecke, Shell Hamburg

speed, and other performance enhancing components as laid down in the specifications for racing fuels, but not containing harmful substances.

In the meantime, the demands made upon racing fuels have become even more differentiated: today racing engines are designed not only for maximum performance but at the same time also for high fuel efficiency: in racing, consumption plays as central a role as for end-users on the road. This new challenge has triggered a wave of development for basic fuels and additives: engine and fuel experts share the task of jointly raising the efficiency and hence the performance of engines by means of innovative fuels. The technology transfer from the race track to the road becomes possible as most racing fuels are governed by

FIGURE 39 I. Kitsopanidis, Ferrari

FIGURE 40 Dipl.-Ing. P. Lückert, Daimler AG

FIGURE 41 Dipl.-Ing. R. Brück, Continental Emitec

tight specifications which are quite similar to road fuel regulations.

New fuel formulations, whether for gasoline or diesel, can be a key factor in winning races, and efficient fuels that have proven their value in the innovative environment of racing may generate an added value for future road applications that will benefit motorists.

New generations of detergent and lubricity additives, friction modifiers, ignition improvers, or even new base fuel components ranging from new biofuels to components providing improved octane/cetane levels and/or higher flame speeds are just some of the innovations that were originally introduced in racing fuels. Many of these innovations were later incorporated into products destined for end users on the road – hence transfer from the racing track to the road has already taken place.

L. Sassi, *I. Kitsopanidis* (lecturer), **FIGURE 39**, Ferrari, Italy; *G. Lovett*, Shell Global Solutions UK, United Kingdom: "Evolutions in Formula 1 Engine Technology: Pursuing Performance from Todays Power Unit through Efficiency."

The lecturer looks back on the evolution of F1 engine technology and the associated regulatory framework governing the sport over the past 15 years. The focus was on the thermo-fluid dynamic development in the period from 2000 to 2007, when the technological advances were largely unlimited, and the time after 2014, when the entirely new power unit (PU) concept was introduced. Subsequently, the lecture deals in detail with the key parameters for engine design in these two periods.

The focus is on the shift of paradigm from maximizing gas exchange to maximizing efficiency by optimizing combustion.

The lecture stresses that the continuous evolution of engine architecture in the course of these years has opened up new paths for fuel and lubricant development, and describes the relevant adaptation of their key properties. In addition, the lecture attempts to make a quantitative comparison of the distribution of fuels within each F1 engine category. The results demonstrate that prior to 2014, F1 engines with a thermal efficiency of approximately 30 % today reach 45 % and therefore are not only powerful but also highly efficient.

EMISSION CONTROL

Dipl.-Ing. P. Lückert (lecturer), **FIGURE 40**, *Dr. F. Duvinage*, *Dipl.-Ing. (FH) T. Braun*, *Dr. A. Mackensen*, Daimler AG, Stuttgart, Germany: "Exhaust Aftertreatment as an Integral Part of the Diesel Engine Development of Mercedes-Benz."

Today, achieving a sustainable reduction in emissions is not only a primary concern for development but also a compulsory prerequisite for the future sustainability of diesel engines in the passenger car market. This contribution offers a brief description of the history and the general conditions for future emission regulations.

On the basis of the general conditions and in view of the objective of a sustainable reduction of emissions and fuel consumption, Mercedes-Benz in 2011 adopted an integrated technology approach and took the decision to develop an entirely new diesel engine generation. Taking the first major unit of the new diesel generation, the new four-cylinder diesel engine OM654 as an example, this presentation outlines the challenges involved in achieving a sustainable reduction of emissions and approaches to finding solutions. The implementation of the integrated technology concept and the focal points of development are described and the results achieved are illustrated.

Dipl.-Ing. R. Brück (lecturer), **FIGURE 41**, *Dipl.-Ing. P. Hirth*, *Dipl.-Ing. B. Hu*, *Dipl.-Ing. C. Schorn*, Continental Emitec GmbH, Lohmar, Germany: "New Catalyst Substrate Innovation for Achieving RDE and SULEV 30 Emission Legislation."

The introduction of the RDE (Real Driving Emissions) passenger car legislation and the stricter in-use compliance regulation for commercial vehicles will require exhaust-gas aftertreatment over the entire engine map in the future. As a result, catalytic converters must be designed both for low-load and high-load operation in such a way as to attain very high conversion rates without a major increase in pressure loss. In the USA (California, for example), additional requirements are being formulated, such as a further reduction in the NO_x limit values by 90 % under the SULEV legislation or the commercial vehicle limit values currently under discussion for California for application from 2020 onward.

Particularly with regard to gasoline engines, implementing these requirements makes it necessary to avoid single-cylinder lambda effects and to further mix flow zones of different exhaust gas concentrations again in order to guarantee, in particular, a high NO_x conversion rate. Solutions, such as installing underbody catalytic converters closely coupled as a subsequent NO_x cleaning stage downstream of a mixing pipe in addition to the catalytic converters, increase the complexity, the exhaust gas back pressure, and costs.

The lecturer presents, for the first time, innovative metallic catalyst substrate concepts in a ring-shaped design that meet the above-mentioned requirements. In addition to illustrating the structure and design of the catalyst systems, he explains comprehensive calculation and test results of the aftertreatment concepts.

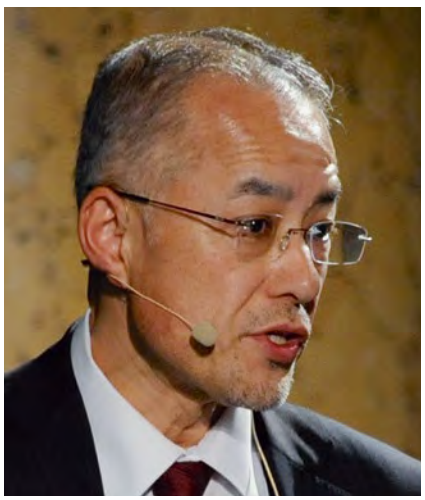

FIGURE 42 K. Yano, Denso Automotive Deutschland

M. Nakagawa, Denso Europe B. V., Weesp, Netherlands; *K. Yano* (lecturer), **FIGURE 42**, *I. Yamauchi*, Denso Automotive Deutschland GmbH, Wegberg/Eching, Germany; *Dr.-Ing. M. Stapelbroek*, *Dr.-Ing. T. Hülshorst*, FEV GmbH, Aachen, Germany, *Dipl.-Wirt.-Ing. A. Nase*, FEV Consulting GmbH, Aachen, Germany: "New Degrees of Freedom for Dimensioning of Hybrid Powertrains by Using Predictive Energy Management."

In addition to the components, the efficiency of hybrid vehicles operating strategy is determined to a great extent by their operating strategy. At present, operating strategies are rule-based, defined on the basis of current, locally available variables regarding the state of vehicles. Assumptions made in advance are used as a basis for the definition of rules, which means that only suboptimal fuel consumption savings can be attained. Hence, the need may arise to oversize certain components in order to generate sufficient power, which leads to higher system costs and increased energy consumption.

This paper introduces a predictive operating strategy that results not only in additional fuel savings in the real driving mode but also improves driving comfort. This strategy is based on the use of a-priori knowledge about the future course of the route from navigation, Car-2-X, and vehicle sensor data. In addition, data on route topology from existing data bases are merged with information on speed limits and traffic lights and made available for the vehicle via Car-2-X communication. By means of this data set, an optimized operating strategy is predicted for the powertrain as well as for the air-conditioning system. This results in higher driving comfort thanks to an optimized utilization of all components in properly adjusted dimensions.

A 3-D-vehicle simulation with real-world driving situations has been used to validate the effects of the predictive operating strategy. Special attention was paid to demonstrating the benefit for the driver of providing sufficient driving dynamics despite the down-sizing of components. Furthermore, this contribution quantifies the fuel saving potential.

FIGURE 43 Dr. B. Fitzsimons C.Eng FIMechE, Aston Martin

FIGURE 44 Dipl.-Ing. Dr. techn. C. Landerl, BMW Group

HIGH PERFORMANCE ENGINES

Dr. B. Fitzsimons C.Eng FIMechE (lecturer), **FIGURE 43**, *B. Husband MSc*, *S. Leathers C.Eng MIMechE*, *J. McLean C.Eng MIMechE*, *I.Minards C.Eng FIMechE MBA*, Aston Martin, Gaydon, United Kingdom: "The New Aston Martin DB11 V12 Engine."

First introduced in DB7 in 1999, the Aston Martin V12 engine has evolved from 420 to 590 bhp in the Aston Martin GT12. Special limited editions of the same engine have been launched at 750 bhp in the Aston Martin One-77 and more than 800 bhp in the recent Aston Martin Vulcan. The motor sports version of the V12 has powered Aston Martin to World Sports Car and Le Mans victories. Aston Martin will continue to use a V12 engine as its top of the range power plant in the launch of new cars starting with the DB11 in 2016.

The power output of the new Aston Martin Twin Turbo 5.2-l V12 engine gives class leading specific power outputs whilst still achieving pollutant emissions compliance in all markets. The Aston Martin V12 still prides itself on being the best sounding engine on the market.

Dipl.-Ing. Dr. techn. C. Landerl (lecturer), **FIGURE 44**, *Dipl.-Ing. J. Miritsch*, *Dipl.-Ing. (FH) M. Brown*, BMW Group, Munich, Germany: "The New BMW Twelve-Cylinder Petrol Engine – Outstanding Comfort and Superior Performance."

The flagship model of the BMW lineup, the new 7 Series, is again powered by a twelve-cylinder gasoline

engine. Development work on this engine focused on the current requirements with regard to fuel consumption and lower emissions, while at the same time retaining the unique smooth characteristics of the predecessor engine, and offering significantly higher power and torque figures.

The lecturer describes the concept and structural design as well as the functional properties of this new twelve-cylinder gasoline engine. A further increase in dynamics, coupled with reduced fuel consumption and outstanding ride comfort, firmly establishes this engine in the top position of BMW's Efficient Dynamics programme.

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. W. Dürheimer (lecturer), **FIGURE 45**, *Dipl.-Ing. W. Netuschil*, *Dipl.-Ing. G. Gries*, *Dipl.-Ing. H. Schnell*, *Dipl.-Ing. T. Fürstenberg*, *Dipl.-Ing. A. Kurowski*, Bugatti Engineering GmbH, Wolfsburg, Germany: "The Sixteen-Cylinder High Performance Engine in the Next Bugatti – The Route to Further Improve Performance."

"The development brief for the Chiron can be summarised in one sentence which is probably the shortest in the history of the automobile: We make the best significantly better", said the lecturer. "Applying this claim to the engine and implementing it technically meant the highly complex sixteen-cylinder engine and its peripherals needed far-reaching enhancement. The result is the most powerful production engine for the world's most exclusive super sports car, which has set new standards in every respect. With a maximum output of 1500 HP and an impressive 1600 Nm, the engine underlines its uniqueness thanks to its compact design and four turbochargers in its W configuration. By implementing sequential turbocharging as a guarantee for high low-end torque, it was possible to create spontaneous engine response despite this considerable increase in output.

Hence the new W16 engine in the Bugatti Chiron marks ultimate top figures for car engine production in terms of output and agility. By consistently reaching these ambitious goals, the requirements in the production super sports car segment have been met convincingly and superior performance has been attained in comparison with competing makes."

FUEL CELLS

Dipl.- Ing. M. Klietz (lecturer), **FIGURE 46**, *Dipl.-Ing. P. Wilde*, *Dr. oec. publ. A. Kleczka*, *Dipl.-Ing. A. Rücker*, *Dr. M. Jung*, BMW Group, Munich, Germany: "Hydrogen Fuel Cell Technology as a Key Element of the Energy Transition."

The BMW Group, which looks back on more than 30 years of experience with hydrogen as an energy storage medium, ranks among the leaders in the area of zero-emission mobility. Owing to the current expansion of electricity from renewable sources, the link between electricity generation and consumption has become weaker both with respect to timing and location. As a result, both excessive supply and shortages occur from time to time in different regions. Approaches to balancing this discrepancy between generation and demand include grid extension, smart grid systems, incentives for standard production and intermediate storage technologies. Power-to-hydrogen is a very promising candidate for the storage and use of electricity due to fast dynamics, scalability and ability to decouple power and energy requirements. Particularly for the long-term storage of large quantities of electricity, liquid hydrogen can be used in tanks or caverns for a clean energy economy and will provide increasing benefits as a transportation fuel. Hence hydrogen plays a key role as a source of energy that can be stored, thus acting as a major enabler of the energy transition. Individual mobility based on hydrogen fuel cell technology assures a highly efficient use of the energy contained in hydrogen.

The lecturer presents the FCEV prototype vehicles based on the BMW 5 GT and reports on the most recent test results. The main objective resides in proving the maturity of this technology and its suitability for everyday use.

Dipl.-Ing. (FH) H. Müller (lecturer), **FIGURE 47**, *Dipl.-Ing. (FH) P. Gutruf*, *Dipl.-Ing. M. Martin*, Magna Steyr Engineering AG & Co KG, Graz, Austria: "Another Future Solution for Long Driving Range at Zero Emission – Fuel Cell Range Extended EV."

Even more stringent regulations for CO_2 fleet targets call for alternative, yet customer-friendly solutions. High costs, range limitations and the lack of infra-

FIGURE 45 Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. W. Dürheimer, Bugatti Engineering

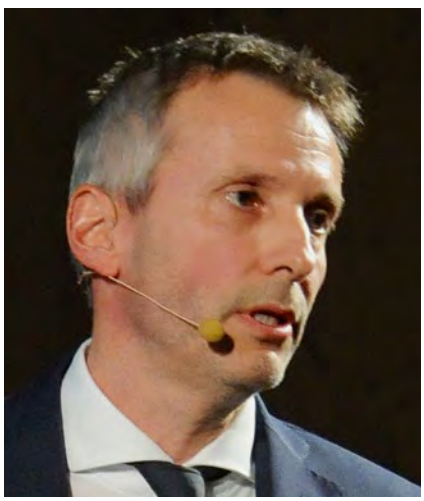

FIGURE 46 Dipl.-Ing. M. Klietz, BMW Group

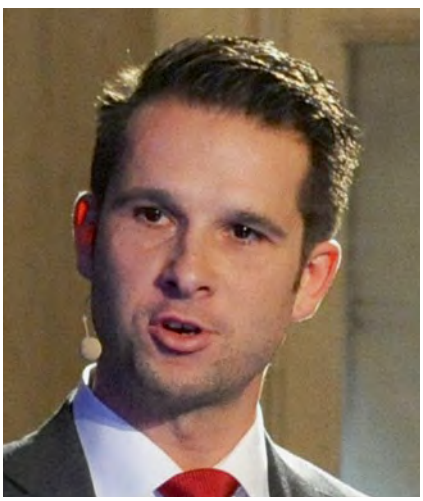

FIGURE 47 Dipl.-Ing. H. Müller, Magna Steyr Engineering

structure mostly constitute aggravating factors for end-customer acceptance and thus prevent a market launch of ZEVs on a broad basis. In the meantime, plug-in hybrids have become "state of the art". They offer a great potential for lowering CO_2 emissions and, in part, permit zero emission operation, provided the required infrastructure is in place. Under a nationally funded research project, another vehicle concept was elaborated which represents a potential solution for very long driving ranges with zero emissions. The benefits of diverse technologies have been exploited with a view to compensating for the well-known disadvantages, such as time-intensive charging cycles. The lecturer illustrates various approaches to an integration of the entire vehicle for the fuel cell range extender concept and demonstrates its practical application on the basis of a technology demonstration vehicle developed by Magna Steyr Engineering.

Dipl.-Ing. J. Rechberger (lecturer), **FIGURE 48**, *Dipl.-Ing. M. Reissig*, *Dipl.-Ing. J. Mathe*, AVL List GmbH, Graz, Austria: "Fuel Cell Systems for Conventional Fuels."

Since 2002, AVL has been developing fuel-cell based electricity generators for mobile applications. In view of the incompatibility of polymer electrolyte membranes (PEM) fuel cells and carbohydrates, high temperature fuel cells – solid oxide fuel cells (SOFC) – are used. This type of fuel cells can be operated with virtually all commercial fuels through reforming and converts not only hydrogen, but also carbon monoxide into electric current. As compared to low temperature fuel cells (PEM), SOFCs, of course, obviously have disadvantages in view of dynamics and starting times on account of their high operating temperature in the range of 700 to 800°, but these are offset by their very high efficiency and multi-fuel capability.

AVL's development of this technology started with a feasibility study; fully integrated auxiliary power units (APU) of the third generation were created thereafter over the course of time. With the current product range SOFC APU gen III, excellent results were obtained such as operation with conventional diesel fuel, 3 kW electric net output, 35 % electric efficiency, and an adequate power density for the respective target application.

The lecturer discusses and explains two different applications in the context of two development projects: on the one hand, the application as an APU in heavy-duty commercial vehicles and on the other as a range extender in battery-electric vehicles.

OTTO ENGINES: NEW DEVELOPMENTS

K. Nakata (lecturer), **FIGURE 49**, *R. Shimizu*, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: "Toyota's New Combustion Technology for High Engine Thermal Efficiency and High Engine Output Performance."

Toyota created new technologies under the project name ESTEC (Economy with Superior Thermal Efficient Combustion) with a view to improving thermal efficiency and thus lowering fuel consumption. In addition, enhanced engine output contributes significantly to the "fun to drive" which in turn guarantees maximum customer satisfaction.

In engine development it is necessary to take a global view of the situation giving due consideration to the potential for air quality and the characteristics of regional and global markets. In view of continuously growing markets, Asian manufacturers need to devise new vehicle models and new engines. However, it takes enormous efforts to develop several types of new engines with high thermal efficiency and enhanced performance for the global market.

Therefore, Toyota is devising a new common architecture concept in order to be able to effectively develop a new engine generation. This allows Toyota to focus more strongly on other product characteristics.

The lecturer presents some physical parameters, such as air flow, air turbulence, and the tumble ratio which determine combustion characteristics and the volume of in-cylinder charging air. The new architecture was defined on the basis of the relationship between these physical parameters and engine design, such as stroke-bore ratio as well as intake port configuration and valve train. With this concept, the company has thus devised a new engine generation with high thermal efficiency and superior output.

FIGURE 48 Dipl.-Ing. J. Rechberger, AVL List GmbH

FIGURE 49 K. Nakata, Toyota Motor Corporation

FIGURE 50 Dr.-Ing. T. Pauer, Robert Bosch GmbH

Dr.-Ing. T. Pauer (lecturer), **FIGURE 50**, *Dipl.-Ing. M. Frohnmaier*, *Dr.-Ing. J. Walther*, *Dipl.-Ing. P. Schenk*, *Dr.-Ing. A. Hettinger*, *Dr.-Ing. S. Kampmann*, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen, Germany: "Optimization of Gasoline Engines by Water Injection."

Whereas downsizing concepts in combination with direct injection and turbocharging have made significant contributions to maximizing the potential of the gasoline engine, a further improvement of engine efficiency and performance is constrained due to knocking. This report describes a cost-effective solution to minimizing knocking in (downsized) gasoline engines thus tapping another potential: water injection. Although water injection is already a well-known technology that has been used in motor sports, in the aviation industry etc., the current trends in exhaust gas legislation make it particularly interesting for the series production of passenger cars.

The lecturer shows how water injection can be a method for lowering fuel consumption and CO_2 emissions while boosting engine performance at the same time. Taking into account the development efforts required for series production of components and their relevant costs, this lecture describes and assesses different implementations of water injection systems. The results measured on a test engine fitted with the preferred implementation are illustrated and explained. Subsequently, vehicle simulations were carried out in order to calculate the resultant water consumption in different driving cycles. Furthermore, this contribution presents selected results of an extensive end-customer survey carried out in the German and American markets with a view to estimating the acceptance of water injection as well as the readiness of customers to refill water.

Dr. sc. techn. M. Warth (lecturer), **FIGURE 51**, *Dipl.-Ing. S. Streng*, *Dr.-Ing. P. Wieske*, *Dr.-Ing. U. Mohr*, Mahle International GmbH, Stuttgart, Germany; *B.Eng. J. Hall*, Mahle Powertrain Ltd., Northampton, United Kingdom: "Monovalent Natural Gas Combustion and Downsizing for Lowest CO_2 Emissions."

Due to inherent compromises in a dual engine design for natural gas and gasoline, the positive fuel properties of natural gas can only be partially utilized. The lecturer presents the potential for a consistently monovalent design of a 1.2-l three-cylinder natural gas engine. In comparison, the potential of a bivalent engine variant and that of a gasoline engine with the same power and torque ratings is also described. Owing to the monovalent design, peak cylinder pressures of 180 bar similar to diesel engines and specific output levels of up to 110 kW/l pose considerable challenges to the mechanical and thermal load capacity of the engine. Cylinder components specific to natural gas can yield significant fuel consumption advantages and high specific power output at the same time. Variable turbine geometry exhaust gas turbocharging in combination with natural gas port fuel injection increases torque at low engine speeds, improves transient boost pressure build-up, and allows for stoichiometric operation across the entire operating map. For a vehicle of the compact van class, up to 31 % in CO_2 savings can be attained compared to the gasoline mass-production engine.

Dr. G. Fraidl (lecturer), **FIGURE 52**, *Dr. H. Sorger*, *Dr. P. Kapus*, *Dipl.-Ing. H. Melde*, *Dr. S. Lösch*, *Dr. W. Schöffmann*, *Dipl.-Ing. M. Weißbäck*, AVL List GmbH, Graz, Austria: "Variable Compression – In Competition with Other Technologies?"

The more stringent future legislation will call for a significantly reduced average fleet fuel consumption thus dramatically increasing the need for a sustainable technology leap. After the progressive series launches of "rightsizing" and Miller/Atkinson concepts, the geometrically Variable Compression Ratio (VCR) is the next logical development step, especially with gasoline engines.

If we restrict ourselves to pure engine technologies, then continuous VCR (variable compression ratio) systems not only offer the highest potential for fuel economy and BMEP (mean pressure) e.g. multi-link systems but also represent the most advanced development status and will probably be the first VCR systems to be introduced in series production. As the market development of electrification and its cross-impact on ICE technologies are currently difficult to quantify, concentration on a dedicated single technology results in a high utilization risk for production facilities.

In this respect, two-step VCR systems, water injection and enhanced turbocharging such as the Series Compressor (SC) turbo as well as an advanced process control split compression intercooled (SPCI), offer a higher modularity and better integration capability for existing engine families, but also have a lower fuel consumption and BMEP potential than fully variable VCR systems.

Especially with its two-stage VCR systems, AVL has opened up new perspectives with its oil-pressure actuated telescope conrod which, although posing hitherto unsolved problems, will set new standards in terms of modularity, cost-efficiency and easy integration into existing engine families.

With gasoline engines, "Miller/Atkinson" concepts at present represent the most cost-effective fuel economy option

FIGURE 51 Dr. sc. techn. M. Warth, Mahle International GmbH

FIGURE 52 Dr. G. Fraidl, AVL List GmbH

FIGURE 53 Dr.-Ing. M. Härtl, Munich University of Technology

FIGURE 54 Dr. rer. nat. E. Jacob, Emissionskonzepte Motoren

FIGURE 55 Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger, RWTH Aachen University

and are emerging as the predominant mainstream technology. The next major step to improve the performance and BMEP range of such systems preferably starts with the charging system itself. In this case, two-stage compression with intercooling constitutes the core element. Thanks to the significantly improved charging efficiency, the hitherto limited BMEP and performance range of "conventional Miller approaches" can be extended, or the compression process can increasingly be shifted from the cylinder to the charger (SPCI) and thus exploit the exhaust energy in a cost-efficient way.

NEW FUEL DEVELOPMENTS / CO_2 REDUCTION

K. Gaukel, *D. Pelerin*, *Dr.-Ing. M. Härtl* (lecturer), **FIGURE 53**, *Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister,* Munich University of Technology, Germany; *Jun. Prof. Dr.-Ing. J. Burger*, Kaiserslautern University of Technology, Germany; *Dipl.-Ing. W. Maus,* WM Engineering & Consulting GmbH, Bergisch Gladbach, Germany; *Dr. rer. nat. E. Jacob* (lecturer), **FIGURE 54**, Emissionskonzepte Motoren, Krailling, Germany: "The Fuel OME2: An Example to Pave the Way to Emission-Neutral Vehicles with Internal Combustion Engine."

The proposed solution provides for a gradual departure from the use of fossil fuels derived from hydrocarbons and their replacement by C1 oxygenates, which are produced from waste CO_2 and sustainably obtained hydrogen (CWtL). The primary product methanol serves as a climate-neutral energy source and as a raw material for the production of tailor-made fuels with ideal suitability for modern combustion engines. Oxymethylene ether (OME), in this case OME2, is a C1-oxygenate with particular suitability as a fuel for diesel engines due to its high ignition quality (cetane number CN 90) and without toxic properties. By using exhaust gas recirculation (EGR), the combustion process can be adjusted to produce extremely low NO_x emissions without increasing particulate matter and particulate number (PN) emissions. This is a basic requirement for real world-driving.

Since 2015, the production of OME from fossil methanol has been established on an industrial scale. For sustainable OME it is recommended to use the great thermodynamic capabilities to reduce energy consumption during its production so that affordable defossilization on a long-term basis can be ensured.

Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger (lecturer), **FIGURE 55**, *Dipl.-Ing. F. Hoppe*, *Dipl.-Ing. M. Krieck*, *M.Sc. O. Budak*, *M.Sc. M. Zubel*, *M.Sc. B. Graziano*, *Dipl.-Wirt.-Ing. B. Heuser*, *Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. F. Kremer*, RWTH Aachen University, Germany: "Fuel Design for Future Combustion Engines – A View from the Cluster 'Tailor-Made Fuels from Biomass.'"

Researchers of the Cluster of Excellence "Tailor-Made Fuels from Biomass" (TMFB) at RWTH Aachen University are working intensively on the design of highly efficient novel production pathways and processes to transform lignocellulosic biomass into liquid fuels. The close, interdisciplinary co-operation with combustion experts permits a strategic selection of fuel components with superior properties that assure an extremely efficient and clean combustion.

2-butanone and 2-methylfuran have been identified for spark-ignited (SI) engines as biomass-based fuels. At full load, both fuels offer an efficiency gain of more than 22 % compared to the conventional super fuel RON95 E10. As a result of the improved mixture formation and increased oxygen content, particulate emissions were significantly reduced at the same time. Moreover, further investigations demonstrated that in the case of 2-butanon, 2 % pre-ignition phenomena occur only at 40 °C higher surface temperatures than for RON95 E10.

A clean and efficient diesel-type combustion was reached with the fuel candidates 1-octanol, di-butyl ether and dimethoxymethane. All three molecules show up to 42 % m/m higher oxygen content than EN590 diesel fuel, but they differ significantly with respect to all other combustion-related characteristics. With the biofuels 1-octanol and di-butyl ether it was possible to lower particulate emissions by as much as 90 %. However, with dimethoxymethane completely soot-free combustion was achieved under some identical conditions, but due to the rapid vaporization and the prolonged ignition delay, an increase of carbon monoxide emissions of 80 %, and a rise of combustion noise by 0.8 dB(A) had to be taken into account.

FIGURE 56 Prof. Dr. R. Schlögl, Max Planck Institute for Chemical Energy Conversion

FIGURE 57 Prof. Dr.-Ing. J. Hadler, APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH

FIGURE 58 Ing. M. Mürwald, Daimler AG

Prof. Dr. R. Schlögl (lecturer), **FIGURE 56**, Max Planck Institute for Chemical Energy Conversion, Mülheim a. d. Ruhr, Germany; Fritz Haber Institute of the Max Planck Society, Berlin, Germany: "CO_2 to Fuels – Chemical Perspectives."

Internal combustion engines account for a large portion of total CO_2 emissions. Systemic efforts aimed at a reduction of these emissions must involve measures that offer an alternative to fossil sources of energy used for mobility and transport. The lecturer analyses existing options for achieving this goal and explains the chemical perspectives on the basis of selected designer fuels.

Prof. Dr.-Ing. J. Hadler (lecturer), **FIGURE 57**, *Dipl.-Ing. C. Lensch-Franzen*, *Prof. Dr.-Ing. K. Kirsten*, *Dipl.-Ing. M. Kronstedt*, *Dr.-Ing. C. Guhr*, *B.Eng. M. Wittemann*, APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH, Landau; *Dr.-Ing. B. Kehrwald*, IAVF GmbH, Karlsruhe, Germany: "New Aspects for a Tribologically Induced CO_2- and Emission Reduction."

The lecturer shows which tribological effects lead to losses and how these can be selectively combatted by means of dedicated, detailed measures and system analyses on the basis of a number of selected examples. This contribution seeks to estimate the potential of non-conventional lubricants, such as diesel or additised water in the crank system. Starting with an illustration of the fundamental research on a tribometer, this article also describes the results of simulations of elasto-hydrodynamic and solid-body friction, as well as engine tests with non-conventional lubricants. APL's model of solid-body friction constitutes an essential aspect of these investigations.

Another key issue explored by this research is the investigation of load-optimised lubrication gap geometries of highly stressed journal bearings in the crank drive. Aspects of the non-steady-state lubrication gap geometries for enhancing hydrodynamic squeeze effects are also investigated. These investigations were conducted on a research engine using highly sophisticated measurement techniques, as well as multi-body simulations, plus elasto-hydrodynamic and solid-body friction.

Alongside the above aspects, which are to the greatest possible extent within the system limits, the last part of the lecture is devoted to the correlations between connectivity and thermodynamics with a view to shifting individual tribological systems in real world operation more consistently towards optimum conditions.

The evaluation of real driving conditions as well as the interpretation of an expected operational horizon, derived from information about the environment, such as data from Sat-Nav-systems or other car-2-X data, offer the potential for optimization through the specific pre-adjustment of operating parameters and strategies for the combustion procedure or exhaust gas after-treatment.

In this context, the ever-growing capabilities of powertrain control and timing constitute a key element for a further optimisation of vehicle drivetrains.

The lecture concludes with an overall assessment of the effectiveness of the described measures with regard to CO_2 reductions and their contribution to the creation of a zero impact emission vehicle.

HYBRID / DIESEL ENGINES: NEW DEVELOPMENTS

Ing. M. Mürwald (lecturer), **FIGURE 58**, *Dr. U. Keller*, *Dipl.-Ing. J. Strenkert*, *Dr. M. Maisch*, *Dipl.-Ing. F. Nietfeld*, *Dipl.-Ing. S. Schmiedler*, Daimler AG, Stuttgart/Sindelfingen, Germany: "The New Generation of Hybrid Powertrains from Mercedes-Benz."

Externally chargeable hybrid drives were first launched with the S 500 e in 2014. The new generation of hybrid drives from Mercedes-Benz is now based on the new automatic transmission 9G-Tronic and is the first to integrate the new 65 kW electrical unit, clutch and converter with a lockup clutch in a new hybrid traction head. Thanks to the trend-setting further development of the transmission, the efficiency, especially of the hybrid-specific traction head, has been significantly improved. With a range of just over 30 km, a large proportion of daily driving routes can be covered on electricity alone, particularly in city centres. At the same time, the specifically sized 70 kW battery provides for an optimal luggage compartment, weight distribution and hence vehicle agility. For longer driv-

ing routes, the use of a beltless four-cylinder gasoline engine in combination with the increased gear ratio spread of the 9G-Tronic in the E 350 e facilitates maximum fuel economy, whereas the boost support from the electrical unit ensures sufficient acceleration.

The presentation describes the structure and operation of the new hybrid concept, the new components and the resulting improvements in functionality, such as when starting the engine. In addition, particular attention is paid to the benefits in terms of fuel consumption, emissions and driving performance resulting from the new powertrain. At the close, the lecture focuses on system modularity and examines the diverse applications.

Dipl.-Ing. U. Wagner (lecturer), **FIGURE 59**, *Dipl.-Ing. M. Rauch*, *Dipl.-Ing. (DH) T. Eckl*, Schaeffler, Herzogenaurach, Germany; *Dr. A. Schamel*, *Dipl.-Ing. C. Weber*, *Dipl.-Ing. M. Springer*, Ford, Cologne, Germany; *Dr. O. Maiwald* (lecturer), **FIGURE 60**, *Dipl.-Ing. T. Knorr*, *Dr. S. Lauer*, Continental, Regensburg, Germany: "48 V P2 Hybrid Vehicle with an Optimized Combustion Engine – Fuel Economy and Costs at their Best Combined with Enhanced Driving Behavior."

The vehicle concept presented is aimed at the market between the 48 V starter generator systems and high-voltage hybrid systems. To ensure both a significant reduction of CO_2 emissions and excellent drivability, a high-compression turbocharged gasoline DI engine was combined with "late intake valve closing" and a RaAx turbocharger (radial-axial turbine geometry). This engine concept was used as a basis for creating a highly efficient overall powertrain with a 48 V P2 hybrid system. Thanks to an electrically heated catalytic converter, innovative operating modes can be applied in compliance with the existing emission legislation.

The central component of the hybrid system is a P2 hybrid module, which benefits from a greater recuperation potential than a P0 belt starter system and permits all-electric driving manoeuvres and thus a CO_2-optimized operating strategy. It is characterized, in particular, by an electric motor positioned in parallel to the axis (transmission input shaft) – A/C compressor with a magnetic clutch. In addition to a "K0" clutch for disengaging the internal combustion engine, the hybrid module includes an integrated automatic "K1" drive clutch. The features of this P2 hybrid architecture include the option of electric vehicle air conditioning without extra costs and all-electric driving at low speeds. This is the prerequisite for automated parking, even for vehicles with manual transmission. The 48 V-E electric motor assures smooth and rapid starting of the engine, comparable to a starter generator system. This constitutes the basis for a CO_2 optimized driving strategy which combines the optimum methods for the entire powertrain while, at the same time, assuring a refined driving experience.

Y. Ohta (lecturer), **FIGURE 61**, *S. Fushiki*, *S. Matsuo*, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: "The New PRIUS Powertrain: The New 1.8 L ESTEC 2ZR-FXE Engine with the New Generation Hybrid System."

The new PRIUS powertrain uses the new 1.8 l ESTEC 2ZR-FXE engine in combination with the new hybrid system. The new four-cylinder engine boasts a high maximum thermal efficiency of 40 % which currently is the highest value for a series-produced gasoline engine.

A high thermal efficiency is a key factor for assuring customer satisfaction with the product. Toyota is creating an engine range based on the concept of "Economy with Superior Thermal Efficient Combustion" (ESTEC). In this context, a particular emphasis is placed on combustion technology with a view to enhancing the thermal efficiency of conventional and hybrid vehicles (HVs). Like other ESTEC engines, the new 2ZR-FXE relies on a high degree of exhaust gas recirculation (EGR) with a uniform gas distribution in the redesigned intake manifold. In addition, knock resistance has been improved and friction has been reduced through the optimization of various components, i.e. the lower conrod bearing. The new generation of Toyota's hybrid system (THS) has been completely redesigned for maximizing its potential.

Ing. G. Boretto (lecturer), **FIGURE 62**, *Dr. G. Basso*, *Dr. R. M. Frank*, *Ing. L. Borgia*, *Ing. L. Garzarella*, *Ing. R. Carrozza*, *Ing. V. Petronzi*, General Motors Powertrain Europe s.r.l., Torino, Italy; *Dipl.-Ing. M. Weßlau*, *Dipl.-Ing. (FH) A. Bauer*, Adam Opel AG, Rüsselsheim, Germany: "The New 1.6 L Midsize Diesel Engine with Two-Stage Turbocharging from General Motors."

FIGURE 59 Dipl.-Ing. U. Wagner, Schaeffler

FIGURE 60 Dr. O. Maiwald, Continental

FIGURE 61 Y. Ohta, Toyota Motor Corporation

In 2013, General Motors launched the first of a new generation of diesel engines: the efficient and powerful 1.6 l four-cylinder Euro 6 midsize diesel engine. This was the initial step of the strongest powertrain offensive of the Opel/Vauxhall brand in Europe. By 2018, a total of seventeen new engines will be launched in the market, all of which are designed for high performance and refinement, low fuel consumption and reduced CO_2 emissions. In 2016, an additional variant of the midsize diesel engine family will be introduced in the Opel Astra as "Top of the Line": This engine has a power output of 118 kW and a maximum torque of 350 Nm. The core of the engine is the extremely compact two-stage turbocharger, which allows the integration of a fully close-coupled aftertreatment system in a C-segment vehicle. The key technical features of the base engine and turbocharging technology are described in this paper.

NEW OTTO ENGINES 2

I. Hwang B.Sc., *H. Lee M.Sc.* (lecturer), **FIGURE 63**, *H. Park B.Sc.*, *K. Hwang B.Sc.*, *H. Choi M.Sc.*, *K. Lee B.Sc.*, *W. Kim Dr.-Ing.*, *H. Kim M.Sc.*, *B. Han Dr.-Ing.*, *J. Lee B.Sc.*, *B. Shin M.Sc.*, *D. Chae Dr.-Ing.*, Hyundai Kia Motor Group, Namyang, South Korea: "Hyundai-Kia's Highly Innovative 1.6 L GDI Engine for Hybrid Vehicle."

The Atkinson cycle is a thermodynamic option for improving engine efficiency. It can be assumed that it will be more widely used in the future.

In 2016, Hyundai-Kia will introduce its new Kappa 1.6-l engine with gasoline direct injection (GDI) which will be applied worldwide in hybrid vehicles. The main focus is on maximizing thermal efficiency because in hybrid vehicles the engine can be operated mainly in the range of the highest thermal efficiency. The key technologies applied aid knock suppression and a reduction of friction.

The Kappa 1.6-l GDI engine reaches the supreme value of 40 % of maximum brake thermal efficiency. With a view to maximizing fuel economy, a compact combustion chamber with a bore-stroke ratio of 1.35 is used, as well as other key technologies such as Atkinson cycle ensuring a high compression ratio, cooled exhaust gas recirculation (EGR) and high tumble intake ports.

In order to meet the most recent, more stringent exhaust gas emission standards worldwide, the direct injection system with 200 bar fuel pressure has been optimized.

I. Hirose, **FIGURE 64**, Mazda Motor Corporation, Hiroshima, Japan: "Mazda 2.5 L Skyactiv-G Engine with New Boosting Technology."

Mazda introduced the petrol engine Skyactiv-G with an ultrahigh compression ratio and the diesel engine Skyactiv-D with an ultralow compression ratio. The Skyactiv-G is a naturally aspirated engine with an extraordinarily high compression ratio offering a brisk driving experience and at the same time outstanding fuel economy. By taking further steps of innovation, Mazda created the Skyactiv-G 2.5-l supercharged engine which goes beyond all general concepts of boosted engines. The lecturer illustrates all design details of this novel engine.

T. Niizato (lecturer), **FIGURE 65**, *Dr. Y. Yasui*, *Y. Urata*, *Y. Wada*, *M. Jono*, *K. Nakano*, *M. Taguchi*, Honda R&D Co., Ltd. Automobile R&D Centre, Tochigi, Japan; *M. Fischer*, Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH, Offenbach, Germany: "Honda's New Turbo-GDI Engine Series for Global Application."

With a view to meeting the requirements of different types of vehicles, Honda devised a new engine family with a displacement of 1.0, 1.5, 2.0 and 3.5 l. As a result of the combination of turbo-charging, gasoline direct-injection, a variable valve train system and high turbulence combustion, these

FIGURE 62 Ing. G. Boretto, General Motors Powertrain Europe

FIGURE 63 H. Lee M.Sc., Hyundai Kia Motor Group

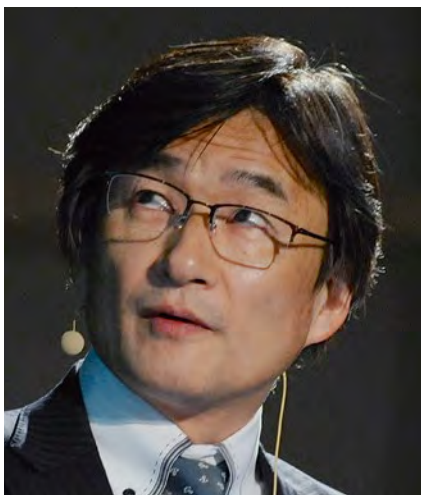

FIGURE 64 I. Hirose, Mazda Motor Corporation

FIGURE 65 T. Niizato, Honda R&D Co., Ltd. Automobile R&D Centre

engines deliver maximum power at lowest fuel consumption rates.

The following key technologies have been integrated into these engines:

1. Turbo-charger with an intelligent electrically controlled waste gate
2. Rapid combustion with strong tumble port, dish-shaped piston crown, and side-mounted multi-hole DI injector
3. Enhancement of the low-end torque through scavenging improvement of part load efficiency and maximum power thanks to variable valve timing
4. LSPI (low speed pre-ignition) detection and protection system through optimized hardware and control strategies hardware with high robustness against LSPI.

The 2.0-l engine was introduced in the European market with the launch of the Civic Type-R. This vehicle recorded the fastest lap time on the Northern loop of the Nuremberg Ring Race as front-drive engine. The 1.5-l engine was installed in a seven-seat MPV and launched in the Japanese market as the successor to the previous 2.0-l NA engine. Through downsizing and turbocharging, the driving performance and fuel economy of this vehicle were dramatically improved.

MEng. S. Ando (lecturer), **FIGURE 66**, *BEng. K. Takashima*, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: "Highly Efficient Performance – The New Infiniti V6 Petrol Engine with Direct Injection and Turbocharging."

The new Infiniti 3.0-l twin-turbocharger engine VR30DDTT is the successor to the VQ37VHR engine. This engine is a direct descendent of the VQ gasoline engine series which has been a multiple award winner all over the world. It offers superior driving performance combined with good environmental friendliness. A sharp throttle response and smoothness are important features which had to be taken over from the previous generation as DNA of the Infiniti six-cylinder gasoline engines. In order to preserve these features in the new engine, direct injection, a small turbine and a compressor with a speed sensor, high response electric motor intake VTC and a short-circuit CAC system were applied.

Despite the small turbocharger which assures good response, the engine delivers outstanding power thanks to a turbine speed sensor which, under static conditions, allows full use of 90 % of the engine speed. Fuel economy was improved by 7 % over the predecessor engine. To ensure that this engine will comply with future exhaust gas emission regulations, technologies such as multi-flow cylinder bore spray coating with mirror finish, integrated exhaust manifold, multi-flow controlled thermal management, an oil pump with variable timing and an electrically controlled waste gate are used.

FIGURE 66 MEng. S. Ando, Nissan Motor Co., Ltd.

FIGURE 67 Dipl.-Ing. E. Bonamassa, Alfa Romeo

NEW DIESEL ENGINES

Dipl.-Ing. M. G. Lisbona, *Dipl.-Ing. E. Bonamassa* (lecturer), **FIGURE 67**, *Dipl.-Ing. S. Cereda*, Alfa Romeo, Modena: "The New 2.2 All-Aluminium Alfa Romeo Diesel Engine."

After having evaluated the existing diesel engines for their potential use in the Alfa Romeo Giulia, the company's engineers concluded that their characteristics were unsuitable for this application: on account of the cast-iron cylinder block, the drive train was considered too heavy in order to guarantee a good balance between the front and the rear axle. Therefore, it appeared necessary to devise an entirely new engine. The existing 2.2-l 200 HP engine constituted the core element of this project: its fluid and thermodynamic characteristics result in high efficiency and performance while still offering room for improvement. An entirely new solid aluminium structure consisting of the cylinder block and a bed plate was designed around the cylinder. Owing to the high peak pressure (approximately 200 bar) the use of aluminium in a diesel engine with this high specific output presented a major challenge. This called for enormous development efforts aimed at the casting and machining processes which were assisted by highly advanced CAE analysis tools and simulations. In order to reach the best possible NVH behavior, the mass balancing system was completely revised. It now contains two balancing shafts driven by a set of wheels on the flywheel side. This allowed a reduction of vibrations and owing to the integration of shaft bearing seats into the cylinder block the structure is now characterized by a very high degree of rigidity.

All of these redesigning efforts have resulted in an engine with a maximum output of 210 HP and a weight of 149 kg which corresponds to a reduction of some 30 kg as compared to the previous engine with the cast iron block. These values meet the requirements defined for the new Alfa Romeo Giulia.

Ing. F. Steinparzer (lecturer), **FIGURE 68**, *Dr. P. Nefischer*, *Dipl.-Ing. W. Stütz*, *Dipl.-Ing. D. Hiemesch*, *Dr. M. Kaufmann*, BMW Motoren GmbH, Steyr, Austria: "The New BMW Six-Cylinder Top End Engine with Innovative Turbocharging Concept."

Based on the six-cylinder diesel engine introduced in the market in 2015 as part of the new BMW modular engine platform, the company has now developed a top-end variant which it will offer in the upper market segment in various vehicles.

FIGURE 68 Ing. F. Steinparzer, BMW Motoren GmbH

FIGURE 69 Dipl.-Ing. A. Fröhlich, Audi AG

FIGURE 70 Dipl.-Ing. Dr. R. Aufischer, Miba Bearing Group

Alongside a series of measures applied to the base engine with a view to controlling higher mechanical and thermal forces, a completely redesigned, innovative turbo-charging system constitutes the highlight of the new engine. The combustion process, the fuel injection technology and the exhaust after-treatment were also consistently further developed.

Dr.-Ing. T. Heiduk, *Dipl.-Ing. U. Weiß*, *Dipl.-Ing. (BA) A. Fröhlich* (lecturer), **FIGURE 69**, *Dipl.-Ing. J. Helbig*, *Dipl.-Ing. S. Zülch*, *Dipl.-Ing. S. Lorenz*, Audi AG, Ingolstadt / Neckarsulm, Germany: "The New Audi V8-TDI Engine."

With its next generation of the V8 TDI engine, Audi is implementing a completely new engine design concept featuring sequential turbocharging in the inner V in combination with an electrically powered compressor (EPC). This 4.0-l engine is a new highlight of TDI technology.

The newly developed engine will see its world première in the Audi SQ7. It combines low fuel consumption with high dynamism and sporty response across the entire engine speed range.

The new V8 TDI engine derives its power from a 3956 cm³ capacity. The two turbochargers incorporate the sequential turbocharging concept. The electrically powered compressor (EPC) which assists the conventional turbochargers and, amongst other benefits, assures a highly dynamic starting performance is a world première. The electrically powered compressor makes available, within the shortest possible time, the charge pressure necessary for a dynamic power response.

The Audi valve-lift system (AVS) represents the first variable valve-lift system to be fitted in an Audi diesel engine. The AVS permits fast and precise activation and deactivation of the second turbocharger on the exhaust side. On the inlet side, the variable valve timing makes it possible to reach high engine torque at low speeds in combination with sporty responsiveness and maximum nominal power output.

The innovative thermal management as well as the redesign of the crankshaft and camshaft drive guarantee low friction. The V8 TDI's exhaust gas aftertreatment consists of both an NO_x oxidizing catalyst and a downstream SCR-DPF catalyst hence this engine already now complies with the more stringent emission standards of the future.

COMMERCIAL VEHICLE ENGINES

Dipl.-Ing. Dr. R. Aufischer (lecturer), **FIGURE 70**, *Dipl.-Ing. G. Hager*, *Dipl.-Ing. M. Offenbecher*, Miba Bearing Group, Laakirchen: "Friction Reduction in Truck Engine Crank Trains from the View of a Bearing Manufacturer."

The development of combustion engines over the past decades has mainly been shaped by emission restrictions imposed by environmental legislation. Owing to the ever greater attention paid to the greenhouse gas CO_2, the focus has shifted to fuel economy and friction loss.

Part of this friction loss is caused by the crankshaft bearing. Optimizing this part of the friction loss requires an approach going beyond the bearing itself and taking into account engine-specific conditions such as engine operation in its different operating cycles and also bearing-specific conditions, such as hydrodynamics, mixed friction and lubricating oil characteristics.

In order to show the friction loss optimization potential, the fundamental Stribeck approach is used with the aid of numerical simulation and testing on various tribologic test instruments to determine the factors influencing bearing geometry, coefficient of friction of the different combinations as well as oil film formation and its interactions with surfaces. The instruments used and the results of the quoted example are explained and demonstrated for different engine philosophies. The lecturer shows also relevant limitations for preserving the bearing function.

He also takes another look at the complexity of friction optimization and gives an outlook on activities related to minimizing friction on different bearing surfaces as well as the interaction with lubricating oil.

Dr.-Ing. H.-O. Herrmann (lecturer), **FIGURE 71**, *Dr.-Ing. A. Gorbach*, *Dr.-Ing. H. Lettmann*, *Dr.-Ing. E. Chebli*, Daimler AG, Stuttgart, Germany: "The (R)evolution of Daimler's Heavy Duty Diesel Engine Platform."

Known as Detroit Diesel DD16, DD15, DD13, Mercedes-Benz OM473, OM471,

OM470 as well as Fuso 6R10, these engines are operating today in vehicles of the brands of Freightliner, Western Star, Mercedes-Benz, Setra, Fuso, as well as MTU and are regarded as the benchmark for fuel economy, reliability and drivability. After many evolutionary improvements in the past few years, the platform is now facing a major innovation step.

This step will, amongst other things, comprise the second generation of the pressure (X-pulse) amplified common rail system with a maximum injection pressure of 2700 bar and fully flexible injection curve shaping, an entirely redesigned Daimler turbocharger of fixed geometry and an asymmetric cross-sectional distribution of turbine flows, an innovative, entirely novel, unique EGR system combined with a newly designed exhaust gas aftertreatment system with even higher efficiency. This revolutionary step will start this time in Europe and will then be rolled out to all markets in the following years. The lecturer explains the new technologies as well as the resulting performance improvements in detail.

Dr. Ir. R. Smaling, *D. Mohr* (lecturer), **FIGURE 72**, *D. Eckroth*, *A. Desai*, *Dr. C. Lana*, *Y. Yuan*, *K. Li*, Cummins Inc., Columbus, IN, USA: "Development of an On-Road Heavy Duty Natural Gas Engine."

Cummins Inc. (CMI) is a global leader in the design, development and sales of diesel and natural gas engines. Through our Cummins Westport (CWI) joint venture, we manufacture and market state of the art on-highway 9-l and 12-l engines in increasing numbers and are rounding out the lower end of the power range with the development of a 6.7-l natural gas product.

Current state of the art medium and heavy duty natural gas engines are diesel engine conversions spanning the range from 6.5 to 12 l in displacement, primarily based upon stoichiometric combustion with cooled exhaust gas recirculation and three-way catalysis. However, significant design compromises can result from converting a diesel engine to operate on natural gas. These compromises express themselves in terms of reduced reliability due to high thermal stresses, relatively low efficiency due to low volumetric efficiency and compression ratio, and poor performance in terms of power and torque density and transient response.

FIGURE 71 Dr.-Ing. H.-O. Herrmann, Daimler AG

FIGURE 72 D. Mohr, Cummins Inc.

With partial funding from the South Coast Air Quality Management District SCAQMD and the California Energy Commission CEC, Cummins has undertaken a research programme to develop a heavy duty natural gas engine designed specifically for natural gas operation. The lecturer summarizes the results of that development effort with ambitious targets for emissions, efficiency, performance, and robustness.

PLENARY CLOSING SESSION: VIEW TO THE FUTURE

Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, **FIGURE 73**, Member of the Board of Management, Group Research & Mercedes-Benz Cars Development, Daimler AG, Stuttgart: "Intelligence and Emotion – Innovative Solutions for the Mobility of the Future."

"The future of mobility – is it really only old acquaintances that will blaze a trail there? New high-tech solutions involve efficient gasoline and diesel engines, hybridization, electric vehicles, and new methods for measuring emissions under real driving conditions. We have heard it all before. Efficiency, zero emissions and alternative drive systems. Indeed. Connectivity, autonomous driving. We know all about them too. Are we just walking in circles?

The answer is simple: no. On the contrary, we are taking huge steps forward. We are no longer dreaming about the mobility of tomorrow – we are putting it on to the roads today. Who would have thought a year ago that there would already be a series production Mercedes-Benz E-Class cruising around autonomously in Nevada?

Because we are addressing all these areas in a focused way, I have a relaxed view of the future. I am convinced that the vehicles of tomorrow and beyond will offer an emotional experience and pure motoring pleasure. Cars will increasingly become the 'third place', a mobile living space featuring new, completely unexpected opportunities. Now, more than ever, automotive engineering is a fascinating topic and continues to be an exciting field for development engineers, drivers and passengers alike."

Dr. Volkmar Denner, **FIGURE 74**, Chairman of the Board of Management, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: "Bosch's View on Future Mobility."

"Reducing emissions while preserving the efficient use of fuel is a primary target for today's combustion engines. Homologation tests are continuously evolving towards real driving emissions, and it remains a challenge to find the technological solutions in order to meet limit values.

Diesel combustion engines have typically lower CO_2 emissions than gasoline engines and with the introduction of closed particulate traps, particulate emissions are minimal. However, current diesel engines need to be optimized to produce lower NO_x emissions, as can be seen from on-road test results. NO_x reduction seems manageable, but real

FIGURE 73 Prof. Dr.-Ing. T. Weber, Daimler AG

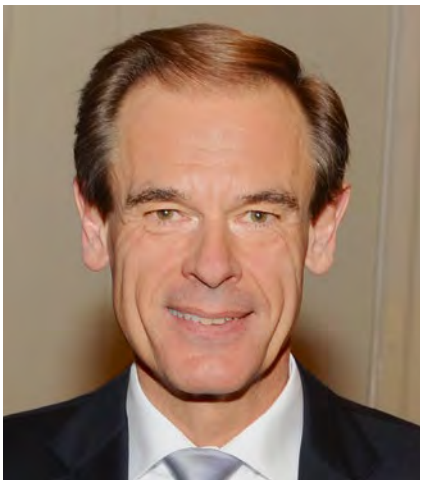

FIGURE 74 Dr. V. Denner, Robert Bosch GmbH

FIGURE 75 Dr. E. Scholz, Volkswagen Commercial Vehicles

driving conditions remain challenging. Only a perfect combination of base engine, EGR-layout, fuel injection equipment, turbocharger, appropriate control functionalities and exhaust gas aftertreatment will guarantee compliance with emission standards under RDE conditions. It can be seen by the example of the commercial vehicle segment that mastering challenging emission levels for NO_x is possible for diesel engines. To this end, it is essential to ensure representative testing of real driving conditions, to cover a wide area of the engine map and to take appropriate measures to reduce NO_x emissions. On the other hand, gasoline combustion engines require further measures to reduce particulate emissions even under real world conditions.

Currently, automotive CO_2 regulations consider only vehicle-related emissions ('tank to-wheel'). For climate considerations, it is more appropriate to also consider CO_2 emissions during energy generation ('well-to-wheel'). Using e-fuels for combustion engines is a possibility to reduce CO_2 emissions in the 'well-to-wheel' view. But from this perspective, of reducing the costs of e-fuels it is crucial to pave the way towards de-fossilization.

The future of mobility is electrified, automated and connected. For electrification, the battery is the key enabler. Automated driving will become reality step by step and the autopilot function will need to handle 'open world' situations. Enhanced connectivity for cars opens up a variety of opportunities for new features and services, such as the 'electronic horizon', the 'community-based parking' and the 'dynamic road condition'. However, benefitting from the connectivity of the car is only the beginning. The future will also interconnect different life situations. Accordingly, the car will become the personal assistant of drivers."

Dr. Eckhard Scholz, **FIGURE 75**, Chairman of the Board of Management, Volkswagen Commercial Vehicles, Hannover: "Tomorrow's World of Mobility – Challenges and Solutions from a Volkswagen Group Perspective."

"Permit me, first of all, to summarize the current situation in a few sentences: With the software manipulations of certain diesel engines, Volkswagen broke some rules and ignored ethical principles. We know that we disappointed many people with this fact. We are doing our best to manage this crisis by offering efficient technical solutions for our customers and clarifying all aspects of this situation. We are advancing step by step. Looking to the future we do realize that what really matters is to draw the right consequences by learning from the mistakes of the past. This is the precondition for regaining the public's confidence and for steering Volkswagen back to a good course.

Because the automotive industry is about to take the greatest leap in innovations in its history: the car of the future will be more efficient, more intelligent, more comfortable and safer than ever before.

In the face of these major challenges, the Volkswagen Group is devising solutions: I should like to address the core areas below:

- First, a further optimization of the internal combustion engine
- Second, alternative drive technologies
- Third, digitization and new business models associated with it.

The internal combustion engine will remain indispensable for a foreseeable period of time. Contrary to all current debates, this applies definitely and especially to the diesel engine. By 2020, the Volkswagen Group will have reached further efficiency increases of internal combustion engines in the range of 10 to 15 %.

Thus you can see that the future of the CRV is more exciting than ever before. We who are working for the Volkswagen Group intend and will contribute to shaping the new mobility. And we are looking forward to doing so."

POSTER PRESENTATIONS

Dr. C. Redtenbacher, Dipl.-Ing. C. Kiesling, Prof. A. Wimmer, LEC GmbH, Graz, Austria; *Dipl.-Ing. F. Sprenger, P. Fasching MSc. ETH, Prof. H. Eichlseder*, Graz University of Technology, Austria: "Dual Fuel Combustion – A Promising Concept from Small to Large Engines?"

This paper discusses the growing significance of dual fuel combustion systems in engine development, exploring the range of applications from passenger cars to large engines. The focus is on concepts that run on diesel and natural gas. First, an overview is given of the

different incentives in each area of application for developing dual fuel combustion concepts. In addition to increasingly strict emission limits, the availability of comparatively cheap gaseous fuels and the possibility of easily shifting between different fuels play a central role.

A survey is provided of the variety of dual fuel combustion concepts (internal/external mixture formation, high pressure/low pressure gas injection, pilot injection concept/substitution concept). It shows applications already in series production as well as those that are already the focus of development efforts today because they are expected to play an important role in the future.

Based on numerous research projects in the area of dual fuel applications, a selection of promising future concepts for passenger cars, heavy-duty vehicles and large engines is discussed in detail.

Dipl.-Ing. H. Brunner, Assoc. Prof. Univ.-Doz. Dr. techn. M. Hirz, Univ.-Prof. Dr. techn. P. Fischer, Graz University of Technology, Austria: "CO_2e Emissions of Different Technologies in Passenger Cars Scenarios in the Product Life Cycle."

A comprehensive objective evaluation of technologies can only be made by con-sidering of the entire product lifecycle. The present contribution compares and quantifies the resulting CO_2 equivalent emissions of different drivetrain technologies over the entire lifecycle. The focus is on hybrid and fully electric drives/engines as compared to internal combustion engines.

Furthermore, the evaluation considers various vehicle body technologies and materials (steel, aluminium and carbon-fibre-reinforced plastic CFRP), and the supply of electric energy as well as the availability of fossil and renewable fuels. Alongside the production phase of vehicles, the period of their use constitutes a major determining factor in this evaluation. In this process, customer specific types of use, typical usage scenarios and driving performance are taken into account. The collection and processing of data is based on a combination of simulation calculations and field tests. Subsequently, a holistic analysis is made of CO_2e emissions with due regard for different usage patterns. Furthermore, an outlook is given for comprehensive future assessment strategies, taking into account individual user scenarios.

In the case of plug-in hybrids and electric vehicles with range extenders, the overall balance is significantly influenced by the ratio between electric- and fuel-supplied operation. A high share of short distances and intermediate charging possibilities contributes an increased use of the electric drive unit. This leads to a lower CO_2e footprint, especially when using electric energy from renewable sources. A higher share of long distances driven without intermediate charging requires an increased use of the ICE.

CONFERENCE DOCUMENTATION

All lectures presented at the 37th Vienna International Motor Symposium are contained, in their in extenso versions, in the VDI progress reports, series 12, no. 796, volumes one and two (including a USB stick with lectures in their original version and the English or German translation), together with additional brochures. These documents can be obtained from the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK).

INVITATION

The 38th Vienna International Motor Symposium will be held on April 27th and 28th, 2017, in the Conference Centre of the Vienna Hofburg. 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 (from December 12th, 2016). Proposals for lectures, including a brief abstract, may be submitted forthwith.

CONTACT

Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK)
Elisabethstrasse 26, A-1010 Vienna
Tel. + 43/1/5852741-0
Fax + 43/1/5852741-99
E-Mail: info@oevk.at
Homepage: www.oevk.at and
https://wiener-motorensymposium.at
© **FIGURES**: ÖVK/Kucera

HOFBU
WIENER
MOTORENSYMPOSIUM
VIENNA
MOTOR SYMPOSIUM

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

Elisabethstraße 26
A-1010 Vienna
Tel. +43 /1/5852741-0
Fax +43/1/5852741-99
E-Mail: info@oevk.at
Homepage: www.oevk.at
https://wiener-motorensymposium.at