

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

Mitglied in der FISITA (Fédération Internationale des Sociétés d'Ingénieurs Techniques de l'Automobile)
und in der EAEC (European Automobile Engineers Cooperation)

**31. INTERNATIONALES
WIENER MOTORENSYMPIOSIUM
AM 29. UND 30. APRIL 2010**

**31ST INTERNATIONAL
VIENNA MOTOR SYMPOSIUM
APRIL 29TH AND 30TH, 2010**

Von / By Hans Peter Lenz

31. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPIOSIUM

Anlässlich des 31. Internationalen Wiener Motorensymposiums am 29. und 30. April 2010 trafen sich – wie jedes Jahr – mehr als 1000 führende Ingenieure der Motorenentwicklung und Wissenschaftler aus aller Welt. Sie präsentierten ihre neuesten Entwicklungen und gaben Ausblicke auf zukünftige Trends. Der vorliegende Bericht fasst die Vorträge der einzelnen Sektionen zusammen.





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

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

EINLEITUNG

Nach einer Begrüßungsfanfare, ausgeführt durch Mitglieder des Orchesters der Technischen Universität Wien, begrüßte **Prof. Lenz, ❶**, die Teilnehmer des voll ausgebuchten 31. Internationalen Wiener Motorensymposiums, ❷.

Alle Vorträge sind wieder in den VDI-Fortschritt-Berichten abgedruckt. Den Bänden liegt auch eine CD mit den Texten in englischer Sprache bei. Die Vorträge aus dem universitären Bereich wurden erstmalig auch einem Peer-Review-Verfahren durch die Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik e. V. (WKM) unterzogen. Prof. Lenz wies auf das Suchsystem des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik hin, das die Möglichkeit bietet, mithilfe von Suchbegriffen die Vortragstitel, Autoren und Firmen der vorangegangenen Motorensymposien zu finden.

Prof. Lenz stellte fest, dass die Elektromobilität in einer Weise hochstilisiert wird, die nicht berechtigt ist. Elektronik und elektrische Unterstützung für Nebenaggregate und Antriebsstrang sind wertvolle Hilfen für Verbrennungsmotoren und werden zunehmend eingesetzt. Neue kleine Dieselmotoren beweisen mittlerweile, dass sie Elektromobilen bezüglich CO₂-Emissionen in der EU und in den USA, von China ganz zu schweigen, ebenbürtig sind.

Wenn 50 g CO₂/km als ein Ziel angesehen werden, ist mit Spannung zu erwarten, ob dieser Wert eher von E-Mobilen – es müssten dann 70 % der elektrischen Energie regenerativ bereitgestellt werden – oder von Verbrennungsmotoren mit einem hohen Anteil regenerativ erzeugter Kraftstoffe erreicht wird.

Dass Verbrennungsmotoren mehr Komfort bieten, größere Reichweite haben und um vieles billiger sind, weiß jeder Fachmann. Trotzdem kann sich kaum ein Unternehmen leisten, ohne ein futuristisches E-Mobil in der Öffentlichkeit aufzutreten, wenn es nicht Gefahr laufen will, als rückständig bezeichnet zu werden.

Die Furcht, diese Fahrzeuge einmal produzieren zu müssen, scheint ebenso verbreitet zu sein wie die Freude bei Forschern, solche Entwicklungen durchführen zu dürfen. Kritisch wird es allerdings dann, wenn dies zu Lasten der Verbrennungsmotoren geht, die noch jahrzehntelang unsere Hauptantriebsquelle sein werden, selbst

bei E-Mobilen als Range Extender. Es wird spannend werden, ob in den kommenden Jahrzehnten Millionen E-Fahrzeuge unterwegs sein werden oder ob wir das Platzen einer Blase erleben werden.

Kritisch ist auch, wenn der Staat – statt Ziele vorzugeben – glaubt, eine besondere Technik fördern zu müssen. Wird sich ein Subventionswettbewerb ergeben? Und wenn, wäre es nicht besser, Euro-6-Dieselmotoren vorzuziehen und zu subventionieren? Nur ein Bruchteil der Subventionen für E-Mobile bringen hier praktisch schadstofffreie und betreffend klimarelevanter Gase zu E-Mobilen gleichwertige Fahrzeuge mit all ihren sonstigen Nachteilen wie Reichweite, Kosten und mangelndem Komfort.

Nach der gemeinsamen Plenar-Eröffnungssektion folgten in zwei Parallelsessionen, ❸ und ❹, die Fachvorträge unter der Leitung der **Professoren H. Eichlseder, B. Geringer, G. Jürgens** und **G. Bresseur**. Eine umfassende und eindrucksvolle Ausstellung neuer Motoren, Komponenten und Fahrzeuge ergänzte die Vorträge, ❺, ❻ und ❼.

Den Begleitpersonen wurde ein kulturell anspruchsvolles Rahmenprogramm mit einer Fahrt durch das malerische Donautal zum Benediktinerstift Melk und Führungen in der Wiener Innenstadt geboten. Den Abend verbrachten die Teilnehmer auf Einladung des Bürgermeisters von Wien beim Heurigen Fuhrgassl-Huber in Neustift.



❶ Prof. Lenz

PLENAR-ERÖFFNUNGSSEKTION

Den ersten Plenarvortrag der Eröffnungssitzung hielt **Dipl.-Betr.-Wirt R. Stadler**, , Vorsitzender des Vorstands, Audi AG, Ingolstadt, zum Thema „Souveräne Effizienz – wegweisende Antriebskonzepte für die Spitze im Premium-Automobilbau“:

Die Anforderungen an Premium-Automobilmarken haben sich in den vergangenen Jahren elementar gewandelt. Gerade ihre Oberklassemodelle müssen neue Kundenansprüche erfüllen und die sich weiter öffnende Schere zwischen Prestigeausdruck und sozialer Akzeptanz beherrschen. Dabei ist die Sozialverträglichkeit der Oberklassemodelle entscheidend für den Erfolg und die Innovationskraft der Premiumhersteller.

Audi sieht den Paradigmenwechsel der Automobilbranche als Chance, Vorsprung durch Technik neu zu belegen und die Position der Marke im Wettbewerb weiter zu stärken. Der neue Audi A8 überzeugt durch geringe Verbrauchs- und CO₂-Werte und belegt damit den Erfolg der Effizienzstrategie von Audi, mit Leichtbau als wesentlichem Baustein. Das künftige Hybridmodell wird den Vorsprung der vier Ringe weiter ausbauen.

Auch mittelfristig sieht Audi die Zukunft der Oberklasse in der konsequenten Weiterentwicklung der konventionellen und elektrifizierten Antriebe. Der zügige Ausbau der Elektrokompetenz ist ein ebenso zentraler Baustein der Zukunftsstrategie von Audi wie die Arbeit an regenerativen Kraftstoffen.

Dr. B. Bohr, , Mitglied der Geschäftsführung, Vorsitzender des Unternehmensbereiches Kraftfahrzeugtechnik, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: „Antriebsstrangvielfalt und Elektrifizierung: Herausforderungen und Chancen für die Automobilindustrie“:

Sowohl Diesel- als auch Ottomotor haben noch große Potenziale zur Senkung von Verbrauch und Emissionen. Für die Umsetzung dieser Potenziale sind allerdings hohe Investitionen erforderlich. Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs, die langfristig im rein elektrischen Antriebsstrang resultieren wird, erfolgt über die Hybridisierung als Brückentechnik parallel zur Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors und führt kurz- und mittelfristig zu einer Diversifizierung der Antriebsstrangtechniken. Die parallel notwendigen Investitionen in Verbrennungsmotor und Elektroantriebs-



 Prominente Gäste v.l.n.r.: TU Rektor Skalicky, Prof. Winterkorn, Dr. Mitterbauer, Prof. List

strang sowie die parallele Beherrschung der verschiedenen Antriebskonzepte stellen die Automobilindustrie vor große Herausforderungen. Dabei bietet die Standardisierung von nicht wettbewerbsdifferenzierenden Funktionen, wichtiger Komponenten und Schnittstellen, insbesondere für den noch am Anfang der Entwicklung befindlichen elektrischen Antriebsstrang, einen Hebel zur Kostensenkung. Ein weiterer Weg, um die Investitionskosten der einzelnen Marktteilnehmer zu reduzieren, die Entwicklungsgeschwindigkeit zu erhöhen und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit der Branche zu steigern, sind Innovationspartnerschaften, Allianzen und vorwettbewerbliche Kooperationen.

Der wesentlich höhere Anteil von Elektrik/Elektronik an der Wertschöpfung, die Notwendigkeit zur Darstellung eines zuverlässigen Energiespeichers und sich abzeichnende neue Geschäftsmodelle führen dazu, dass sich Kompetenzen und Know-how bei Elektrofahrzeugen von denen bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor unterscheiden. Der jetzt erforderliche Aufbau dieser Kompetenzen und des erforderlichen Know-hows in allen Funktionsbereichen des Unternehmens bestimmt wesentlich über die zukünftigen Marktteilnehmer in der Automobilindustrie.

H.-G. Härter, , Vorsitzender des Vorstands (Vortragender), **Dr. G. Gumpoltsberger**, **Dr. F.-D. Speck**, ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen: „Innovationen für das Nutzfahrzeug in schwierigem Marktumfeld“:

Die Betreiber von Nfz erleben derzeit eine existenzbedrohende Krise, ausgelöst

durch die weltweite Rezession und den Rückgang der Frachtmengen sowie parallel dazu Kostensteigerungen. Kostenreduktion bleibt in der gesamten Transportbranche eine Notwendigkeit – und sie wird auch noch stärker zum wichtigen Treiber neuer Techniken. Potenziale zur Einsparung von Betriebskosten bietet dabei die Optimierung des klassischen Antriebsstrangs. Ideale, also nicht realistisch erreichbare Szenarien, zeigen unterschiedliche theoretische Einsparmöglichkeiten: Bei Fernverkehr-Lkw ist das seitens des Antriebsstrangs beeinflussbare Potenzial geringer als bei Stadtbussen. Dennoch ist für diese Lkw der Einsatz von ZF-Produkten wie dem automatischen Getriebesystem „AS-Tronic“ lohnend, da sich dadurch sowohl die Kraftstoffkosten um zirka 4 % als auch die Instandhaltungskosten senken lassen, weil die Kupplung weniger verschleißt. Die Getriebbremse Intarder entlastet die Betriebsbremse und reduziert ebenfalls die Wartungskosten. Für den städtischen Verteilerverkehr sowie für Stadtbusse bietet sich der Einsatz von Hybridantrieben an, da er sich gerade im Kurzstreckeneinsatz von Nfz betriebswirtschaftlich positiv auswirkt. Durch ZF-Produkte, die unmittelbar vor der Serieneinführung stehen, lassen sich im Stadtbus Verbrauchsreduzierungen von bis zu 30 % erzielen.

NEUE OTTOMOTOREN 1

Dipl.-Ing. G. Doll (Vortragender), **Dipl.-Ing. P. Lückert**, **Dipl.-Ing. H. Weckenmann**, **Dipl.-Ing. R. Kemmler**, **Dipl.-Ing. A. Waltner**,

Dipl.-Ing. H. Herwig, Daimler AG, Stuttgart: „Der neue V8-Ottomotor mit Direkteinjektion und Turboaufladung von Mercedes-Benz“:

Als ein Mitglied einer neuen Hochleistungs-Motorenfamilie aus V6- und V8-Motoren entstand der neue 4,6-l-Biturbo-Motor M 278 von Mercedes-Benz, welcher den sehr erfolgreichen 5,5-l-Vorgängermotor M 273 ablöst. In einer modularen Konzeption, basierend auf einem hochwertigen Technikportfolio – zu welchem als wesentliche Bausteine Direkteinjektion der dritten Generation, eine Turboaufladung, das Mercedes-Start-Stopp-System, Wärmemanagement und druckgeregelter Ölkreislauf gehören – wurde ein Aggregat entwickelt, welches in dieser Motorenklasse exklusive Fahrleistungen gepaart mit Fahrverbräuchen realisiert, die bisher eher typisch für Sechszylinder-Motorisierungen waren.

Im Vergleich zu seinem noch heute im Testvergleich sehr erfolgreichen Vorgängermotor konnte die Leistung um 12 % und das Drehmoment um 32 % angehoben und der Fahrverbrauch um mehr als 10 % ab-

gesenkt werden. Aufgrund seines modularen Konzepts ist die Zukunftsfähigkeit des Aggregats sichergestellt.

S. Ando, MA (Vortragender), **Dipl.-Ing. K. Chujo**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: „Der neue Nissan V8-Benzinmotor mit variabler Ventiltechnik (VVEL) und Direkteinjektion“:

Als Schlüsseltechniken wurden ein variables Ventilsystem, das sowohl die Ventilöffnungs- als auch die Ventilschließzeit steuert (VVEL), sowie Benzindirekteinjektion (DIG) eingesetzt. Hinsichtlich des Brennverfahrens der Benzindirekteinjektion wurde für diesen Motor statt eines spraygeführten Konzepts mit mittigem Spray ein wandgeführtes Konzept mit Seitenspray gewählt, um so einen hohen volumetrischen Wirkungsgrad zu erhalten. CFD (Computational Fluid Dynamics) wurde für die Luftströmung und für das dynamische Verhalten des Kraftstoffs verwendet, um die Gemischbildung im Detail zu analysieren. Der optimierte Einlasskanal, die Kolbenkronenform und die Verbrennungskammer mit Maskierung ergeben homo-

gene Verbrennung. Die Schlüsselfaktoren sind ein höherer Strömungsgeschwindigkeitskoeffizient und das Tumbleverhältnis für sowohl Teillast mit niedrigerem Ventilhub als auch für Vollastbedingungen. Zusätzlich ermöglicht eine geschichtete Ladungsverbrennung eine Zündzeitpunktverzögerung sowie ein mageres Luft/Brennstoff-Verhältnis, das das Aufwärmen des Katalysators und die HC Abgasemission nach Motorstart verbessert. Zusätzlich zu der höheren thermischen Leistungsfähigkeit der Benzindirekteinjektion verbessert das VVEL-System, das von den VK50VE- und VQ37VHR-Motoren übertragen wurde, den Kraftstoffverbrauch bei Teillasten durch die Reduktion des Pumpverlustes.

Dipl.-Ing. M. Kerkau (Vortragender), **Dipl.-Ing. T. Wasserbäch**, **Dipl.-Ing. G. Bofinger**, **Dipl.-Ing.(FH) M. Stöfka**, **Dr.-Ing. H.-J. Neußer**, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach: „Hocheffiziente Performance – der Antrieb des neuen Porsche 911 Turbo“:

Der neue 911 Turbo verbindet tiefgreifende technische Neuerungen mit Fein-



3 Festsaal



4 Zeremoniensaal

schliff im Design. Der Antrieb des neuen 911 Turbo bietet eine deutliche Verbesserung der energetischen Effizienz und eine weitere Steigerung der Attraktivität durch intelligente Leistungsfähigkeit. Er ist als Hochleistungssportwagen sowohl erheblich sparsamer und leichter als auch stärker, schneller und noch dynamischer geworden als sein Vorgänger.

Herzstück ist der neue Motor mit 3,8 l Hubraum und 368 kW Leistung, in dem die Erfahrungen aus der 35-jährigen Turbo-Typengeschichte eingeflossen sind. Das von Grund auf neu konstruierte Triebwerk verfügt neben dem bekannten variablen Ventilttrieb über Benzindirekteinspritzung und Turbolader mit variabler Turbinengeometrie. In Kombination mit dem Siebengang-Porsche-Doppelkupplungsgetriebe (PDK) wird ein neues Niveau an Effizienz, Agilität, Ansprechverhalten und Fahrleistung geboten. Dieses Antriebspaket ermöglicht die Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in nur 3,4 s (Vorgänger 3,7 s) bei gleichzeitig um bis zu 18 % reduziertem CO₂-Ausstoß.

NEUE WEGE ZUR SCHADSTOFFVERMINDERUNG

Dipl.-Ing. S. Pflaum, Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister (Vortragender), Technische Universität München; **Dipl.-Ing. M. Mackovic, Dr.-Ing. G. Frank, Univ.-Prof. Dr.rer.nat. M. Göken**, Uni-

versität Erlangen-Nürnberg: „Wege zur Rußbildungshypothese“:

Voruntersuchungen bestätigten, dass – die Vorausberechnung der Rußemission einer Verbrennungskraftmaschine beim Betrieb mit extremen Parametern (Hochdruck-Einspritzung, Hoch-AGR, Hochdruck-Aufladung) betreffend – bestehende Rußbildungsmodelle überarbeitet oder detailliertere, phänomenologische Rußbildungsmodelle aufgestellt werden müssen. Um das hierfür erforderliche Grundlagenwissen zu generieren, wurde eine neuartige Entnahmesonde für den Brennraum entwickelt, mit der getaktet zu verschiedenen Zeitpunkten der Verbrennung kleine Rußproben aus dem Brennraum entnommen werden können. Mit der neuen Entnahmesonde konnten bereits umfangreiche Probenreihen, die die Bildung und Veränderung des Rußes während des Arbeitstakts zeigen, gewonnen werden.

Am Department Werkstoffwissenschaften (Lehrstuhl für Mikrocharakterisierung WW7) in Erlangen konnte nach der Analyse einer ersten Probenreihe der Rußproben aus der Brennkammer die Bildung, das Wachstum und die Oxidation von Rußprimärpartikeln nachgewiesen werden. Ferner konnte eine charakteristische Veränderung der gebildeten Rußagglomerate von kompakter zu zerklüfteter Gestalt während der Verbrennung festgestellt werden. Diese Ergebnisse ermöglichten eine erste Modellierung der Rußbildung.

Dipl.-Ing. W. Maus, Dipl.-Ing. J. Hodgson, Dipl.-Ing. C. Vorsmann, Dipl.-Ing. R. Brück

(Vortragender), Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH, Lohmar: „PM-Metalit Advanced – Der innovative Partikelfilter zur Reduktion der Nanopartikel“:

Zukünftige Emissionsgesetzgebungen für Pkw (Otto und Diesel) sowie für Heavy-Duty-Anwendungen fordern neben der Partikelmassenreduktion auch eine Verminderung der Partikelanzahl. Herkömmliche Filter mit heute üblichen Porositäten in Verbindung mit Motoren, die sehr wenig Ruß emittieren, können aufgrund des fehlenden Rußfilterkuchens die Feinstpartikel nicht mit ausreichender Effektivität filtern. Eine notwendige Verkleinerung der Porengröße resultiert in höheren Druckverlusten.

Der „PM-Metalit Advanced“ stellt eine neue Generation von Partikelfiltern für den automobilen Einsatz dar. Aufbauend auf dem bewährten Nebenstrom-Tiefbettfilterkonzept wird vor allem die Abscheidung der Nanopartikel durch elektrostatische Kräfte als „Diffusions- und Adhäsionsverstärker“ verbessert. Die in einem elektrischen Feld aufgeladenen Partikel können zu weit mehr als 90 % ohne Gegen druckerhöhung abgeschieden werden.

W. Li, Ph.D., P. M. Najt, M.S.M.E., K. Narayanaswamy, Ph.D., C. H. Kim, Ph.D., K. L. Perry, B.S., O. A. Güralp, Ph.D., J. G. Smyth, Ph.D. (Vortragender), General Motors LLC, Warren, USA: „Passiver Ammoniak SCR – Ein neues NO_x-Nachbehandlungssystem für mageres Abgas“:

Das „Passive Ammonia SCR System“-Konzept (PASS) ist ein integriertes Abgasnachbehandlungssystem, das auf den spezifischen Leistungsmerkmalen eines motor-nahen Dreiwegekatalysators (TWC) und eines Unterboden-SCR-Katalysators basiert und die Nachbehandlung sowohl von stöchiometrischem als auch von sauerstoffreichem Ottomotorabgas ermöglicht. Das PASS-Konzept kombiniert die Leistungsfähigkeit eines konventionellen TWC-Systems und eines Harnstoff-SCR-Systems, ohne die zusätzlichen Kosten und Komplexität eines Harnstoffdosiersystems. In seiner einfachsten Form ist das PASS-Konzept ein sauerstofftolerantes Abgasnachbehandlungssystem, das seine Wirksamkeit für eine Reihe von homogenen, stöchiometrischen Ottomotorenanwendungen gezeigt hat. Darüber hinaus kann das PASS-Konzept für den Einsatz in Ottomotorenkonzepten mit Magerbetrieb angepasst werden

und hat bereits im Ottomotor mit Schichtbetrieb seine Effektivität nachgewiesen. Entscheidend für die Leistungsfähigkeit von PASS sind die effiziente Erzeugung von Ammoniak im motornahen Dreiwegekatalysator und die Speicherung von Ammoniak im Unterboden-SCR-Katalysator.

ZUKÜNFTIGE KRAFTSTOFFE / ABGASNACHBEHANDLUNG HYBRID

Dr. W. Warnecke, Dr. D. Liebig, Shell Global Solutions (Deutschland) GmbH, Hamburg; **Dr. R. Clark** (Vortragender), Shell Global Solutions (UK), Chester; **M. Copson, A. Alonso**, Shell International Petroleum Co Ltd, London; **Dipl.-Ing. M. Kind, Dipl.-Ing. A. Kolbeck, Dr. M. Lamping, Dipl.-Ing. T. Körfer**, FEV Motorentechnik GmbH, Aachen; **Dr. R. van Doorn**, Audi AG, Ingolstadt: „GTL Kraftstoff in einem angepassten Fahrzeug – Untersuchung des vollen Emissionsminderungspotenzials“:

Der Produktionsbeginn der Oryx-GTL-Anlage von Sasol und die Errichtung der weltgrößten GTL-Produktionsstätte, der

Pearl-Anlage von Shell, signalisieren, dass GTL-Kraftstoff nicht länger eine Option für die ferne Zukunft ist, sondern bedeutende Mengen kurz- bis mittelfristig den Markt erreichen werden. GTL-Kraftstoffe bieten entweder als Reinkraftstoff oder als Beimischung zu konventionellem Diesel Marktpotenzial. Die Verwendung von GTL-Kraftstoff als Reinkraftstoff wäre insbesondere in Bereichen, in denen Luftqualität eine wichtige Rolle spielt (beispielsweise in Innenstädten), aufgrund der Emissionsreduzierung, die mit GTL-Kraftstoff erreicht werden kann, eine Option. Der nächste logische Schritt könnte dann der Übergang von der Verwendung reinen GTL-Kraftstoffs in konventionellen Fahrzeugen hin zur Optimierung der Motoren speziell für GTL-Kraftstoff sein.

Im Rahmen dieser Studie wurde das Potenzial zur Emissionsreduzierung mit GTL-Kraftstoff in einem angepassten Fahrzeug untersucht. Hauptziel der Optimierung war zum einen die Minimierung der NO_x -Emissionen, zum anderen die Minimierung des Kraftstoffverbrauchs und somit

der CO_2 -Emissionen. Wurde lediglich die Software angepasst, konnten die Euro-5-Emissionsgrenzwerte mit einem serienmäßigen Euro-4-Fahrzeug erreicht werden. Die fahrzeugseitigen CO_2 -Emissionen konnten durch Einsatz von GTL mit entsprechend angepasster Kalibrierung um 10 % reduziert werden.

Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger (Vortragender), **Dipl.-Ing. M. Mütter**, **Dipl.-Ing. A. Janssen**, RWTH Aachen University:

„Maßgeschneiderte Biokraftstoffe – Ergebnisse aus dem Exzellenzcluster der RWTH Aachen University“:

Im Rahmen des Exzellenzclusters wird in einem interdisziplinären Ansatz die optimale Kombination aus Kraftstoff und Verbrennungsprozess erforscht. Hierzu werden in einem ersten Schritt die optimalen Kraftstoffeigenschaften, wie eine reduzierte Cetanzahl oder ein erhöhter Sauerstoffanteil, für zukünftige teilhomogene Nieder-temperatur-Brennverfahren identifiziert. Experimentelle thermodynamische Prüfstandsuntersuchungen mit Butyllävulinat, welches aus Biomasse gewonnen werden



5 Ausstellung



6 Ausstellung

kann, belegen das Potenzial zukünftiger Biokraftstoffe. Ein nahezu rußfreier Betrieb bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad kann im gesamten NEDC-Kennfeldbereich in einem Dieselmotor realisiert werden. Die Entwicklung teilhomogener Niedertemperatur-Brennverfahren wurde am Beispiel 1-Decanol, einem langkettigen Alkohol, aufgezeigt. Der im Kraftstoff enthaltene Sauerstoff ermöglicht die Realisierung höchster Abgasrückführaten bei moderaten Partikelemissionen. Die innermotorische Stickoxidbildung kann dadurch fast vollständig unterdrückt werden.

Dr. P. Spurk (Vortragender), **Dipl.-Ing. W. Müller**, Umicore AG & Co KG, Hanau; **Prof. Dr. C. Beidl**, **Dipl.-Ing. P. Weickgenannt**, Technische Universität Darmstadt; **Prof. Dr. G. Hohenberg**, IVD Prof. Hohenberg, Darmstadt: „Abgasnachbehandlung bei Hybridfahrzeugen – welche Anforderungen ergeben sich daraus?“:

Auf der Basis der Ergebnisse mit einem Versuchsfahrzeug vom Typ Toyota Prius III am Rollenprüfstand und im realen Fahrbetrieb wurden die spezifischen Anforderungen identifiziert. Im NEDC-Zyklus ergibt sich ein charakteristisches Absinken der Temperatur nach Katalysator im Vergleich zu einem konventionellen Antrieb, da der Verbrennungsmotor nur zu zirka 40 % der Zykluszeit in Betrieb ist. Als weitere Herausforderung konnten Ereignisse identifiziert werden, in denen der Wiederstart des Verbrennungsmotors nach kurzen Stillstandzeiten zu hohen

Rohemissionen führt, welche vom Katalysator abgefangen werden müssen. Klar zu erkennen ist auch der Einfluss unterschiedlicher Batterieladezustände auf das Emissionsverhalten. Von besonderem Interesse war die Fragestellung, wie sich eine Plug-in-Hybridapplikation mit verlängerten elektrischen Betriebsphasen auswirkt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang das Abkühlverhalten in der Abgasanlage bei rein elektrischem Fahrbetrieb.

EINSPRITZ- UND MOTORSTEUERUNGSSYSTEME

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. M. Parche (Vortragender), **Dipl.-Ing. K. P. Sassen**, **Dr.-Ing. R. Leonhard**, **Dipl.-Ing. C. Alvarez-Avila**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: „Bosch 2000/2200 bar Common Rail System für Nutzfahrzeuge“:

Seit elf Jahren sind Common-Rail-Systeme für Nfz (CRSN) von Bosch auf dem Markt. 2009 wurde das bisherige Produktsystem CRSN mit 2000 und 2200 bar Einspritzdruck erweitert. Dieses System ist für Medium- und Heavy-Duty-Anwendungen sowohl im On- als auch im Off-Highway-Bereich konzipiert und basiert evolutionär auf dem aktuellen System für 1800 bar. Neben der Steigerung des Einspritzdrucks zeichnet sich dieses System durch seine hohe hydraulische Effizienz bei Druckerzeugung und Einspritzung aus und leistet somit direkt einen Beitrag zur Verbrauchsreduzierung. Für höhere Anforderungen

läuft bereits die Weiterentwicklung des Systems mit einem Einspritzdruck von 2500 bar. Das Gesamtsystem ist durch die Variabilität und Modularität der Schlüsselkomponenten für einen weiten Anwendungsbereich im On- und Off-Highway-Bereich geeignet.

Dipl.-Ing. O. Predelli (Vortragender), **Dipl.-Ing. R. Gratzke**, **Dipl.-Ing. A. Sommer**, **Dipl.-Ing. R. Marohn**, Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr GmbH, Berlin; **Dr.-Ing. F. Atzler**, **Dipl.-Ing. H. Schüle**, **Dr.-Ing. O. Kastner**, **Dipl.-Ing. N. Nozeran**, Continental Automotive GmbH, Regensburg: „Kontinuierliche Einspritzverlaufsformung in Pkw-Dieselmotoren – Potenziale, Grenzen und Realisierungschancen“:

Die Kraftstoffeinbringung und Gemischbildung wird durch das Einspritzsystem bestimmt. Hinsichtlich der Gemischbildung stellt sich die Frage, welches Potenzial eine auf die Verbrennung optimierte Einspritzstrategie ausübt. Setzt sich der Trend zum Downsizing fort, dann nimmt die durchschnittliche Zylinderzahl von Pkw-Dieselmotoren weiter ab. Es wird Kleinstwagen mit Zweizylindermotoren geben, genau wie Mittelklassefahrzeuge mit Dreizylinder- und Oberklassefahrzeuge mit Vierzylindermotoren.

Die Verringerung des Hubraums erfordert allerdings eine Erhöhung der spezifischen Leistung, die sich ungünstig auf das Verbrennungsgeräusch auswirken könnte. Darüber hinaus erlaubt eine Hybridisierung die weiterhin hohe Leistungsfähigkeit und Elastizität des Antriebsstrangs, selbst wenn die Leistung des verkleinerten Dieselmotors nicht auf das ursprüngliche Maß erhöht werden sollte. In jedem Fall möchte der Pkw-Fahrer jedoch nicht durch einen lauten Verbrennungsmotor gestört werden. Das Verbrennungsgeräusch des Dieselmotors rückt also zunehmend in den Fokus der Entwickler.

A. Ohata, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: „Strategische Innovationen für die Entwicklung von Motorsteuerungssystemen“:

„Integrated Model-Based Development“ (MBD) wurde eingeführt, um die Komplexität zu verringern, mit der wir durch die schnell fortschreitende Entwicklung der Motorsteuerungssysteme konfrontiert werden. MBD erfordert viele Techniken der Modellierung, Steuerungsarchitektur, Kalibrierung, Verifikation und Validierung, Modellablauf, Modell- und Datenmanagement und Prozessdatenumgebung. Einige

dieser Techniken sind jedoch nicht sehr entwickelt. Schnelle Modellierung ist essentiell für MBD, da es sonst schwierig ist, erforderliche Motor- und Komponentenmodelle in der Entwicklung zeitnah zur Verfügung zu stellen. Um das zu erreichen, wurde die gewünschte Modellierungsumgebung basierend auf physikalischen und empirischen Modellierungsumgebungen eingeführt. Die empirische Modellierungsumgebung beinhaltet existierende Algorithmen, hat aber auch Module, die empirische Gleichungen aus komplexen physikalischen Modellen ableiten. Für die physikalische Modellierungsumgebung wurde ein neues „Multi Physics Modeling Tool“ (HLMT, High Level Modeling Tool) eingeführt, das auf den wichtigen Erhaltungssätzen und Randbedingungen basiert. Es erzeugt nicht-lineare Differentialgleichungen höheren Grades und führt sie in numerisch lösbare Gleichungen durch „Symbolic Equation Manipulation“ über.

MOBILITÄT 2020 PLUS

Prof. Dr.-Ing. W. Steiger, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Technische, gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen zukünftiger Mobilität“:

Zahlreiche Vorzeichen deuten darauf hin, dass sich weltweit die Einstellung zur individuellen Mobilität ändert. Nachhaltige Mobilität wird gefordert. Die Politik reagiert und fördert mit ihren Hilfspaketen gezielt alternative Antriebe, insbesondere die Elektromobilität. In Japan führt dies zu einem Boom der Hybridfahrzeuge. In USA wird das „Stimulus package“ für den Aufbau der Entwicklung- und Produktionskapazitäten von Modulen des Elektrofahrzeugs in amerikanischen Firmen eingesetzt. China hat die Marktführerschaft in der Elektromobilität zum strategischen Ziel erklärt und kreiert einen Leitmarkt in Behördenfahrzeugen.

Und was geschieht in Europa? Die europäische Politik fördert mit vergleichsweise geringen Mitteln die Erforschung der Elektromobilität. Programme auf nationaler Ebene setzen weit mehr Mittel ein, sind aber europaweit nicht vernetzt. Gleichzeitig steigen die Kundenerwartungen ins Unermessliche und weit über das real erreichbare Ziel hinaus. Es gilt daher einerseits die Erwartungen zu befriedigen, andererseits dabei jedoch die Techniken nicht zu überfordern und in eine riskante Subventionsmaschinerie einzusteigen.



7 Ausstellung

MEng. R. Bastien, Renault, S.A.S., Guyancourt: „Nachhaltige Mobilität für alle“:

Seit einigen Jahren hat Renault ein umfassendes Programm bezüglich der Umweltverträglichkeit der Automobilbranche eingeleitet. Beispielshaft dafür war der anlässlich des „Bibendum Challenge 2007“ vorgeführte Logan Eco2, der bessere CO₂-Werte als Hybridfahrzeuge erzielte. Dies wurde durch einen verbrauchsoptimierten Dieselmotor und einige kostengünstige Verbesserungen am Fahrzeug erreicht. Außerdem werden bei Eco2 nicht nur die Emissionsgrenzen für den Fahrzeuggebrauch in Betracht gezogen, sondern auch Kriterien für die Fahrzeugherstellung und das Fahrzeugrecycling, und dies durch eine gut gesteuerte Ökobilanz (LCA: Life Cycle Analysis).

Aber die Renault Nissan Alliance hat auch Initiativen entwickelt mit dem Ziel, Marktführer im Bereich schadstofffreier Fahrzeuge zu werden – dies mit einem weltweiten Angebot vollelektrischer Fahrzeuge. Diese Strategie wird durch die Fortschritte im Bereich der Li-Ion-Batterietechniken, der Elektromotoren und der Mechatronik ermöglicht. Renault wird in Zukunft vollelektrische Fahrzeuge anbieten können, deren Betriebskosten (Gesamtkosten über einen bestimmten Zeitraum) niedriger sein werden als die eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor; dies dank eines geeigneten Businessmodells mit neuen Partnern und der Ent-

wicklung einer Infrastruktur für die Batterieaufladung.

Dipl.-Ing. P. Langen, Dr. B. Curtius, Dipl.-Ing. W. Nehe, BMW AG, München; Vortragender: **Dipl.-Ing. T. Melcher**: „Vision 2020 – der Verbrennungsmotor auf dem Abstellgleis“:

Wir haben weltweit eine Finanzkrise durchlebt, deren Ende wir immer noch nicht absehen können. Die Finanzkraft der Kunden ist damit einhergehend zurückgegangen, aber auch die Tatsache, dass immer mehr Menschen in den Ballungszentren der Großstädte wohnen, verändert das Kaufverhalten. Regenerative Energiegewinnung wird in vielen Ländern weltweit gefördert und ist im Ausbau begriffen. Die Automobilindustrie ist aufgefordert, gemeinsam mit Politikern und anderen führenden Wirtschaftsunternehmen eine Vision zu erarbeiten, die Ressourcen und Umwelt schont, ohne die Kundenwünsche zu vernachlässigen.

In dem Vortrag wurden – ausgehend vom Ist-Stand – die Potenziale verschiedener neuer Antriebssysteme bei zunehmender Elektrifizierung abgehandelt. Die Energieversorgung und der Kundennutzen wurden gleichfalls in Betracht gezogen. Dabei wurde deutlich, dass es entsprechend den Kundenanforderungen nicht nur eine Lösung gibt. Zum Schluss wurde die Frage positiv beantwortet, dass der Verbrennungsmotor 2020 und darüber hinaus noch eine Daseinsberechtigung haben wird.

ELEKTRIFIZIERUNG DES ANTRIEBSSTRANGS

Dipl.-Ing. K. Haupt, Continental AG, Frankfurt/Main; **Dr. S. Bocione** (Vortragender), **Dr. F. Ruf**, **Dipl.-Ing. G. Winkler**, Continental Automotive GmbH, Regensburg: „Offene Motorsteuerungsplattform für künftige Motorenkonzepte und Hybridisierung – erweckt Motoren zum Leben“:

Der Verbrennungsmotor wird, trotz aller Fortschritte bei der Elektrifizierung des Antriebsstrangs, noch viele Jahre der dominierende Antrieb für Kraftfahrzeuge sein. Das macht die elektronische Motorsteuerung zur Schlüsselkomponente des Antriebs im Fahrzeug.

Im Vortrag wurde am Beispiel der Motorsteuerungsplattform der Continental AG aufgezeigt, wie eine offene Architektur der Hard- und Software die zukünftigen Anforderungen kombinierter Verbrennungs-, Hybrid- und Elektroantriebe unterstützen kann. Durch diese Offenheit der Basiselektronik wird es den Automobilherstellern ermöglicht, sich auf ihre Kernkompetenz zu konzentrieren und den Schwerpunkt der eigenen Arbeit auf innovative Lösungen zur Verbesserung von Fahrleistung, Fahrspaß und Umweltschonung zu legen, den wichtigsten differenzierenden Merkmalen gegenüber ihren Endkunden.

Dr.-Ing. S. Berns (Vortragender), **Dr.-Ing. J. Hammer**, **Dr.-Ing. K. Benninger**, **Dipl.-Ing. M. Klenk**, **Dipl.-Ing. R. Frei**, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen: „Reduzierung der CO₂-Emissionen bei guter Fahrbarkeit – Vorschläge zur Gesamt-Optimierung des Antriebsstrangs“:

Neben motorischen Maßnahmen werden Varianten der Elektrifizierung und alternative Getriebekonzepte intensiv diskutiert. Serienlösungen sind zwischenzeitlich erfolgreich am Markt. Der Vortrag schlug eine Brücke zwischen den Domänen des Antriebsstrangs, in dem typische und für die Zukunft aussichtsreiche Antriebsstrangtopologien auf Basis von Simulationsrechnungen gegenübergestellt werden. Auf diese Weise wird eine Navigationshilfe durch die überaus große Anzahl von Kombinationen bereitgestellt. In den drei Domänen Motor, Getriebe und Elektrifizierung werden potenzielle Technikkonzepte beziehungsweise Komponenten- und Systemlösungen vorgestellt.

Zum Vergleich der Alternativen kam eine Portfolioanalyse in den Dimensionen



8 Dipl.-Betr.-Wirt Stadler, Audi

Kraftstoffverbrauch und Fahrbarkeit zur Anwendung. Auf dieser Grundlage erfolgte ein Kosten-Nutzen-Vergleich der Maßnahmen zur Erreichung von CO₂-Zielen. Als Randbedingungen für den Vergleich dienten die vom Endkunden erwartete Fahrbarkeitsgüte und die von Markt und Fahrzeugsegment abhängigen Eigenschaften des Fahrzyklus.

Dipl.-Ing. M. Weiss (Vortragender), **Dipl.-Ing. G. Henning**, **Dr.-Ing. A. Lamm**, **Dipl.-Ing. O. Bitsche**, **Dipl.-Ing.(FH) P. Antony**, **Dipl.-Ing. F. Nietfeld**, Daimler AG, Sindelfingen: „Konsequente Elektrifizierung des Antriebsstrangs bei Mercedes-Benz Cars – vom Micro-Hybrid bis zum Plug-In“:

Auf dem Weg zur nachhaltigen Mobilität ist für Daimler die Elektrifizierung von Fahrzeugantrieben ein wesentlicher Baustein. Die Elektrifizierung umfasst dabei eine Vielzahl verschiedener Konzepte und Systemausprägungen – vom Mikrohybrid bis hin zum Plug-in. Die kostengünstigen Mikrohybride wurden zunächst in den kompakten Fahrzeugbaureihen smart fortwo beziehungsweise A- und B-Klasse eingeführt und werden sukzessiv in weiteren Baureihen implementiert.

Weiterführende Mild- und Vollhybride, welche zusätzliche Hybridfunktionalitäten beinhalten, wurden bereits erfolgreich am Markt eingeführt beziehungsweise werden in naher Zukunft folgen. Die konsequente

Fortsetzung innovativer Antriebstechnik mündet im S-Klasse-Plug-in.

Eine Schlüsselkomponente ist die Li-Ionen-Batterie, welche hohe Energiedichte bei gleichzeitig hohen Wirkungsgraden bietet. Mit den Fahrzeugen und der Antriebstechnik werden höchste Emissionsstandards erfüllt, sowie Bestwerte in Punkto Verbrauch und CO₂ erreicht.

NEUE DIESELMOTOREN

Dipl.-Ing. R. Bauder (Vortragender), **Dipl.-Ing. M. Bach**, **Dipl.-Ing. (BA) A. Fröhlich**, **Dipl.-Ing. W. Hatz**, **Dipl.-Ing. J. Helbig**, **Dipl.-Ing. J. Kahrstedt**, Audi AG, Neckarsulm und Ingolstadt: „Die neue Generation des 3.0 TDI Motors von Audi – emissionsarm, leistungsstark, verbrauchsgünstig und leicht“:

Nachdem 2003 die erste Generation des 3,0-l-V6-TDI Motors bei Audi in Serie ging, folgt nun 2010 die zweite Generation, ein vollständig neu entwickelter Motor, der eine gelungene Kombination von niedrigem Kraftstoffverbrauch, geringen Emissionen, hoher Leistungsentfaltung bei gleichzeitig deutlich reduziertem Motorgewicht darstellt.

Ermöglicht wird dieses Ergebnis durch viele innovative konstruktive Lösungen, in deren Mittelpunkt die Themen Reibungsminimierung und Leichtbau stehen. Thermodynamisch wurde das bekannte Vierventil-Brennverfahren von Audi überarbeitet. Als Einspritzsystem kommt ein weiter optimiertes Piezo-Inline-Common-Rail-System mit bis zu 2000 bar maximalem Raildruck zum Einsatz. Auch der Abgasturbo-lader wurde in Richtung höherer Spontaneität überarbeitet. In Kombination mit den neuen Audi-Fahrzeugen ergeben sich exzellente Fahrleistungen und hoher Komfort bei sehr niedrigem Kraftstoffverbrauch.

Dipl.-Ing. F. Rudolph (Vortragender), **Dr.-Ing. J. Hadler**, **Dipl.-Ing. H.-J. Engler**, **Dipl.-Ing. A. Krause**, **Dipl.-Ing. C. Lensch-Franzen**, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Der neue 1,2l TDI von Volkswagen – Innovation mit 3 Zylindern für niedrigsten Verbrauch“:

Mit dem neuen 1,2-l-TDI präsentiert Volkswagen einen völlig neuen Dreizylinder-Dieselmotor, der den bekannten und überaus erfolgreichen 1,4-l-TDI mit Pumpe-Düse-Einspritztechnik ablöst. Auf Basis des Anfang 2009 eingeführten 1,6-l-TDI-Motors wurde ein neues Dreizylinder-Triebwerk entwickelt, das die Erfolgsge-

schichte des TDI mit drei Zylindern von Volkswagen fortschreibt. Niedriger Verbrauch gepaart mit TDI-typischer exzellenter Fahrdynamik sowie stark verbesserter Akustik und Laufruhe markieren die Eckpfeiler des Motorkonzeptes. Selbstverständlich werden die Emissionsgrenzwerte nach Euro-5-Norm unterschritten.

Durch konsequentes Downsizing, umfassende Reduzierung von Reibleistung und Gewicht sowie den Einsatz modernster Einspritztechnik wird im Polo BlueMotion ein Emissionswert von nur 87 g CO₂ / km erreicht und damit der Bestwert unter den fünfsitzigen Fahrzeugen markiert. Der dynamische Drehmomentaufbau des kompakten 1,2-l-TDI-Motors mit maximalen 180 Nm sowie die harmonische Leistungsentfaltung mit dem Spitzenwert von 55 kW garantieren ein hohes Maß an Fahrdynamik und Souveränität.

Dr. H. Sorger (Vortragender), **M. Howlett**, **Ing. W. Schnider**, **Dipl.-Ing. N. Ausserhofer**, **Dr. P. Bartsch**, **Dipl.-Ing. M. Weißbäck**, AVL List GmbH, Graz; **O. Soustelle**, Le Moteur Moderne, Palaiseau; **P. Ragot**, **P. Mallet**, Renault S.A.S., Rueil Malmaison: „Herausforderung CO₂: Aggressives Downsizing für HSDI-Diesel – Motorkonzeptdefinition“:

Eine Antwort auf die Nachfrage nach Fahrzeugen mit niedrigem Kraftstoffverbrauch ist der Downsizing-Ansatz. Schon heute lässt sich auf dem Markt ein klarer Trend beobachten: Motoren mit 2,0 l Hubraum werden durch Motoren in der Größen-

ordnung von 1,6 l ersetzt. In diesem Beitrag wird ein deutlich extremeres Downsizing-Konzept für die nächste Generation von Antriebssträngen vorgestellt, wobei der Hubraum unter Verwendung eines Dreizylinderkonzepts mit einer spezifischen Leistung von 80 kW/l weiter auf 1,0 l reduziert wird. AVL und Renault arbeiteten bei der Definition geeigneter Diesel-Hybrid-Antriebskonzepte für die Euro-6-Emissionsgrenzen eng zusammen.

Das Strukturkonzept dieses Hochleistungsmotors ist für einen Zünddruck von 190 bar ausgelegt. Zwei- und Viertillkonzepte wurden hinsichtlich des Einflusses auf Leistung, Emissionen, Verbrauch und Kosten bewertet. Das Verbrennungs- und AGR-System wurde im Hinblick auf die Euro-6-Emissionsgrenzen unter Berücksichtigung von DPF (Dieselpartikelfilter) und NO_x-Nachbehandlungstechniken ausgelegt.

AUFLADUNG, LEICHTBAU, KÜHLUNGSMANAGEMENT

Dipl.-Ing. R. Sauerstein (Vortragender), BorgWarner Turbo Systems GmbH, Kirchheimbolanden; **Dr. M. Becker**, **Dipl.-Ing. W. Bullmer**, Engine SystemsGroup, BorgWarner Inc., Ithaca, USA, und Ludwigsburg; **MEng. Dipl.-Ing. (FH) R. Dabrowski**, Turbo Academy, Hochschule Mannheim: „Die geregelte zweistufige Abgasturboaufladung am Ottomotor – Auslegung, Regelung und Betriebsverhalten“:

Der Einsatz der einstufigen Abgasturboaufladung bei Ottomotoren erfordert Kompromisse bei der Auslegung hinsichtlich des stationären und dynamischen Verhaltens. Die Forderung einer weiteren Drehmomentstreuung bei gleichzeitig exzellentem dynamischen Verhalten führt zunehmend zur Diskussion, die geregelte zweistufige Abgasturboaufladung nach ihrer erfolgreichen Einführung beim Dieselmotor nun auch für den Ottomotor einzusetzen.

In diesem Vortrag wurde ein solches System für einen Ottomotor mit seinen spezifischen Eigenschaften vorgestellt. Ein derart optimiertes Aufladesystem übertrifft deutlich die Leistungsdaten einer einstufigen Aufladung und bedeutet einen signifikanten Fortschritt in Richtung verbrauchsarmer und gleichzeitig leistungsfähiger Ottomotoren.

Dr.-Ing. K. Lellig (Vortragender), **Dr.-Ing. M. Nolte**, **Dr.-Ing. R. Gosch**, **Dr.-Ing. D. Kube**, **Dipl.-Ing. A. Gröschel**, **Dipl.-Ing. B. Stauder**, **Dipl.-Ing. D. Ragus**, Nemak Europe GmbH, Dillingen: „Neue Leichtbaukonzepte in Motorenkonstruktion und -bau: Antworten auf die veränderten Herausforderungen im modernen Fahrzeugbau“:

Verbesserte Fertigungsprozesse, weiterentwickelte hochfeste Legierungen sowie neue Laufflächenkonzepte rücken Aluminium immer stärker in die Rolle des Standardwerkstoffs nicht nur für Zylinderköpfe sondern auch für Zylinderkurbelgehäuse.

Bereits in der Entwicklung von Zylinderköpfen und Motorblöcken wird den engen Kosten- und Zeitzielen durch den konsequenten Einsatz von rechnerischen Simulationen begegnet. Vom Herstellungsprozess der Einzelkomponenten bis zur Betriebsfestigkeit im motorischen Einsatz können Entwicklungsingenieure mittlerweile auf geeignete Simulationsprogramme zurückgreifen.

Besondere Anforderungen werden an Zylinderlaufflächen, Lagerstühle und Brennraumbereiche gestellt. Hier ist eine besonders hohe Kreativität und Innovationsfähigkeit der Gusserzeuger gefordert. Weiterentwickelte Gießprozesse in Kombination mit materialtechnischen Fortschritten bieten heute Festigkeiten und Härten, die noch vor einigen Jahren nur mit hochwertigen Gusseisenlösungen denkbar waren.

Dipl.-Ing. H. Jensen (Vortragender), **Dr. M. Janßen**, Mahle Filtersysteme GmbH, Stuttgart: „CO₂-Reduktionspotenziale durch innovative Flüssigkeitsmanagement-Systeme“:



9 Dr. Bohr, Bosch

Betrachtet man die Elemente im Öl- und Kühlmittelkreislauf, so finden sich einige Bauteile, die einen Beitrag zur CO₂-Reduktion leisten können:

- : Ölfiltermodule mit optimierten Ventilen, die den Druckabfall im Modul und damit im gesamten Ölkreislauf deutlich senken. Dadurch kann die Antriebsleistung der Pumpe gesenkt werden. Zudem kann gezielt Einfluss auf das Thermomanagement des Ölkreislaufs genommen werden
- : Öl-Wasser-Wärmetauscher mit optimierten Turbulenzblechen, die sowohl die spezifische Leistung des Wärmetauschers erhöhen, als auch den Druckabfall im Ölkreislauf senken
- : Getriebeölbwärmer, deren Aufgabe ist, das Fahrzeuggetriebe schnell auf Betriebstemperatur zu bringen und dort zu stabilisieren
- : geregelte Kühlmittelpumpen, die den Motor gezielt aufwärmen und im optimalen Temperaturbereich halten können.

Auch wenn die Potenziale der einzelnen Maßnahmen gewisse Grenzen nicht überschreiten, ergibt sich in der Summe ein durchaus beachtliches Potenzial aus der Hand eines einzelnen Lieferanten.

RENN- UND HÖCHSTLEISTUNGSMOTOREN

Prof. Dr.-Ing. M. Theissen (Vortragender),
Dipl.-Ing. M. Duesmann, Dipl.-Ing. J.



10 Härter, ZF

Hartmann, Dipl.-Ing. M. Klietz, Dipl.-Ing. U. Schulz, BMW Group, München:
„10 Jahre BMW F1 Motoren“:

BMW war in den Jahren 2000 bis 2009 mit Motoren in der Formel 1 vertreten. Das gesamte Projekt gliederte sich in eine Vorbereitungsphase, die Jahre als Motorenlieferant für Williams und den Auftritt mit dem eigenen BMW-Sauber-F1-Team. Geprägt wurden Konzept, Bau und Einsatz der Motoren durch das Reglement mit nahezu jährlichen Änderungen. Kostensenkung war das Hauptziel dieser Änderungen. Der Entwicklungsaufwand wurde sukzessive durch Restriktionen in der Technik und schließlich durch Homologation beziehungsweise Einfrieren des aktuellen Stands gesenkt, der Bauaufwand durch verlängerte Laufleistung und Testbeschränkung, also geringeren Motorenbedarf pro Saison. Ein zweites Ziel, reduzierte Motorleistung, wurde mit dem Wechsel vom 3,0-l-V10 zum 2,4-l-V8-Motor für die Saison 2006 umgesetzt.

In den ersten Jahren hat BMW unter hohem Konkurrenzdruck für jede Saison einen neuen Motor entwickelt und gebaut. Dabei wurden sprunghafte Verbesserungen in den Zielgrößen Motorleistung und Gewicht erreicht. Der BMW-Motor war bereits nach kurzer Zeit Benchmark in der F1. In den letzten Jahren lag der Schwerpunkt der Entwicklung auf gesteigerter Laufleistung und Zuverlässigkeit bei unverändertem Motorkonzept. Der P86/9 der



11 Dr. Pachta-Reyhofen, MAN

Saison 2009 erreichte trotz 20 % weniger Hubraum die gleiche Motorleistung wie der E41/4 beim Einstieg in die Saison 2000, die Laufleistung hatte sich gleichzeitig auf über 2000 km vervielfacht. Die Motorgenerationen mit ihren wesentlichen konzeptionellen Merkmalen wie die im Rahmen des Projektes aufgebauten Einrichtungen und Kompetenzen wurden beschrieben.

Dipl.-Ing. F. Eichler (Vortragender), **Dr.-Ing. J. Gindele, Dr.-Ing. M. Hart, Dipl.-Ing. I. Brajdic, Dipl.-Ing. T. Breitingner, Dipl.-Ing. M. Burgbacher, Dipl.-Ing. M. Gruber, Dipl.-Ing. J. Schmid**, Mercedes-AMG GmbH, Affalterbach: „Der Antriebsstrang des Mercedes SLS AMG“:

Das speziell für dieses Fahrzeug ausgelegte und neu entwickelte Antriebsstrangkonzzept setzt sich aus drei Hauptkomponenten zusammen: den aus bisherigen AMG-Baureihen bekannten, vollständig überarbeiteten 6,2-l-V8-Motor, einem Siebengang-Doppelkupplungsgetriebe und einer „Torque Tube“ mit Carbonwelle, die Motor und Getriebe zu einem sehr steifen Transaxlesystem verblockt.

Die primären Entwicklungsziele fokussieren sich zum einen auf die für einen Hochleistungssportwagen typischen Merkmale wie Spitzenleistung, Drehvermögen, Agilität bei minimalen Schaltzeiten sowie emotionalen Motorsound. Zum anderen wurde großer Wert auf eine Verbesserung des mechanischen Wirkungsgrads und auf die Applikation von Kraftstoff sparenden Fahrprogrammen gelegt. Durch tiefgreifende Optimierung zahlreicher Systeme im Grundtriebwerk konnten für einen Antrieb dieser Leistungsklasse sehr niedrige NEFZ- und Offcycle-Verbräuche realisiert werden, die sich auf dem Niveau hubraumschwächerer Aggregate mit Benzindirekteinspritzung bewegen. Das gesamte Projekt wurde innerhalb eines sehr gestrafften Zeitrahmens konsequent nach den bei Mercedes Benz Cars (MBC) etablierten Entwicklungsprozessen durchgeführt.

Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. F. Indra, Honorarprofessor, Technische Universität Wien: „Die Rennmotoren der Formula Student. Formel 1 als Vorbild?“:

1981 in Amerika von der SAE gegründet, ist die Formula Student zu einer sehr interessanten globalen Rennserie geworden. 1998 wurde sie von SAE in England übernommen und seit 2006 auch in Mitteleuropa. Die Monoposto Rennfahrzeuge werden von Studenten verschiedener Tech-

nischer Universitäten oder Fachhochschulen im Rahmen eines sehr sinnvollen Reglements entworfen, konstruiert, aufgebaut und bei den dafür vorgesehenen Wettbewerben eingesetzt und beurteilt.

Das Reglement lässt insbesondere auf dem Motorensektor – im Unterschied zur Formel 1 – viele Freiheiten zu. So müssen sich die Studenten sehr intensiv mit der Frage beschäftigen, ob sie sich für Motoren mit ein, zwei, drei, oder vier Zylindern – und das auch noch mit oder ohne Aufladung – entscheiden. Die Wahl des Motors hat auch einen wesentlichen Einfluss auf das Fahrzeugkonzept und das nicht limitierte Gewicht. Leichtbau sowie die dazu erforderlichen Materialien sind einer der Gewinnfaktoren in der Formula Student. Das zwingt die Studenten, sich auch mit diesem sehr aktuellen Thema zu beschäftigen.

Für die endgültige Wertung werden nicht nur die Fahrleistungen und der Verbrauch, sondern auch noch andere Kriterien beurteilt. 2006 nahmen bereits 400 Universitäten an den Wettbewerben auf den Kontinenten Amerika, Europa, Asien und Australien teil. Jedes Jahr muss ein neues Auto entwickelt werden, um die Innovationskraft der Studierenden weiter zu fördern.

PLUG-IN, HYBRID, RANGE EXTENDER

T. Takaoka (Vortragender), **H. Ichinose**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: „Das neuentwickelte Toyota Plug-In Hybrid System“:

Toyota hat diverse Hybrid-Fahrzeuge (Hybrid Vehicle – HV) als Antwort auf die automobilen Problemstellungen wie CO₂-Reduktion eingeführt, um Emissionen in urbanen Gegenden zu reduzieren und Ressourcen zu schonen. Als fortführenden Schritt ist das Plug-in-Hybridfahrzeug (Plug-in Hybrid Vehicle, PHV) eine effektive Lösung. Diese Fahrzeuge kombinieren die Vorteile der Elektrofahrzeuge (EV), welche saubere elektrische Energie nutzen, und der Hybridfahrzeuge mit ihrem hohen umweltfreundlichen Potenzial und ihrer Verbraucherfreundlichkeit bezüglich langer Reisedistanzen ähnlich dem konventionellen Fahrzeug.

Der Vortrag behandelte das neu entwickelte Plug-in-Hybrid-System und dessen Leistungen im Fahrzeug. Dieses System nutzt eine Lithium-Ionen-Batterie mit hoher Energiedichte und hat eine akzeptier-



12 Dipl.-Ing. Wester, Fiat (rechts)

table Reichweite im reinen elektrischen Fahrbetrieb, ohne Platz der Fahrgastzelle zu opfern. Dieses Fahrzeug erreicht eine CO₂-Emission von 59 g/km und erfüllt die strengsten Abgasbestimmungen der Welt. Das neue PHV ist der Vorreiter der Serienproduktion von PHV in zwei Jahren in größeren Stückzahlen. Als praktische Lösung zur Nutzung von Elektrizität haben PHVs das Potenzial, sich in der Zukunft erfolgreich im Markt durchsetzen zu können.

Dipl.-Ing. N. Wakayama, Mazda Motor Corporation, Hiroshima, Japan: „Entwicklung des Premacy Hydrogen RE Hybrid“:

Fahrzeuge, die mit wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren ausgestattet sind, könnten in der Zukunft eine wichtige Rolle als Antriebseinheit spielen, da sie verlässlicher und kostengünstiger sind als Brennstoffzellen. In Verbindung mit Wasserstoff weist der von Mazda entwickelte, einzigartige Kreiskolbenmotor (RE-Motor) eine Reihe von Vorteilen auf, wie die Vermeidung einer Vorzündung des Wasserstoffs. Seit Beginn der 1990er Jahre hat Mazda an der Entwicklung von Fahrzeugen gearbeitet, die von Wasserstoff-Kreiskolbenmotoren angetrieben werden. Der Hydrogen RE Hybrid im Premacy (Mazda5) wurde im Jahre 2009 als Nachfolgemodell des im Jahr 2006 eingeführten RX8-Wasserstoff-Kreiskolbenmotors entwickelt und auf den Markt gebracht. Der Premacy Hydrogen RE Hybrid ist mit einem in Reihe geschalteten Hybridsystem

ausgestattet, wobei der als Antrieb verwendete Motor während der Fahrt die Windungen umschaltet.

Mit einer Lithium-Ionen-Hochspannungsbatterie konnte die Reichweite für den Wasserstoffbetrieb auf 200 km mit beeindruckenden Beschleunigungswerten ausgedehnt werden. Der Hydrogen RE kann auch mit Ottokraftstoff gefahren werden (duales Treibstoffsystem). Durch die Möglichkeit, den Motor auch mit Benzin zu fahren, kann das Fahrzeug auch betrieben werden, wenn keine Wasserstofftankstellen vorhanden sind.

Dr. G. K. Fraidl (Vortragender), **Dr. P. E. Kapus**, **Dr. M. Korman**, **Dipl.-Ing. B. Sifferlinger**, **Dipl.-Ing. V. Benda**, AVL List GmbH, Graz: „Der Range Extender im Praxiseinsatz“:

Für einen breiten Einsatz von Elektrofahrzeugen stellt der Trade-Off zwischen Reichweite und Batteriekosten beziehungsweise Batteriegewicht die entscheidende Herausforderung dar. Je nach Betriebsbedingungen können die unter realen Fahrzeugzuständen tatsächlich erzielbaren Reichweiten zum Teil drastisch von den unter idealisierten Bedingungen ermittelten nominalen Reichweiten abweichen. Im Extremfall (stark stockender Verkehr und extreme Klimatisierungserfordernisse) wird „Reichweite“ nicht nur zu einer Frage der räumlich zurückgelegten Distanz, sondern wird ganz wesentlich auch von der Betriebsdauer mitbestimmt. Während sich beim konven-

tionellen Antrieb eine hohe Reichweitenflexibilität nahezu kostenneutral darstellen lässt, bedingt dies bei reinem Batterieantrieb extreme Kosten sowie hohes Gewicht des Energiespeichers.

Auf Basis einer hochintegrierten Kombination aus Wankelmotor und elektrischem Generator konnte ein Range-Extender-Konzept verwirklicht werden, das nicht nur konkurrenzlos günstige Bauraumerfordernisse und ein extrem niedriges Leistungsgewicht aufweist, sondern im Praxisbetrieb auch durch ein exzellentes NVH-Verhalten begeistert. Damit stellen solche Range-Extender-Lösungen ganz wesentliche Wegbereiter für eine bezahlbare Elektromobilität dar.

NEUE OTTOMOTOREN 2

Dipl.-Ing. G. Böhler, Dr.-Ing. R. Buhr, Dr.-Ing. G. Reinheimer (Vortragender), Adam Opel GmbH, Rüsselsheim: „Die neue kleine Ottomotorenfamilie von General Motors – vom freisaugenden Dreizylinder bis zum aufgeladenen Vierzylinder“:

Opel hat seine Familie-0-Motorenbaureihe einer grundlegenden Überarbeitung unterzogen und das Portfolio durch neue zusätzliche Motorvarianten ergänzt. Die dritte Generation der Motorenfamilie ist die Weiterentwicklung der millionenfach bewährten Drei- und Vierzylindermotoren der zweiten Generation. Das Programm wird durch einen neu entwickelten 1,4-l-Turbomotor nach oben abgerundet, der

sich modular aus den freisaugenden Motoren ableitet und als Downsizing/Downspeeding-Konzept zu Verbrauchsverbesserungen von bis zu 12 % führt. Im neuen Astra emittiert der Turbomotor lediglich 139 g CO₂/km. Die Vierzylindermotoren zeichnen sich durch kontinuierlich verstellbare Nockenwellensteller auf der Ein- und Auslassseite, eine volumenstromgeregelte Ölpumpe und ein elektrisch geregeltes Thermostat aus.

Bei den freisaugenden Motoren wurde das mit der zweiten Generation eingeführte Kanalabschaltungssystem weiterentwickelt und auf die Belange der internen Abgasrückführung abgestimmt. Ein modifizierter freisaugender 1,4-l-Motor kommt Ende des Jahres in dem alternativen Antriebskonzept des Range-Extender-Fahrzeugs Chevrolet Volt und später im Opel Ampera zum Einsatz.

Die Motoren werden am Produktionsstandort Aspern vor den Toren Wiens gefertigt. Ende 2010 kommt als weitere Fertigungsstätte das Werk Flint in USA dazu, um dem weltweiten Bedarf von rund 1 Million Motoren/Jahr in 2011/2012 gerecht zu werden.

Dr. G. Kiesgen (Vortragender), **Dr. B. Curtius, Ing. F. Steinparzer, Dr. M. Klüting, Dipl.-Ing. F. Kessler, Dipl.-Ing. J. Schopp, Dipl.-Ing. B. Lechner, Dipl.-Inform. J. Dunkel**, BMW AG, München: „Der neue 1,6 l Turbomotor mit Direkteinspritzung und vollvariablem Ventiltrieb für den MINI Cooper S“:

Die BMW Group und PSA haben in einem Kooperationsprojekt unter Federführung von BMW eine neue Familie von kleinen Ottomotoren entwickelt, die seit 2006 in allen Varianten von Mini sowie Peugeot- und Citroën-Automobilen eingesetzt werden. Für die Weiterentwicklung dieser Motorenfamilie stand daher die Verbrauchsreduzierung bei gleichzeitiger Dynamikverbesserung im Vordergrund. Zusätzlich musste der Zielkonflikt zwischen anspruchsvoller Motortechnik und dem Kostendruck im Segment der Klein- und Kompaktfahrzeuge gelöst werden. Zur Umsetzung dieser Anforderungen wurde für den leistungsstärksten Turbomotor die TVDI-Technik (Twinscroll Turbo, vollvariable Ventiltrieb und Direkteinspritzung) weltweit erstmalig in einem Vierzylindermotor eingesetzt, die in enger Analogie aus der BMW-Twin-Power Turbo-Technik abgeleitet wurde.

Die unter Federführung von BMW entwickelten Motoren sind geprägt vom gegenseitigen Know-how-Transfer der beiden Hersteller, weil bei der Konzeption und Realisierung sowohl die übergeordnete BMW-Zielsetzung der „effizienten Dynamik“ als auch das PSA-Prinzip „design to cost“ konsequent umgesetzt wurden. In dem Vortrag wurden neben der grundsätzlichen Überarbeitung der Motorenfamilie insbesondere die Details und die Ergebnisse des neuen 1,6-l-TVDI-Turbomotors im Mini Cooper S vorgestellt.

Dipl.-Ing. A. Waltner (Vortragender), **Dipl.-Ing. P. Lückert, Dr.-Ing. H. Breitbach, Dipl.-Ing. G. Doll, Dipl.-Ing. H. Herwig, Dipl.-Ing. R. Kemmler, Dipl.-Ing. H. Weckenmann**, Daimler AG, Stuttgart: „Der neue V6-Ottomotor mit Direkteinspritzung von Mercedes-Benz“:

Mit dem neuen Sechszylindermotor von Mercedes-Benz ist es gelungen, ein Konzept zu realisieren, das hervorragende Leistungswerte bei gleichzeitigem Komfort auf höchstem Niveau bietet, als auch Umweltgesichtspunkte und Wirtschaftlichkeit angemessen berücksichtigt.

Der neue V-Winkel von 60° als auch extremer Leichtbau im Triebwerksbereich sorgen für ein exzellentes Komfortniveau. Mit der Direkteinspritzung der dritten Generation (DEO3) in Verbindung mit der Multi-Spark-Ignition war es möglich, neue Betriebsarten zu entwickeln und damit weitere Kennfeldbereiche mit verbrauchs-optimaler Magerverbrennung zu erschließen.



13 Dr. Weber, Daimler



Frau Lenz, Frau Piech und Herr Prof. Piech als interessierte Besucher der Schlusssektion

Die spezifischen Verbrauchswerte setzen neue Maßstäbe beim Verbrennungsmotor. Zusammen mit dem Mercedes-Stopp/Start-System, Schaltpunktverschiebung und konsequenter Reibleistungsreduzierung sind Verbesserungen im Fahrverbrauch von bis zu 20 % möglich.

ZUKÜNFTIGE ABGASVORSCHRIFTEN UND LÖSUNGEN

Dr.-Ing. U. Dohle (Vortragender), Tognum AG, Friedrichshafen; **Dr.-Ing. A. Schneemann**, **Dr.-Ing. C. Teetz**, **Dr.-Ing. I. Winterruff**, MTU Friedrichshafen GmbH, Friedrichshafen: „Erfüllung künftiger Abgasemissionsvorschriften – Lösungen der MTU Friedrichshafen“:

Die zulässigen Abgasemissionen werden für Off-Highway-Motoren in Europa und in den USA zwischen 2011 und 2015 nochmals erheblich abgesenkt. Die Gesetzeslage ist je nach Anwendung und Leistungsbereich sehr heterogen. Die Motorenhersteller müssen für die einzelnen Märkte unterschiedliche emissionsmindernde Maßnahmen zur Verfügung stellen, um bezüglich Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen optimale Lösungen anbieten zu können.

Für die gültigen und geplanten Emissionsvorschriften werden technische Konzepte aufgezeigt, mit denen MTU-Friedrichshafen die aktuellen Motorenbaureihen an die zukünftige Gesetzeslage anpassen wird. Die Grundmotoren werden für hohe Zünd- und Einspritzdrücke ertüchtigt. Es

befinden sich die gekühlte Abgasrückführung, das Millerverfahren und die zweistufig geregelte Aufladung in Entwicklung. In Einzelfällen kommen auch die SCR-Technik und der Partikelfilter zur Anwendung. Das Zusammenwirken der Teilsysteme wird über neue Regelungskonzepte optimiert. Für ausgewählte Anwendungen wurden die Lösungen vorgestellt und diskutiert.

Dipl.-Ing. C. Enderle (Vortragender), **Dipl.-Ing. R. Binz**, **Dipl.-Ing. M. Paule**, **Dipl.-Ing. A. Mackensen**, **Dipl.-Ing. B. Lindemann**, Daimler AG, Stuttgart: „Anforderungen und Weiterentwicklungen zur nächsten Generation der BlueTEC-Antriebstechnologie“:

Die „BlueTEC“-Fahrzeuge von Mercedes-Benz sind seit 2006 führend in der Anwendung von Techniken für saubere Dieselmotoren. Die SCR-Technik erfüllt natürlich die aktuell strengsten Abgasgrenzwerte in den weltweiten Märkten wie USA, Europa und Japan. Bei niedrigsten Emissionen erreichen Dieselmotoren mit BlueTEC-Technik gleichzeitig Vorteile im CO₂-Ausstoß sowie die dieseltypischen hohen Drehmoment- und Fahrleistungswerte. Für die Weiterentwicklung der BlueTEC-Antriebe stehen folgende Herausforderungen im Fokus:

- : Reduzierung der Entwicklungs- und Applikationsaufwändungen
- : Standardisierung und Kostenreduzierung der SCR-Komponenten
- : Weiterentwicklung der Leistungsfähigkeit hinsichtlich weiterer Emissionsabsenkung (beispielsweise SULEV) bei

gleichzeitig weiter sinkenden Abgastemperaturen CO₂-optimierter Fahrzeuge
: Ausbau der BlueTEC-Technik durch Einsatz ergänzender Emissionskomponenten und Kombination mit weiteren CO₂-Techniken wie Hybrid.

Dipl.-Ing. S. Pritze (Vortragender), **Dipl.-Ing. A. Königstein**, Adam Opel GmbH, Rüsselsheim; **A. Rayl, M.S.E.E., C.-F. Chang, Ph.D.M.E., P. M. Najt, M.S.M.E., Prof. Dr.-Ing. U. D. Grebe**, General Motors LLC, Warren und Pontiac, USA: „GM’s HCCI – Erfahrungen mit einem zukünftigen Verbrennungssystem im Fahrzeugeinsatz“:

„Homogeneous Charge Compression Ignition“ (HCCI) steht bei General Motors (GM) für die homogene Selbstzündung der Frischladung im Ottomotor. HCCI ermöglicht in der Motor-Teilast einen drosselfreien Betrieb mit hohem Verbrauchsreduktionspotenzial bei niedrigsten NO_x-Emissionen auch mit mageren Gemischqualitäten. Mit konventioneller Abgasnachbehandlung erlaubt dies die Nutzung weltweit vorhandener Kraftstoffqualitäten.

Wesentliche Anforderungen für den Einsatz im Fahrzeug ergeben sich aus der Darstellung eines großen nutzbaren stationären Kennfeldbereichs, der niedrigste Motorlasten bis hin zum Leerlauf abdeckt, in Verbindung mit einem hinsichtlich Verbrennungsstabilität und Ansprechverhalten herausragenden transienten Verhalten. Basierend auf einer strahlgeführten Benzin-Direkteinspritzung wurden die Voraussetzungen dafür durch die Auslegung der Restgassteuerung mit Rückhalten und Kompression des Abgases im Brennraum sowie einer zylinderindividuellen Drucksensierung geschaffen. Die maßgeblichen Eigenschaften des entwickelten Brennverfahrens wurden vorgestellt.

Die Applikation im Fahrzeug setzt neue Maßstäbe hinsichtlich der Anforderungen an das Motorsteuergerät und der Komplexität der Regelungsalgorithmen. Mit einer nur indirekt möglichen Regelung der gegenüber äußeren Einflüssen sehr sensitiven Verbrennung wird die Darstellung robuster Übergänge zwischen den verschiedenen Betriebsarten äußerst anspruchsvoll.

PLENAR-SCHLUSSEKTION: BLICK IN DIE ZUKUNFT

Dr. G. Pachta-Reyhofen, , Sprecher des Vorstands, MAN SE, München: „Wachstum in veränderter Nachfrage: Vom Moto-

ren- und Turbinenhersteller zum Systemanbieter am Beispiel MAN Diesel & Turbo“:

Die MAN-Gruppe ist mit ihrer über 250-jährigen Historie eines der traditionsreichsten deutschen Großunternehmen und mit seinen Innovationen aus Vergangenheit und Gegenwart ein bedeutender Teil der Industriegeschichte. In der Zusammensetzung des Konzerns und seiner strategischen Ausrichtung gab es vor allem in der jüngeren Geschichte starke Veränderungen.

Im Vortrag wurde diese Unternehmensentwicklung am Beispiel der beiden Konzernteile Diesel und Turbo aufgezeigt. In beiden Bereichen wurde die veränderte Nachfrage des Marktes erkannt. Offerierte MAN Diesel seinen Kunden noch vor wenigen Jahren ausschließlich Dieselmotoren und damit verbundene Komponenten, so versteht sich das Unternehmen heute als Systemlieferant komplexer Anlagen. Im Marinebereich gehören komplette

Antriebssysteme inklusive Abgasnachbehandlung zur Kernkompetenz. Im Kraftwerksbereich ermöglichten schlüsselfertige Kraftwerksprojekte und „Operation & Maintenance“-Verträge deutliche Umsatzgewinne und helfen dem Unternehmen, die derzeitige Wirtschaftskrise besser zu meistern und sich wettbewerbsfähig für die Zukunft aufzustellen.

Durch die im Vortrag beschriebene Fusion von MAN Diesel und MAN Turbo wird dieser Schritt noch weiter verstärkt. Beide Bereiche ergänzen sich mit ihren komplementären Produkten und ermöglichen einen ganzheitlichen Auftritt als Systemlieferant. In zyklischen Märkten und veränderter Nachfrage ist mit diesem Schritt die Wandlung vom diversifizierten Komponentenhersteller zum kompetenten Systemanbieter gelungen.

Dipl.-Ing. H. J. Wester, , Executive Vice President & CTO, Fiat Group S.p.A., Turin, CEO, Maserati S.p.A., Modena: „Neue Herausforderungen für die weltweite Automobilindustrie und ihre Konsequenzen für die Powertrain Entwicklung“:

Der Straßenverkehr steht vor der wahrscheinlich größten Herausforderung in seiner Geschichte: tragfähige, nachhaltige Lösungen zur Verbesserung der ökologischen und sozialen Verträglichkeit unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Effizienz müssen definiert und umgesetzt werden. Fragen zur Nachhaltigkeit stellen die Akzeptanz herkömmlicher fossiler Brennstoffe und die dazugehörigen Techniken in Frage. Falls die Menschheit die Ziele für die nächsten Jahrzehnte bezüglich Treibhauseffektreduzierung und globaler Erwärmung erfüllen möchte, müssen alle denkbaren Ansätze untersucht werden:

- : die Energieträger und dazugehörige Energiequellen ändern (Ersatz oder zusätzliche fossile Brennstoffe)
- : Erhöhung des Anteils kohlenstoffneutraler flüssiger Brennstoffe (gemischt mit Bio-Kraftstoff)
- : Energieverbrauchsverringerung des Fahrzeugs
- : Effizienzerhöhung des Verbrennungsmotors.

Obwohl die erste Option langfristig die hoffnungsvollste ist, insbesondere hinsichtlich der Option Elektrizität, ist sie kurzfristig in großen Stückzahlen wegen technischer und wirtschaftlicher Nachteile elektrischer Speichermedien (Batterien), die sowohl für elektrische als auch für



Zufriedene Mienen am Ende der Veranstaltung v.l.n.r.: Dr. Weber, Prof. Lenz, Dr. Pachta-Reyhofen, Dipl.-Ing. Wester

Plug-in-Hybridfahrzeuge benötigt werden, nicht realisierbar.

Andererseits scheinen Bio-Kraftstoffe nicht der richtige Ansatz zu sein, um nachhaltig die Probleme des Straßenverkehrs zu lösen. Es wird daher erwartet, dass die Pkw-Technik für einige Jahrzehnte weiter abhängig von Verbrennungsmotoren sein wird. Besonders kurz- bis mittelfristig wird es nötig sein, das immer noch große Potenzial von Verbrennungsmotoren zu nutzen. Die Priorität liegt dabei darauf, Verluste zu reduzieren. Langfristig, wenn die Veränderung in Richtung elektrischer Mobilität ernsthaft beginnt, wird eine ganzheitliche Herangehensweise, die darauf zielt, alle Interessenvertreter in die Lösungsfindung einzubeziehen, um alle Dimensionen der Zukunftsfähigkeit vollständig zu erfüllen, das effizienteste Konzept sein.

Dr. T. Weber, Mitglied des Vorstands, Daimler AG, Stuttgart: „Individuelle Mobilität – Strategien und Lösungen für das Automobil der Zukunft“:

Die Welt ist im Wandel – und eine der tiefgreifendsten Änderungen im Alltag steht im Bereich der individuellen Mobilität bevor: der – langfristig unvermeidbare und im Sinne der Umwelt- und Ressourcenschonung auch erstrebenswerte – Übergang vom Verbrennungsmotor zum lokal emissionsfreien elektrifizierten Antrieb. In der Öffentlichkeit wird dieses Thema intensiv und häufig sehr kontrovers diskutiert. Während die einen beispielsweise dem Elektroauto nur eine Nebenrolle zutrauen, läuten andere bereits das Ende des Verbrennungsmotors ein.

Daimler arbeitet intensiv und erfolgreich an der Entwicklung von Elektroautos mit Batterie- und Brennstoffzellenantrieb. Mit dem smart fortwo electric drive und der B-Klasse F-CELL hat das Unternehmen bereits zwei voll alltagstaugliche Elektroautos auf die Straße gebracht. Ende des Jahres folgt mit der A-Klasse E-CELL ein weiteres lokal emissionsfreies Modell. Allerdings gibt es für den reibungslosen und komfortablen Betrieb noch eine Reihe von Einschränkungen. Diese liegen zum einen in der zurzeit noch nicht vorhandenen Tank- beziehungsweise Ladeinfrastruktur, zum anderen an den noch sehr hohen Fahrzeugkosten aufgrund kleiner Stückzahlen. Deshalb steht fest: Moderne Diesel- und Ottomotoren werden noch auf längere Sicht die treibende Kraft für das Automobil bleiben – im Individualverkehr

mit Personenwagen, insbesondere auf Langstrecken, und vor allem beim Güterverkehr mit Lastwagen.

Als Reserve- beziehungsweise Poster-vorträge fungierten die beiden folgenden Beiträge:

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. R. Kirchner, Dipl.-Ing. Dr.techn. F. Winkler, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. H. Eichseder, Technische Universität Graz: „Können umkehrgespülte Zweitaktmotoren für Freizeitwendungen die zukünftigen Emissionsgrenzwerte erfüllen?“:

Den derzeitigen Stand der Technik bei Zweirad-Zweitaktmotoren stellt die äußere Gemischbildung mittels Vergaser dar. Dieses Motorkonzept muss starke Einbußen hinsichtlich Drehmomentcharakteristik und maximal erzielbarer Leistung hinnehmen, um den Emissionsgrenzwerten zu entsprechen.

Die in Diskussion befindlichen verschärften Emissionsgrenzwerte für das Jahr 2012 (Euro 4) sowie der zusätzlich geplante Dauerhaltbarkeitsnachweis machen einen Systemwechsel zu Viertaktmotoren oder Zweitaktmotoren mit innerer Gemischbildung unumgänglich, um eine Reduktion der Spülverluste zu erzielen.

Hohe Systemkosten, Komplexität und großer Bauraum verhindern den Einsatz von bekannten Hochdruck-Direkteinspritzsystemen aus dem Automobilbereich in Kleinmotoren. Aus diesem Grund wurde eine Vielzahl verschiedener Systeme und Techniken entwickelt, um den speziellen Anforderungen dieser Motorentypen gerecht zu werden. Ein Systemvergleich schafft einen Überblick über die Funktionsweise, die Einsatzgebiete und die erreichbaren Emissionsniveaus.

Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, Dipl.-Phys. S. Fischer, Assoc.Prof. Dr. P. Hofmann, Dr. T. Lauer, Dipl.-Ing.(FH) L. Möltner, Dipl.-Ing. B. Schneeweiss, Dipl.-Ing. P. Teiner, Technische Universität Wien: „Neue Ansätze und Entwicklungsmethoden zur Minimierung der NO_x-Emissionen von Dieselmotoren“:

Am Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik (IFA) der TU Wien werden unterschiedliche Verfahren untersucht, welche das Potenzial haben, die geforderten Einsparungen zu ermöglichen:

: Bei der selektiven katalytischen Reduktion ist die optimale Aufbereitung des Ammoniaks im Abgassystem das wesentliche Kriterium für eine effiziente

NO_x-Absenkung. Mittels moderner Messtechnik werden Sprayanalysen mittels Laserbeugung, Wandfilmbildung mittels Videoanalyse, Wandkühlung mittels Infrarot-Thermographie sowie die Gleichverteilung mittels FTIR-Spektroskopie untersucht. Parallel dazu erfolgt die Vorhersage der Ammoniak-Aufbereitung mittels CFD-Simulation.

: Die Hybridisierung des Dieselmotor-Antriebsstranges bietet ebenfalls vielversprechende Ansätze zur Vermeidung der NO_x-Rohemissionen. Am IFA werden entsprechende Hybrid-Betriebsstrategien mittels flexibel aufgebauter Längsdynamik-Simulationsmodelle entwickelt und optimiert. Die Simulationsergebnisse werden anschließend auf einem hochdynamischen Motorenprüfstand in einer Hardware-in-the-Loop-Umgebung verifiziert. Hierbei wird der reale Dieselmotor in ein Echtzeit-Simulationsmodell des restlichen Fahrzeugs eingebunden.

Tagungsband

Die Vorträge des 31. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschritt-Berichten, Reihe 12, Nr. 716, Band 1 und 2 (einschließlich CD), nebst Zusatzheften enthalten. Die Unterlagen sind beim Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) erhältlich.

Einladung

Das 32. Internationale Wiener Motorensymposium findet am 5./6. Mai 2011 im Kongresszentrum Hofburg Wien statt, wozu schon heute herzlich eingeladen wird. Rechtzeitige Anmeldung nach Programmbekanntgabe im Internet ab zirka Mitte Dezember 2010 wird dringend empfohlen.

Kontakt

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

31ST INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM

As every year, more than 1,000 leading automotive engineers and scientists from all over the world met at the 31st International Vienna Motor Symposium, which was held on April 29 and 30, 2010. They presented the latest findings in engine developments and provided an outlook for future trends in the automotive industry. This report contains a summary of the lectures presented in the individual sessions.



AUTHOR



**UNIV.-PROF. DR. TECHN.
HANS PETER LENZ**
is President of the Austrian
Society of Automotive Engineers
(ÖKV) in Vienna (Austria).

INTRODUCTION

After a welcome fanfare, which was performed by members of the orchestra of the Vienna University of Technology, **Prof. Lenz**, ❶, welcomed the participants to the fully booked 31st International Vienna Motor Symposium, ❷.

As in previous years, all lectures are contained in the VDI progress reports including a CD with the texts in English. The lectures presented by university staff were, for the first time, peer reviewed by the Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik e.V (WKM – Scientific Society for Automotive and Engine Technology). Prof. Lenz also drew attention to the search system of the Austrian Society of Automotive Engineers, which, by entering a search term or the lecturer's name or company, indicates who spoke when on a particular subject (www.oevk.at).

Prof. Lenz stated at the outset that electro mobility was being hyped in a way that was not justified. Electronics and electric assist systems for auxiliary units and the drivetrain, which are increasingly in use, are a valuable technology for internal combustion engines. In the meantime, new small diesel engines have demonstrated that in the EU, the US, not to mention China, are on a par with electric motors in terms of CO₂ emission levels.

If an emission level of 50 g CO₂/km is a stated goal, it can only be hazard a guess as to whether this value will be reached either by electric cars – in such a case 70 % of the electric energy would have to come from renewable sources – or by combustion engines using a large percentage of fuels derived from renewable energy sources.

Every expert knows that internal combustion engines offer more driving comfort, have a longer range and are far cheaper than electric motors. Nevertheless, a car manufacturer can hardly afford to present its product range in public without a futuristic electric vehicle if the company does not want to run the risk of being considered behind the curve.

The apprehension that these vehicles would actually have to be produced one day seems just as widespread as the joy of researchers about their freedom to engage in such developments. The situation, however, becomes crucial when such

research efforts are made at the expense of internal combustion engines which will remain the main drive units for decades, even though electric vehicles will over time be equipped with range extenders. It will be exciting to see whether millions of electric cars will indeed be on our roads in the coming decades or if this bubble will burst?

It is also a critical issue as to whether states, instead of defining clear goals, believe that a particular technology should be subsidised. Will a race for subsidies be the consequence of this trend? And if so, would it not be better to give priority to Euro 6 diesel engines and subsidise these? Only a fraction of the subsidies for electric vehicles would suffice to develop vehicles with virtually zero emissions and the same low emissions of climate relevant gases as electric vehicles which have a number of drawbacks of their own, such as short range, high costs and poor driving comfort.

After the joint plenary opening session, technical lectures were presented in two parallel sections, ❸ and ❹, which were chaired by **Professors H. Eichlseder, B. Geringer, G. Jürgens** and **G. Brasseur**. A comprehensive and impressive exhibition of new engines, components and vehicles complemented the technical presentations, ❺, ❻ and ❼.

Accompanying persons were offered a culturally ambitious social programme



❶ Prof. Lenz

which included a trip through the picturesque Danube valley to the Benedictine monastery of Melk and guided tours of the Vienna city centre. The participants and accompanying persons spent the evening at the wine tavern Fuhrgassl-Huber in Neustift at the invitation of the Mayor of Vienna.

PLENARY OPENING SESSION

The first lecture of the plenary opening session was delivered by **Dipl.-Betr.-Wirt R. Stadler**, , Chairman of the Board of Management, Audi AG, Ingolstadt, on the topic “Superior Efficiency – Ground-breaking Drive Concepts for the Pinnacle of Premium Automotive Engineering”:

The demands made upon premium car brands have undergone a fundamental change in recent years. Their top-of-the-line cars, in particular, have to satisfy new customer requirements while bridging the ever-widening gap between the expression of prestige and social acceptance. The social acceptability of top class models is crucial for the success and innovative power of the premium carmakers.

Audi sees the shift in paradigm in the car industry as an opportunity to once again demonstrate its “Lead through Technology” and to further strengthen the brand’s competitive position. The new Audi A8 stands out with its superior fuel economy and CO₂ values, thus demonstrating the success of the Audi efficiency strategy featuring light-weight design as a key element. The future hybrid model will further consolidate the brand’s leading position.

Audi sees the medium-term future of the top-class car category primarily in the systematic further development of conventional and electrified drive systems. The rapid build-up of electric drive expertise and work on renewable fuels are central elements of Audi’s strategy for the future.

Dr. B. Bohr, , Member of the Board of Management, Chairman of the Automotive Group, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: “Powertrain Diversity and Electrification: Challenges and Chances for the Automotive Industry”:

Both diesel and gasoline engines continue to offer great potential for reducing fuel consumption and emissions. However, massive investments will be required in order to tap this potential. In the long



 Prominent guests, from left to right: Rector of the Vienna University of Technology, Prof. Skalicky, Prof. Winterkorn, Dr. Mitterbauer, and Prof. List

run, the electrification of the powertrain will lead to purely electric powertrains. The route to this objective will be a dual one, with hybrids as an interim technology on the one hand and the further evolution of the internal combustion engine on the other. In the short and medium term, this will mean a diversification of powertrain technologies. The need to invest in the development of the internal combustion engine and electric powertrains while at the same time analysing the different drive train concepts present major challenges to the automotive industry. The standardisation of non-distinctive functions, major components, and interfaces acts as a lever for reducing costs, especially for the electric powertrain, the development of which is only just getting under way. Innovation partnerships, alliances, and pre-competitive co-operation agreements are a further way to reduce investment costs of the individual market players, increase the speed of development, and thus heighten the industry’s competitiveness.

The skills and know-how required for producing electric vehicles differ from those needed for manufacturing vehicles with internal combustion engines. This can be ascribed to the far higher share of electric systems and electronics in the value added chain, the need for reliable batteries and the emergence of new business models. These skills and this know-how must now be acquired in all operational areas of the company as this will,

to a great extent, determine the future success or failure of the market players in the automotive industry.

H.-G. Härter, , President and Chief Executive Officer (lecturer), **Dr. G. Gumpoltsberger, Dr. F.-D. Speck**, ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen: “Innovations for Commercial Vehicles in a Difficult Market Environment”:

Operators of commercial vehicles are currently going through a crisis that poses a threat to their existence. This was triggered by the worldwide recession as well as by the shrinking volume of freight transport, combined with cost increases. Cost reductions remain an absolute must for the entire industry and will become an increasingly important driver for technological innovation. The optimisation of the classical drive train offers potential for reducing operating costs. Ideal scenarios, which can never be expected to be feasible in the real world, demonstrate different theoretical options for saving costs. The drive train of long-haul commercial trucks offers less potential for cost reductions than that of city buses. Nevertheless, for these trucks the use of ZF products, such as the automatic AS Tronic transmission system, is worthwhile as not only fuel costs can be brought down by approximately 4 % but also, due to lower clutch wear, maintenance costs can be lowered. The Intarder transmission brake relieves the load on the drive brake which also results in a reduction of maintenance costs. Hybrid-electric drive systems are particu-

larly well suited for urban delivery vans and city buses, as these have a particularly positive effect in short-haul applications. Thanks to ZF products, which will soon be series-produced, better fuel economy of city buses of up to 30 % can be attained.

NEW OTTO ENGINES 1

Dipl.-Ing. G. Doll (lecturer), **Dipl.-Ing. P. Lückert**, **Dipl.-Ing. H. Weckenmann**, **Dipl. Ing. R. Kemmler**, **Dipl.-Ing. A. Waltner**, **Dipl.-Ing. H. Herwig**, Daimler AG, Stuttgart: “The New Mercedes-Benz V8 Petrol Engine with Direct Injection and Turbocharging”:

The new Mercedes-Benz 4.6 litre biturbo engine M 278 was conceived as a member of a new high-performance engine family and is derived from the V6 and V8 engines. It replaces the highly successful 5.5 litre predecessor engine M 273. This engine is based on a modular concept and on a high-grade technology portfolio comprising, as essential elements, direct injection of the third generation, turbo-charging, the Mercedes start-stop system, thermal management and a pressure-controlled oil circuit. In this engine category, the 4 litre engine boasts an exclusive driving performance combined with fuel economy that to date has rather been typical of six-cylinder engines.

In comparison with its predecessor model, which is still highly successful in tests, the new engine achieves a 12 %

higher output, its torque has been increased by 32 % and fuel consumption has been lowered by more than 10 %. Thanks to its modular concept, this engine will continue to be viable in future as well.

S. Ando, MA (lecturer), **Dipl.-Ing. K. Chujo**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: “The New NISSAN V8 Gasoline Engine with VVEL and DIG”:

A continuous variable valve timing system which controls both valve opening and closing times (VVEL) as well as a direct injection gasoline system (DIG) constitute the key technologies integrated into this engine. With regard to the DIG combustion concept, a wall-guided version with side spray was selected instead of a spray-guided system with centre spray, in order to obtain high volumetric efficiency in natural aspiration. CFD (Computational Fluid Dynamics) were applied for air flow control and fuel dynamic behaviour in order to analyse mixture formation in detail. The optimised intake port, the piston crown shape and the combustion chamber with masking shape assure homogeneous combustion. In this concept, the key factors are a higher flow rate coefficient and a tumble ratio conceived both for partial load with lower valve lift and full load. In addition, stratified charge combustion permits ignition timing retard and a lean air/fuel ratio which improves catalyst warm-up and lower HC gas emissions after engine start. Alongside the higher thermal efficiency achieved with

DIG, the VVEL system, which was taken over from the VK50VE and VQ37VHR engines, improves fuel economy under partial load by reducing pumping losses.

Dipl.-Ing. M. Kerkau (lecturer), **Dipl.-Ing. T. Wasserbäch**, **Dipl.-Ing. G. Bofinger**, **Dipl.-Ing.(FH) M. Stöfka**, **Dr.-Ing. H.-J. Neußer**, Dr.Ing.h.c.F.Porsche AG, Weissach: “Highly Efficient Performance – Powertrain of the New Porsche 911 Turbo”:

The new 911 Turbo combines extensive technological innovation with the fine-tuning of its design. The powertrain of the new 911 Turbo offers significant improvement in energy efficiency and a further increase in attractiveness thanks to intelligent performance. As a high-performance sports car, it is both much more fuel efficient and lightweight as well as more powerful, more dynamic and faster than its predecessor. At its heart is the new 3.8 litre engine with a power output of 368 kW, which represents the culmination of 35 years of experience in the history of turbo models. In addition to its familiar variable valve drive, the completely redesigned engine also features direct fuel injection and a turbocharger with variable turbine geometry. A new level of efficiency, agility, responsiveness and performance has been achieved in combination with the seven-speed Porsche dual clutch (Porsche-Doppelkupplungsgetriebe PDK).

This drive package enables the 911 Turbo to accelerate from 0 to 100 km/h in just 3.4 s (predecessor 3.7 s) while also reducing CO₂ emissions by up to 18 %.



3 Festival hall

NEW WAYS TO EMISSION REDUCTION

Dipl.-Ing. S. Pflaum, **Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister** (lecturer), Technical University Munich; **Dipl.-Ing. M. Mackovic**, **Dr.-Ing. G. Frank**, **Univ.-Prof. Dr.rer.nat. M. Göken**, University Erlangen-Nuremberg: “Ways to a Soot Formation Hypothesis”:

Preliminary studies confirm the assumption that existing soot formation models have to be revised, or more detailed, phenomenological soot formation models must be established – especially with regard to the pre-calculation of soot emissions of internal combustion engines operated with extreme parameters (high pressure injection, high EGR, high pressure supercharging). With a view to generating the necessary basic knowledge, a novel gas sampling probe was devised which allows

the time-resolved collection of small soot samples from the combustion chamber. With the aid of the new probe extensive series of samples have been collected which show the formation and modifications of soot during the combustion cycle.

The Department for Materials Science and Engineering (Chair for Microcharacterisation WW7), in Erlangen, after analysing a series of soot samples from the combustion chamber, verified the formation, growth and oxidation of primary soot particles. Furthermore, it was possible to demonstrate characteristic changes in soot agglomerates during combustion from compact to fissured shapes. These findings permitted a first modelling of soot formation during combustion.

Dipl.-Ing. W. Maus, Dipl.-Ing. J. Hodgson, Dipl.-Ing. C. Vorsmann, Dipl.-Ing. R. Brück (lecturer), Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH, Lohmar: "PM-Metalit Advanced – The Innovative Particulate Filter for Nanoparticle Reduction":

Future emission legislation for passenger cars (gasoline and diesel) as well as heavy-duty vehicles will require a reduction in particle numbers alongside a reduction in particle mass. Conventional filters that combine current levels of porosity with new, low soot-emitting engines cannot filter nanoparticles with sufficient effectiveness due to the absence of a soot filter cake. The necessary reduction in pore size leads to greater pressure losses.

The "PM Metalit Advanced" represents a new generation of particulate filters for the automotive industry. Building on the proven partial-flow deep-bed concept, the separation of nanoparticles, in particular, is improved through the application of electrostatic forces, which act as a diffusion and adhesion booster. The system is capable of separating well over 90 % of the particles that have been charged in an electric field without any increase in backpressure.

W. Li, Ph.D., P. M. Najt, M.S.M.E., K. Narayanaswamy, Ph.D., C. H. Kim, Ph.D., K. L. Perry, B.S., O.A. Güralp, Ph.D., J. G. Smyth, Ph.D. (lecturer), General Motors LLC, Warren, USA: "Passive Ammonia SCR – A Novel Lean NO_x Aftertreatment System":

The "Passive Ammonia SCR System" (PASS) concept is an integrated aftertreatment system that relies on the intrinsic performance characteristics of a close-coupled

three-way catalyst (TWC) and an under-floor selective catalytic reduction (SCR) catalyst to holistically address both stoichiometric and oxygen-rich SI engine after-treatment. The PASS-concept combines the performance capabilities of a conventional TWC system and a urea-based SCR system without the cost and complexity of a dosing system. In its simplest form, PASS is an oxygen tolerant aftertreatment system that has been shown to work effectively for a range of homogeneous, stoichiometric SI engine applications. In addition, the PASS concept can easily be adapted for use on lean-burn applications and has been shown to work effectively for a range of stratified-charge SI engine applications. Critical to the performance of PASS are the efficient generation of ammonia on the close-coupled TWC catalyst and the storage of ammonia on the underfloor SCR catalyst.

FUTURE FUELS / EXHAUST GAS AFTERTREATMENT HYBRID

Dr. W. Warnecke, Dr. D. Liebig, Shell Global Solutions (Germany) GmbH, Hamburg; **Dr. R. Clark** (lecturer), Shell Global Solutions (UK), Chester; **M. Copson, A. Alonso**, Shell International Petroleum Co Ltd, London; **Dipl.-Ing. M. Kind, Dipl.-Ing. A. Kolbeck, Dr. M. Lamping, Dipl.-Ing. T. Körfer**, FEV Motorentchnik GmbH, Aachen; **Dr. R. van Doorn**, Audi AG, Ingolstadt: "GTL

Fuel in a Dedicated Vehicle – Exploration of the Full Emissions Reduction Potential":

The start of production from Sasol's GTL plant Onyx, and the current construction of the world's largest GTL plant, Shell's Pearl plant in Qatar, signals that GTL fuel is no longer an option for the distant future, but that significant volumes will be reaching the market in the short to medium term. GTL fuels have market potential when used either neat or in blends with conventional diesel fuel. In areas that are sensitive to air quality issues (e.g. inner cities), the use of neat GTL fuel in dedicated fleets is an attractive option, because of the emission reduction effect that GTL fuel can have. The progression from using neat GTL fuel in conventional vehicles towards the possibilities of optimising engines specifically for GTL fuel constitutes the next logical step.

The lecturer emphasised that with this study, the full emissions reduction potential of GTL fuel in a dedicated vehicle was explored. The main goals of the optimisation were, on the one hand, the minimisation of NO_x emissions and the reduction of fuel consumption and hence NO_x emissions to an absolute minimum, on the other. It was sufficient to optimise the software in order to comply with the Euro 5 emission limits with a former Euro 4 production vehicle. By using GTL with optimised calibration, it was possible to bring down vehicle exhaust emissions of CO₂ by 10 %.



4 Ceremonial hall

Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger (lecturer), **Dipl.-Ing. M. Mütter, Dipl.-Ing. A. Janssen**, RWTH Aachen University: “Tailor-made Biofuels – Results from the Cluster of Excellence at RWTH Aachen University”:

Within the framework of the Cluster of Excellence, an interdisciplinary team is engaged in the research of the optimum combination of fuels and combustion processes. As a first step, the optimum fuel properties for future partially homogeneous low-temperature combustion, such as a reduced cetan number or an increased oxygen content, were identified. Experimental thermo-dynamic bench tests with butyl levulinate, a hydrocarbon made from biomass, have proved the potential of future biofuels. Nearly soot-free operation with high efficiency can be achieved simultaneously in diesel engines across the entire NEDC map area. The lecturer demonstrated the development of partially homogeneous low-temperature combustion systems using 1-decanol, a long-chain alcohol, as an example. Thanks to the oxygen contained in the fuel it is possible to achieve the highest exhaust gas recirculation rates with moderate particulate emissions. As a result, nitrogen oxide formation in the engine can be almost entirely eliminated.

Dr. P. Spurk (lecturer), **Dipl.-Ing. W. Müller**, Umicore AG & Co KG, Hanau; **Prof. Dr. C. Beidl, Dipl.-Ing. P. Weickgenannt**, Darmstadt University of Technology; **Prof. Dr. G. Hohenberg**, IVD Prof. Hohenberg, Darmstadt: “Emission Control of Hybrid Vehicles – What are the Resulting Requirements?”:

Specific requirements were identified on the basis of the results obtained with the test vehicle model Toyota Prius III both on a dynamometer and in real world operation. NEDC cycle results have shown a characteristic reduction of catalyst temperature compared to a conventional powertrain as the combustion engine is in operation only during approximately 40 % of the cycle time. Hybrid-specific events present a further challenge, as the restart of the internal combustion engine following a short standstill period leads to high engine-out emissions which must be properly converted by the catalyst. The influence of different states of charge of the battery on emission behaviour has also been clearly demonstrated. The question of the impact of plug-in hybrid systems



5 Exhibition

with extended periods of purely electric operation is of special significance. In this context, the cooling behaviour of the exhaust gas system during engine shut-off time is also an important aspect.

INJECTION AND ENGINE CONTROL SYSTEMS

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. M. Parche (lecturer), **Dipl.-Ing. K. P. Sassen, Dr.-Ing. R. Leonhard, Dipl.-Ing. C. Alvarez-Avila**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart: “Bosch 2000/2200 bar Common Rail System for Commercial Vehicles”:

Bosch Common Rail Systems for commercial vehicles (CRSN) have been available in the market for eleven years. In 2009, the existing CRSN product range was extended to 2,000 and 2,200 bar injection pressures. This system is designed for medium-duty and heavy-duty applications, both for on-highway (On-HW) and off-highway operation (Off-HW) and represents an evolution from the current system for an injection pressure of 1,800 bar. With this system it was possible not only to raise injection pressure, but also to achieve high hydraulic efficiency in pressure generation and during injection, thus contributing directly to the reduction of fuel consumption. In order to be able to meet even more stringent requirements, development work focuses on creating a system with an injection pressure of 2,500 bar, the lecturer explained. Thanks

to its variability and the modular design of its key components, the entire system can be used over a broad range of applications in On-HW or Off-HW operation.

Dipl.-Ing. O. Predelli (lecturer), **Dipl.-Ing. R. Gratzke, Dipl.-Ing. A. Sommer, Dipl.-Ing. R. Marohn**, Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr GmbH, Berlin; **Dr.-Ing. F. Atzler, Dipl.-Ing. H. Schüle, Dr.-Ing. O. Kastner, Dipl.-Ing. N. Nozeran**, Continental Automotive GmbH, Regensburg: “Continuous Injection-Rate Shaping for Passenger Car Diesel Engines – Potential, Limits and Feasibility”:

Fuel injection and mixture formation are determined by the injection system. With regard to mixture formation, the question arises as to what potential an injection strategy has when optimised for combustion. Should the trend towards downsizing continue, then the average number of cylinders of diesel engines for passenger cars should go down further. In the future there will be compact cars with two-cylinder engines, just like medium-sized cars with three-cylinder engines and superior class cars with four-cylinder engines.

The reduction of engine capacity, however, calls for an increase in volumetric power output, which could have a negative impact on combustion noise. In addition, thanks to hybridisation, the high performance of the engine and the electricity of the powertrain can be preserved even though the output of the downsized diesel engine should not be increased to



6 Exhibition

that of the original engine. At any rate, drivers of passenger cars do not wish to be disturbed by the sound of a loud internal combustion engine. Thus the combustion noise of diesel engines is increasingly becoming the focus of attention for development engineers.

A. Ohata, Toyota Motor Corporation, Shizuoka, Japan: “Strategic Innovation for Engine Control System Development”:

“Integrated Model-Based Development” (MBD) was introduced with a view to reducing the complexity we have to deal with as a result of the rapid advances in engine control systems. MBD requires a variety of technologies in modelling, control design, calibration, verification and validation, model execution, model/data management and process management environments. However, some of these technologies have not been developed to the required extent. Rapid modelling is a pre-requisite for MBD, because otherwise it is difficult to make available the required engine and component models to development engineers in good time. In order to overcome this problem, the desirable modelling environment was created on the basis of physical and empirical modelling environments. The empirical modelling environment comprises existing algorithms and modules which derive empirical model equations from complex physical models. For the physical modelling environment a new multi-physics modelling tool, the HLMT (High Level

Modelling Tool) was introduced which is based on the relevant conservation principles and constrains. It generates non-linear differential algebraic equations of higher degrees and converts these into numerically solvable equations by “Symbolic Equation Manipulation”.

MOBILITY 2020 PLUS

Prof. Dr.-Ing. W. Steiger, Volkswagen AG, Wolfsburg: “Technical, Social and Political Framework for Future Mobility”:

Numerous signs indicate that attitudes towards individual mobility are changing around the world. Sustainable mobility is in demand. Politicians are reacting through their recovery-assistance packages and are specifically promoting alternative drives, notably electric mobility. In Japan, this is leading to a boom in hybrid vehicles. In the US, the “stimulus package” is being used to establish development and production capacities for electric vehicle modules in American companies. China has declared market leadership in electric mobility as a strategic objective, and is creating a lead market in government vehicles.

And what is happening in Europe? European politicians are promoting research on electric mobility with comparatively scant funds. Under national programmes, far more funds are mobilised, but these are not networked across Europe. At the same time, customer expectations are soaring beyond all measure. What can

realistically be achieved? Therefore, on the one hand, expectations have to be met, but overtaking technology and getting caught in a risky subsidisation mechanism needs to be avoided, on the other.

MEng. R. Bastien, Renault S.A.S., Guyancourt: “Sustainable Mobility for All”:

Several years ago Renault launched a comprehensive programme for assessing the environmental impact of the operations of the automotive engineering industry. The Logan Eco2, which has lower CO₂ emissions than hybrid vehicles, was presented at the “Bibendum Challenge 2007” and can be considered as a role model. This low emission level was attained thanks to a diesel engine optimised for highest fuel economy and some low-cost vehicle features. Moreover, the Eco2 currently represents the emission threshold for the operation of cars and incorporates a number of criteria for car manufacturing and recycling in accordance with a well managed life cycle analysis (LCA).

But the Renault Nissan Alliance has also taken steps to become a market leader with its zero emission vehicles by offering a range of purely electric vehicles worldwide. This strategy is feasible with the progress in Li-Ion battery technology, electric motors and mechatronics, and it remains consistent with the Eco2 approach. Thanks to its well thought-out business model involving new partners and the building up of an infrastructure for battery charging stations, in the future, Renault will be able to offer fully electric vehicles at operating costs (total costs over a defined period of time) that will be lower than those of cars with internal combustion engines.

Dipl.-Ing. P. Langen, Dr. B. Curtius, Dipl.-Ing. W. Nehse, BMW AG, Munich; **Dipl.-Ing. T. Melcher** (lecturer): “Vision 2020 – The Combustion Engine on a Dead End Road”:

We are weathering a worldwide financial crisis with still no end in sight. As a result, the financial strength of customers has become eroded; in addition, with ever more people living in densely populated metropolitan areas, their purchasing behaviour is also changing. The generating of energy from renewable sources is subsidised worldwide and is being stepped up. Together with politicians and other leading business enterprises, the automotive industry faces the challenge of formulating a

vision based on a sparing use of resources and minimum environmental impact without disregarding customer demands.

Starting from the actual status of various technologies, the lecturer analysed the potential of new drive systems in the face of growing electrification. He also dealt with energy supply and customer benefits, stressing that in view of disparate customer requirements a single solution cannot be expected. In conclusion, he stated that the survival of the internal combustion engine was nevertheless assured until 2020 and beyond.

POWERTRAIN ELECTRIFICATION

Dipl.-Ing. K. Haupt, Continental AG, Frankfurt/Main; **Dr. S. Bocionek** (lecturer), **Dr. F. Ruf**, **Dipl.-Ing. G. Winkler**, Continental Automotive GmbH, Regensburg: “Open Engine Management System Platform for Future Engine Concepts and Electrification – Bringing Engines to Life”:

Despite all progress in the electrification of the drivetrain, the combustion engine will continue to play a predominant role as the propulsion system of motor vehicles for many years to come. Therefore electronic engine management systems are the key element for the drivetrain of vehicles.

The lecturer illustrated on open hardware and software platform using the engine management platform of Continental AG as an example in order to show how future demands can be met by combining combustion, hybrid and electric drive systems. Thanks to the open architecture of the basic electronics, car manufacturers can concentrate on their core competences and focus their own work on innovative solutions for improving driving performance, assuring driving fun and finding environmentally sound solutions, which in the eyes of consumers are the most distinguishing characteristics of different car brands.

Dr.-Ing. S. Berns (lecturer), **Dr.-Ing. J. Hammer**, **Dr.-Ing. K. Benninger**, **Dipl.-Ing. M. Klenk**, **Dipl.-Ing. R. Frei**, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen: “Reduction of CO₂ Emissions while Maintaining Good Driveability – Suggestions for Overall Powertrain Optimization”:

Alongside engine design improvements, the lecturer discussed in depth different electrification and alternative transmis-



7 Exhibition

sion concepts. In the meantime, a large volume of such novel systems has been successfully launched in the market. The lecturer gave an overview of the state-of-the-art powertrain technologies by comparing typical and promising powertrain topologies on the basis of simulation-based evaluations, and thus tried to offer some orientation for navigating through the enormous number of combinations. The lecturer illustrated potential technology concepts as well as component and system solutions for the three areas engine, transmission and electrification.

He then presented a portfolio analysis in terms of fuel consumption and driveability which allowed a comparison of the different alternatives. Subsequently he explained a cost-benefit analysis of the different methods applied for achieving CO₂ emission targets. The driveability criteria expected by consumers and the market and vehicle-segment dependent characteristics of the driving cycle served as a basis for this comparison.

Dipl.-Ing. M. Weiss (lecturer), **Dipl.-Ing. G. Henning**, **Dr.-Ing. A. Lamm**, **Dipl.-Ing. O. Bitsche**, **Dipl.-Ing.(FH) P. Antony**, **Dipl.-Ing. F. Nietfeld**, Daimler AG, Sindelfingen: “Consistent Electrification of the Powertrain in Mercedes-Benz Cars – from Micro-Hybrid to Plug-In”:

Electrifying vehicle drive constitutes a major part of Daimler’s strategy to assure sustained mobility. Electrification encom-

passes a wide range of concepts and system designs – from the micro hybrid to the plug-in. Economically priced micro hybrids were initially available in the compact car category Smart fortwo as well as in the A-Class and B-Class model series and will be successfully offered in other model series as well.

Advanced mild and full hybrids, which feature additional functionality, have already been successfully launched or will be available in the near future. The effort to continually advanced innovative drive technology will culminate in the S-Class Plug-In.

The lithium-ion battery plays a key role with its high energy density and efficiency. With these vehicles and their drive technology, the most stringent emission standards can be met while fuel consumption and CO₂ emissions can be kept at an absolute minimum.

NEW DIESEL ENGINES

Dipl.-Ing. R. Bauder (lecturer), **Dipl.-Ing. M. Bach**, **Dipl.-Ing.(BA) A. Fröhlich**, **Dipl.-Ing. W. Hatz**, **Dipl.-Ing. J. Helbig**, **Dipl.-Ing. J. Kahrstedt**, Audi AG, Neckarsulm / Ingolstadt: “The New Generation of the Audi 3.0 TDI Engine – Low Emissions, Powerful, Fuel-efficient and Lightweight”:

After Audi launched its production of the first generation of the 3.0 litre V6-TDI engine in 2003, the second generation fol-

lows in 2010 with an entirely redesigned engine which successfully combines high fuel efficiency, low emissions, a high power output and, at the same time, significantly reduced weight.

This accomplishment is based on a large number of innovative design solutions, especially focused on minimising friction and on lightweight construction. The thermodynamics of the familiar Audi four-valve combustion method have been revised. The fuel injection system is an updated piezo-inline common rail unit delivering up to 2,000 bar maximum rail pressure. The turbocharger has also been modified in order to provide enhanced spontaneity. In the new Audi models, these features assure excellent driving performance with outstanding comfort and extremely high fuel efficiency.

Dipl.-Ing. F. Rudolph (lecturer), **Dr.-Ing. J. Hadler**, **Dipl.-Ing. H.-J. Engler**, **Dipl.-Ing. A. Krause**, **Dipl.-Ing. C. Lensch-Franzen**, Volkswagen AG, Wolfsburg: “The New 1.2 l TDI from Volkswagen – Innovation with 3 Cylinders for Highest Fuel Efficiency”:

With its new 1.2 litre TDI Volkswagen presents an entirely new three-cylinder diesel engine, replacing the well-known and highly successful 1.4 litre TDI featuring pump/nozzle unit fuel injection technology. Based on the 1.6 litre TDI launched in early 2009, a newly developed power unit ushers in the next chapter in the successful story of three-cylinder TDI engines from Volkswagen. Maximum fuel efficiency paired with the excellent driving dynamics typical of a TDI engine, greatly improved acoustics and smooth running are the cornerstones of the 1.2 litre TDI concept. Emissions are, of course, within the limits of the Euro 5 standard.

Consistent downsizing, a comprehensive reduction in friction losses and weight, as well as state-of-the-art injection technology have resulted in emissions of a mere 87 g CO₂/km in the Polo BlueMotion – the benchmark for all five-seater models. The dynamic torque development of the compact 1.2 litre TDI, with its maximum torque of 180 Nm and a smooth power output peaking at 55 kW, guarantees a high degree of driving dynamics and superior handling.

Dr. H. Sorger (lecturer), **M. Howlett**, **Ing. W. Schneider**, **Dipl.-Ing. N. Ausserhoffer**, **Dr. P. Bartsch**, **Dipl.-Ing. M. Weißbäck**, AVL List GmbH, Graz; **O.**



⑧ Dipl.-Betr.-Wirt Stadler, Audi

Soustelle, Le Moteur Moderne, Palaiseau; **P. Ragot**, **P. Mallet**, Renault S.A.S., Rueil Malmaison: “The CO₂ Challenge: Aggressive Downsizing for the HSDI Diesel – Engine Concept Definition”:

The downsizing approach is one response to customer demand for highly fuel efficient vehicles. A clear trend can be observed in the market already today: engines of 2.0 litres swept volume are being replaced by engines with a displacement in the range of 1.6 litres. The lecturer illustrated an even more extreme downsizing approach for the next generation of powertrains providing for a further reduction of engine displacement to 1.0 litre using a three-cylinder concept, with a specific power rating of 80 kW/l. AVL and Renault worked closely together in defining a suitable diesel hybrid powertrain concept that would comply with Euro 6 emission limits.

The structural concept of this high power engine is based on a peak firing pressure limit of 190 bar. The lecturer reported that Renault evaluated two and four cylinder concepts with regard to their influence on power output, emissions, fuel consumption and costs. In view of the need to meet Euro 6 emission limits, the combustion and EGR systems were designed with due regard for diesel particulate filter and NO_x-aftertreatment technologies.

TURBOCHARGING, LIGHTWEIGHT CONSTRUCTION, COOLING MANAGEMENT

Dipl.-Ing. R. Sauerstein (lecturer), Borg-Warner Turbo Systems GmbH, Kirchheimbolanden; **Dr. M. Becker**, **Dipl.-Ing. W. Bullmer**, Engine Systems Group, Borg-Warner Inc., Ithaca, USA, and Ludwigsburg; **MEng. Dipl.-Ing.(FH) R. Dabrowski**, Turbo Academy, Mannheim University of Applied Sciences: “Regulated Two-Stage Turbocharging for Gasoline Engines – Matching, Control Strategy and Operating Behaviour”:

Single-stage turbo-charging of gasoline engines calls for compromises in design with regard to steady-state and transient behaviour. The demand for a further spread of the torque range simultaneously with an excellent dynamic response has given rise to a debate on whether regulated two-stage turbo-charging which has been successfully applied in diesel engines should also be used in gasoline engines. The lecturer described such a system for a gasoline engine with its specific characteristics.

A turbo-charging system optimised in this way significantly exceeds the performance data of single-stage turbo-charging and means significant progress on the way to better fuel efficiency and higher-performance gasoline engines.

Dr.-Ing. K. Lellig (lecturer), **Dr.-Ing. M. Nolte**, **Dr.-Ing. R. Gosch**, **Dr.-Ing. D. Kube**, **Dipl.-Ing. A. Gröschel**, **Dipl.-Ing. B. Stauder**, **Dipl.-Ing. D. Ragus**, Nemak Europe GmbH, Dillingen: “New Lightweight Concepts in Engine Design and Manufacturing: Responses to the New Challenges in Modern Vehicle Construction”:

As a result of improved manufacturing processes, advanced high strength alloys and new running surfaces, aluminium is increasingly becoming the standard material not only for cylinder heads but also for cylinder crankcases. In the development of cylinder heads and engine blocks strict cost ceilings and time constraints can be met through the consistent application of computer simulations.

In the meantime, development engineers can rely on suitable simulation programmes from the manufacturing process of individual components to the operational reliability of engines.

Special demands are made upon cylinder running surfaces, bearing supports and

combustion chamber surfaces. Accordingly, foundries must show a particularly high degree of creativity and capability for innovation. Advanced casting processes combined with state-of-the-art materials have resulted in high strength and hardness parameters which a few years ago were conceivable for attainment only by high-grade cast iron.

Dipl.-Ing. H. Jensen (lecturer), **Dr. M. Janßen**, Mahle Filtersysteme GmbH, Stuttgart: "Potential for CO₂ Reduction through Innovative Liquid Management Systems":

Looking at the elements in oil and coolant circuits, some components can be identified that have a potential for lowering CO₂ emissions:

- : Oil filter modules with optimised valves which significantly reduce the pressure drop in the module, and thus also in the entire oil circuit. Hence, the power required for driving the pump can be reduced. In addition, the thermal management of the oil circuit can also be influenced selectively.
- : The oil-water exchanger with optimised turbulators, which not only raise the specific output of the heat exchanger but also counteract pressure drops in the oil circuit.
- : Transmission fluid heaters have the function of rapidly warming up the transmission to the operating temperature and stabilising it at this level.

: Controlled coolant pumps which can warm up the engine to the required temperature and keep it in the optimum temperature range.

Even though the potential of the individual measures does not exceed a certain limit, the overall potential of all these measures combined can be fully tapped by a single supplier.

RACING AND HIGH PERFORMANCE ENGINES

Prof. Dr.-Ing. M. Theissen (lecturer), **Dipl.-Ing. M. Duesmann**, **Dipl.-Ing. J. Hartmann**, **Dipl.-Ing. M. Klitz**, **Dipl.-Ing. U. Schulz**, BMW Group, Munich: "10 Years of BMW F1 Engines":

From 2000 to 2009 BMW engines were used in Formula One racing cars. The overall project consisted of the preparatory phase, BMW's years as an engine supplier to the Williams team and its presence with its own BMW Sauber F1 team. The engine concept, its design and application were determined by the Formula One regulations which changed nearly every year. The main objective of these amendments to the rules were cost reductions. Development expenditure was scaled down step by step as a result of the technical restrictions imposed on the teams and finally through homologation or a freeze on development. Engine manufacturing costs were also brought down as

increased mileages were required of every engine and restrictions on testing became ever more stringent each year; i.e. fewer engines were needed every racing season. A second goal, i.e. lower engine output, was reached when the 3.0 litre V10 was replaced by the 2.4 litre V8 engine in the 2006 season.

In the early years of its involvement in Formula One, BMW developed and manufactured a new engine for every season under extreme competitive pressure. This process saw rapid improvements in engine output and weight, and BMW engines soon attained benchmark status in Formula One. In recent years, development work focused on raising mileage capability and reliability without changing the engine concept itself. Despite a 20 % smaller displacement, the P86/9 used in the 2009 season reached the same power output as the E41/4 that was introduced at the beginning of the 2000 season, and at the same time the range of the new engine was quintupled to more than 2,000 km. The lecturer described the various engine generations with their key design features and illustrated the equipment used and expertise accumulated in the course of this project.

Dipl.-Ing. F. Eichler (lecturer), **Dr.-Ing. J. Gindele**, **Dr.-Ing. M. Hart**, **Dipl.-Ing. I. Brajdic**, **Dipl.-Ing. T. Breiting**, **Dipl.-Ing. M. Burgbacher**, **Dipl.-Ing. M. Gruber**, **Dipl.-Ing. J. Schmid**, Mercedes-AMG GmbH, Affalterbach: "The Powertrain of the Mercedes SLS AMG":

The powertrain concept which was specifically devised and reviewed for this vehicle consists of three main elements: the 6.2 litre V8 engine, borrowed from previous AMG model series and thoroughly reworked, a seven-speed dual-clutch transmission, and a torque tube with carbon-fibre drive shaft, which provides for a very rigid transaxle system as a connection between the engine and the transmission.

The priority development goals focused, on the one hand, on the characteristics typical of a high-performance sports car, such as top performance, rapid speed building, responsiveness with minimum shift times, and an emotional engine sound. On the other hand, a great deal of attention was also paid to improving mechanical efficiency and integrating fuel-saving driving programmes. By making extensive changes to numerous systems, in the basic



9 Dr. Bohr, Bosch

powertrain, very low fuel consumption was recorded in NEDC and off-cycle testing as compared to the powertrains used in other vehicles in this segment. The fuel consumption of this engine is on a par with the fuel economy of lower-displacement gasoline engines with direct injection. The entire project was carried out in line with the established development processes at Mercedes Benz Cars (MBC) with strict time constraints.

Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. F. Indra, Honorary Professor, Vienna University of Technology: “Formula Student Racing Engines: Formula One Serving as a Model?”:

Founded in 1981 by the SAE USA, Formula Student has since grown to become a fascinating global racing series. In 1998, this series was taken over by SAE England and these cars have been competing in Europe since 2006. On the basis of very logical regulations, these monoposto racing cars are designed, developed and built by students of various universities and colleges of technology around the globe, and are tested and evaluated in special competitions.

In contrast to the regular Formula One, regulations are not stringent. Hence, students have to consider carefully whether they want to design one-, two-, three- or four-cylinder engines with turbo- or supercharging or natural aspiration. The choice of engines has a decisive influence

on the design concept of the car, and especially on its weight, which is not limited. Lightweight design and the right materials are the key to a successful car, and oblige students also to deal with this topical issue.

In the final evaluation, not only driving performance and fuel economy but also other criteria are taken into consideration. In 2006, approximately 400 universities in the US, Europe, Asia and Australia participated in these competitions. With a view to challenging the innovative spirit of the students, every year a new car must be developed.

PLUG-IN, HYBRID, RANGE EXTENDER

T. Takaoka (lecturer), **H. Ichinose**, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: “The Newly Developed Toyota Plug-in Hybrid System”:

In response to the need for finding solutions to some automotive engineering problems such as the reduction of CO₂ emissions, Toyota introduced a number of hybrid vehicles (HV) with a view to lowering emissions in urban zones and making sparing use of available resources. In a further step, the plug-in hybrid vehicle (PHV) emerged as an effective solution. These vehicles combine the advantages of electric vehicles (EV) using clean electric energy and those of hybrid vehicles which have a high ecological potential and user-friendly

features, such as long cruising ranges, comparable to conventional vehicles.

The lecturer explained the newly developed plug-in hybrid system and illustrated its performance characteristics in vehicles. The system uses a lithium-ion battery with a high energy density and has an acceptable range in purely electric operation without taking up extra cabin space. This vehicle has CO₂ emissions of 59 g/km and complies with the most stringent exhaust gas regulations worldwide. The new PHV is a forerunner of the series production of PHV which is to start two years from now. PHVs have the potential to become popular as a practical solution for sustainable mobility based on the use of electricity.

Dipl.-Ing. N. Wakayama, Mazda Motor Corporation, Hiroshima, Japan: “Development of Premacy Hydrogen RE Hybrid”:

In the future, hydrogen-powered internal combustion engines could play an important role as drive units as they are more reliable and more cost-efficient than fuel cells. In combination with hydrogen, Mazda’s unique rotary engine (RE) offers a number of advantages, such as the absence of hydrogen pre-ignition. Since the early 1990s, Mazda has worked on the development of vehicles powered by hydrogen rotary engines. The Premacy (Mazda5) hydro-powered RE hybrid was designed as a successor model to the RX8 hydrogen-powered rotary engine introduced in 2006 and was launched in 2009. The Premacy Hydrogen RE Hybrid is equipped with an in-series hybrid system and the motor used as the drive switches the current in its windings while the vehicle is moving.

A high voltage lithium-ion battery which has excellent input-output characteristics was installed in this vehicle. Thus it has been possible to extend the driving range for hydrogen operation to 200 km and, at the same time, attain an impressive acceleration performance. The hydrogen-powered RE can also be operated with gasoline (dual fuel system). Thanks to this dual fuel system, the hydrogen-powered RE vehicle can also be driven in areas where no hydrogen filling stations are available.

Dr. G. K. Fraidl (lecturer), **Dr. P. E. Kapus**, **Dr. M. Korman**, **Dipl.-Ing. B. Sifferlinger**, **Dipl.-Ing. V. Benda**, AVL List GmbH, Graz: “The Range Extender in Real World Operation”:



10 Härter, ZF



11 Dr. Pächta-Reyhofen, MAN

The trade-off between driving range and battery costs as well as battery weight represents the decisive challenge for the broad acceptance of electric vehicles. Depending on operating conditions, the cruising ranges attainable in real world operation sometimes deviate significantly from the nominal ranges calculated under idealised conditions. In extreme cases (very slow traffic and extreme air-conditioning requirements), the range is not only determined by the actual distance covered, but also, and essentially, by the total operating time. Whereas with conventional powertrains a high degree of flexibility of the total cruising range can be assured while hardly affecting costs, exclusive battery operation gives rise to extreme cost increases and calls for the use of extremely heavy batteries.

Based on a highly integrated combination of a rotary engine and an electric generator, AVL List succeeded in translating into reality a range extender concept which resulted not only in unheard-of packaging space and an extremely low power-to-weight ratio, but which is also convincing in real world operation because of its excellent NVH-performance. This makes range extender solutions essential enablers for affordable electric mobility.

NEW OTTO ENGINES 2

Dipl.-Ing. G. Böhler, Dr.-Ing. R. Buhr, Dr.-Ing. G. Reinheimer (lecturer), Adam Opel GmbH, Rüsselsheim: “The New Small Spark Ignited Engine Family – Ranging from the Naturally Aspirated Three-Cylinder to the Boosted Four-Cylinder”.

Opel carried out a fundamental revision of its family 0 engine series and added new engine versions to its portfolio. The third generation of this engine family represents a consistent improvement of the time-tested second-generation three and four cylinder engines, millions of which are on the road. The portfolio has been upgraded through the addition of a newly developed 1.4 litre turbocharged engine, which is derived from the modular system of naturally aspirated engines and, as a downsized/downspeeded version, has led to improved fuel efficiency of up to 12 %. In the new Astra, the turbocharged engine emits a mere 139 g CO₂/km. The four-cylinder engines feature continuously variable cam phases on both the



12 Dipl.-Ing. Wester, Fiat (on the right)

intake and the exhaust side, a volume-flow controlled oil pump, and an electrically regulated thermostat.

In the naturally aspirated engine category, the port-deactivation system introduced in the second engine generation was further developed and matched with the requirements of internal exhaust gas recirculation. A modified, naturally aspirated 1.4 litre engine with an alternative drive concept will be incorporated into the range extended Chevrolet Volt to be launched at the end of the year and will subsequently also be installed in the Opel Ampera.

These engines are produced at the manufacturing site at Aspern on the outskirts of Vienna, Austria. At the end of 2010, an additional production plant will be opened in Flint, Michigan, US, in order to enable Opel to satisfy the worldwide demand for approximately one million engines per year forecast for the years 2011 and 2012.

Dr. G. Kiesgen (lecturer), **Dr. B. Curtius**, **Ing. F. Steinparzer**, **Dr. M. Klüting**, **Dipl.-Ing. F. Kessler**, **Dipl.-Ing. J. Schopp**, **Dipl.-Ing. B. Lechner**, **Dipl.-Inform. J. Dunkel**, BMW AG, Munich: “The New 1.6 l Turbocharged MINI Cooper S Engine with Direct Injection and Fully Variable Valvetrain”:

In a co-operative project led by BMW, the BMW Group and PSA developed a new family of small gasoline engines which have been installed in all versions of Mini, Peugeot and Citroën passenger cars since 2006. For this engine family, the primary development goals were

higher fuel efficiency as well as an improvement of driving dynamics. In addition, the conflicting objectives of sophisticated engine technology and cost pressure in the segment of compact and micro-cars had to be addressed. In order to meet these demands, TVDI technology (twin-scroll turbo charging and continuously variable valve timing plus direct injection) was applied in a four cylinder engine for the first time worldwide; this TVDI technology was derived from the BMW twin-power turbo technology and is, to a high degree, analogous to it.

The engines designed under the lead of BMW are based on the mutual transfer of know-how of the two manufacturers, because in the designing and implementing phases both the priority goals of BMW, namely “efficient dynamics” and the PSA principle “design to cost” were consistently striven for. The lecturer described the fundamental revision of this engine family, and explained, in particular, the details and parameters of the new 1.6 litre TVDI-turbocharged engine installed in the Mini Cooper S.

Dipl.-Ing. A. Waltner (lecturer), **Dipl.-Ing. P. Lückert**, **Dr.-Ing. H. Breitbart**, **Dipl.-Ing. G. Doll**, **Dipl.-Ing. H. Herwig**, **Dipl.-Ing. R. Kemmler**, **Dipl.-Ing. H. Weckenmann**, Daimler AG, Stuttgart: “The New Mercedes-Benz V6 Petrol Engine with Direct Injection”:

With the new six-cylinder engine, Mercedes-Benz has succeeded in creating a design which, in addition to showing out-

standing performance along with the highest degree of comfort, also appropriately addresses environmental issues and economic viability.

The new 60° V-angle and the extremely lightweight design of the powertrain result in an excellent level of comfort. With third-generation direct injection (DEO3) in combination with multi-spark ignition, Mercedes was able to devise new modes of operation, thus opening up new areas of the engine map with fuel-optimised lean combustion. The brake specific fuel consumption values set new benchmarks for the combustion engine. Together with stop/start technology, shift point adjustment and the systematic reduction of rolling resistance, improvements in fuel efficiency of up to 20 % can be achieved.

FUTURE EXHAUST EMISSION REGULATIONS AND SOLUTIONS

Dr.-Ing. U. Dohle (lecturer), Tognum AG, Friedrichshafen; **Dr.-Ing. A. Schneemann**, **Dr.-Ing. C. Teetz**, **Dr.-Ing. I. Wintruff**, MTU Friedrichshafen GmbH, Friedrichshafen: “Compliance with Future Emissions Regulations – Solutions Developed by MTU Friedrichshafen”:

Between 2011 and 2015, maximum permissible exhaust gas emission levels for off-highway engines will be significantly lowered both in Europe and the US. Depending on the type of application and performance ranges, legislation is extremely

heterogeneous. Therefore, engine manufacturers must adopt different approaches to emission reductions in the individual markets, in order to be able to offer optimum solutions in terms of fuel efficiency and CO₂ emissions.

The lecturer described technological concepts for complying with existing and future emission regulations through which MTU-Friedrichshafen will adapt its current engine series to future legislation. The base engines will be upgraded in order to be able to withstand high ignition and injection pressures. Cooled exhaust gas recirculation, the Miller process and controlled two-stage turbo-charging are already in the pipeline. In individual cases, SCR technology and particulate traps will also be employed. The interactions between the subsystems will be optimised by means of new management methods. The lecturer presented and discussed solutions for selected applications.

Dipl.-Ing. C. Enderle (lecturer), **Dipl.-Ing. R. Binz**, **Dipl.-Ing. M. Paule**, **Dipl.-Ing. A. Mackensen**, **Dipl.-Ing. B. Lindemann**, Daimler AG, Stuttgart: “Challenges for the Next Generation of BlueTEC Emission Technology”:

Mercedes-Benz BlueTEC vehicles have been leading in the application of clean diesel technologies since 2006. The SCR technology, of course, meets the most stringent exhaust gas emission standards in international markets, such as the US, Europe and Japan. Diesel engines with BlueTEC technology keep emissions at the lowest possible level while offering benefits with regard to CO₂ emissions and at the same time high torque and driving performance typical of diesel engines. For the further evolution of the BlueTEC technology, the focus is on the following challenges:

- : lower costs for development and applications
- : standardisation and cost savings for SCR components
- : improving performance by a further reduction of emissions (i.e. SULEV) while lowering further the temperature of exhaust gases in CO₂ optimised vehicles
- : extension of the BlueTEC technology by using complementary emission components and combining the BlueTEC technology with additional CO₂-reducing technologies, such as, for example, hybrids.

Dipl.-Ing. S. Pritze (lecturer), **Dipl.-Ing. A. Königstein**, Adam Opel GmbH, Rüsselsheim; **A. Rayl**, **M.S.E.E.**, **C.-F. Chang**, **Ph. D.M.E.**, **P. M. Najt**, **M.S.M.E.**, **Prof. Dr.-Ing. U. D. Grebe**, General Motors LLC, Warren / Pontiac, USA: “GM’s HCCI – In-Vehicle Experience with a Future Combustion System”:

General Motors (GM)’s “Homogeneous Charge Compression Ignition” (HCCI) stands for the auto-ignition of a homogeneous air-fuel mixture in a gasoline engine. HCCI permits unthrottled operation under part load which has a high potential for the reduction of fuel consumption and assures, at the same time, minimum NO_x emission levels even with lean mixtures. If a conventional exhaust gas aftertreatment method is applied, all fuel grades available worldwide can be used.

Essential prerequisites for the application in vehicles are the need to use a large steady state map from very low engine loads to idling and an outstanding transient behaviour with regard to combustion stability and responsiveness. The prerequisites to achieve this were created on the basis of spray-guided gasoline direct injection with a strategy for controlling residual gas by trapping and compressing it in the combustion chamber and using pressure sensors for each cylinder. The lecturer highlighted the most important characteristics of the new combustion process.

The application of this method in vehicles has set new standards with regard to engine management systems and the complexity of control algorithms. As the combustion process, which is highly sensitive to external parameters, can be controlled only indirectly, robust transitions from one operating mode to another have proved extremely challenging.

PLENARY CLOSING SESSION: A VIEW INTO THE FUTURE

Dr. G. Pachta-Reyhofen, , CEO, MAN SE, Munich: “Growth in Changing Demands: From an Engine and Turbine Manufacturer to a Systems Provider – The Example of MAN Diesel & Turbo”:

With its 250-year history, the MAN Group looks back on one of the longest traditions among Germany’s leading companies, and its past and present innovations make it an important part of indus-



 Dr. Weber, Daimler



Mrs. Lenz, Mrs. Piech and Prof. Piech as interested participants in the closing section

trial history. In the recent past, in particular, major changes have occurred both in the Group's structure and in its strategic alignment.

The lecturer sketched the recent history of the MAN Group by outlining the evolution of the two Group affiliates Diesel and Turbo as examples. These two divisions realised there were changes in demand and responded to market requirements. Whereas a few years ago MAN Diesel offered its customers only diesel engines and related components, this company has now established itself as a supplier of complex systems. One of its core competences in the marine engineering segment is the design and development of complete propulsion systems including exhaust gas aftertreatment. In the power plant segment, turn-key power plant projects as well as operation and maintenance contracts today generate a significantly higher sales volume and thus help the company to better cope with the current economic crisis and to assure its competitiveness in the future.

The merger between MAN Diesel and MAN Turbo, the lecturer explained, added further dynamism to MAN's business activities. The two divisions offer complementary products and thus are able to present themselves as an integrated supplier of complete systems. Against the background of cyclical markets and changes in demand, MAN succeeded in transforming itself

from a diversified manufacturer of components into a competent supplier of integrated systems by taking this step.

Dipl.-Ing. H. J. Wester, , Executive Vice President & CTO, Fiat Group S.p.A., Torino, CEO, Maserati S.p.A., Modena: "New Challenges for the World's Automotive Industry and its Consequences on the Powertrain Development":

Today road transport is probably facing the greatest challenge in its history: via-

ble, sustainable measures must be defined and implemented in order to improve ecological and social conditions while, at the same time, safeguarding economic efficiency. Sustainability issues call into question the acceptability of currently available fossil fuels and the relevant technology. If mankind wishes to meet the targets for the reduction of greenhouse gas emissions and global warming for the coming decades, all conceivable approaches have to be analysed:

- : a change in the types of energy used and thus also a shift to other energy sources (replacement of other fossil fuels)
- : raising the share of carbon-neutral liquid fuels (blended with bio-fuels)
- : reducing the energy required for vehicle operation
- : improving the efficiency of the internal combustion engine.

Although the first option appears to be the most promising in the long term, especially with respect to electricity, it is not yet viable on a large scale in the short term, because of the technological and economic disadvantages of electric accumulators (batteries), which would be needed both for electric and plug-in hybrid vehicles.

The second option, the use of biofuels, does not seem to be the right solution to the problems of road traffic in the long run. Therefore, the lecturer pointed out,



Contented faces at the end of the Symposium, from left to right: Dr. Weber, Prof. Lenz, Dr. Pachta-Reyhofen, and Dipl.-Ing. Wester

it was expected that passenger car technology would continue to depend on the internal combustion engine for several decades to come. In the short and medium term, in particular, it would be necessary, in the speaker's opinion, to tap the existing large potential of the internal combustion engine. Priority would have to be given to minimising organic losses. In the long run, when the shift towards electric mobility will start in earnest, a holistic approach would be the most efficient option and would have to aim at involving all stakeholders in the search for solutions so that all dimensions of sustainability can be fully taken into account, the lecturer concluded.

Dr. T. Weber,  Member of the Board, Daimler AG, Stuttgart: "Shaping the Future of Individual Mobility":

The world is undergoing changes – and one of the most profound changes in everyday life lies ahead of us in the area of individual mobility: the transition from the internal combustion engine to the electric motor with zero local emissions, which is not only unavoidable in the long run but, in view of the need to protect the environment and make sparing use of the world's resources, is also highly desirable. This topic is intensively discussed in the general public and frequently the debate leads to a lot of controversies. Whereas some argue that the electric vehicle, for example, could play only a minor role, others are already predicting the death of the internal combustion engine.

Daimler is intensively and successfully working on the development of electric cars with battery and fuel cells as drive units. With the Smart fortwo electric drive and the B-Class F-CELL, the A-Class E-CELL car, which is another zero emission model, is to follow. However, a number of limitations persist in terms of smooth and comfortable operation. These limitations result, on the one hand, from the present lack of an adequate filling or charging station infrastructure and on the other hand from the extremely high costs due to small production runs. Therefore, one thing is certain: state-of-the-art diesel and gasoline engines will remain the driving force for vehicles – in individual traffic with passenger cars, especially for long distances, and even more so for freight-carrying trucks.

The following two lectures were intended as reserve or poster presentations:

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. R. Kirchner, Dipl.-Ing. Dr.techn. F. Winkler, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. H. Eichlseder, Graz University of Technology: "Are Loop Scavenged 2-Stroke Engines for Recreational Purposes able to Fulfil Future Emission Limits?":

The current state-of-the-art of two-stroke engines destined for two-wheel vehicles is based on mixture formation by means of a carburettor. This engine concept has a number of serious drawbacks with regard to torque curves and maximum power output when existing emission regulations have to be complied with.

On account of the more stringent emission limits for the year 2012 (Euro 4), which are currently being discussed as well as the additional proof of endurance, a change-over of the system to four-stroke engines or two-stroke engines with internal mixture formation appears indispensable in order to achieve a reduction of scavenging losses.

Because of high system cost, great complexity and large packaging space, the well-known high-pressure direct injection systems used in the automotive industry cannot be applied in small capacity engines. For this reason, a host of different systems and technologies was devised with a view to meeting the specific requirements of these engine versions. The paper contains a comparison of the different systems, thus giving an overview of their mode of operation, and the emission levels that can be attained.

Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, Dipl.-Phys. S. Fischer, Assoc.Prof. Dr. P. Hofmann, Dr. T. Lauer, Dipl.-Ing.(FH) L. Möltner, Dipl.-Ing. B. Schneeweiss, Dipl.-Ing. P. Teiner, Vienna University of Technology: "New Approaches and Development Methods for Minimising NO_x-Emissions of Diesel Engines":

At the Institute for Powertrains and Automotive Technology (IFA) of the Vienna University of Technology various methods are being investigated that have the potential for achieving the required reductions:

: In selective catalytic reduction, an optimal preparation of ammonia in the exhaust system is the essential criterion for an efficient reduction of NO_x emissions. By means of state-of-the-art measuring methods, spray analyses are carried out using laser diffraction, wall

cooling with infrared thermal imaging as well as spectroscopy to assess the uniformity of distribution. In parallel, the ammonia preparation was predicted by means of CFD simulations.

: The hybridisation of powertrains with diesel engines also offers promising options for avoiding NO_x raw emissions. At the IFA, specific hybrid operation strategies were conceived and optimised by means of flexible modular longitudinal dynamics simulation models. Subsequently, the results of the simulation were verified on a high-speed engine test bench in hardware in the loop environment.

Conference Documentation

All lectures presented at the 31st International Vienna Motor Symposiums are published in their in extenso version in the VDI-Fortschritt-Berichte, series 12, no. 716, volumes 1 and 2 (including a CD) and additional brochures. All documents can be obtained from the Austrian Society of Automotive Engineers (Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik, ÖVK).

Invitation

The 32nd International Vienna Motor Symposium will take place on May 5 and 6, 2011 in the Congress Center Hofburg Vienna. We should like to extend a cordial invitation already at this point in time. After the announcement of the programme on the internet, which will probably be made around mid-December 2010, we urge you to apply in good time.

Contact

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