

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

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



26. Internationales Wiener Motorensymposium
am 28. und 29. April 2005

Von Hans Peter Lenz

1 Einleitung



Bild 1: Begrüßungs-Fanfare

Nach einer Begrüßungsfanfare, **Bild 1**, ausgeführt durch Mitglieder des Orchesters der Technischen Universität Wien und komponiert von seinem Dirigenten, begrüßte **Professor Lenz**, **Bild 2**, die Teilnehmer des 26. Internationalen Wiener Motorensymposium.

Wie alljährlich führte Prof.Lenz aus, dass längst nicht alle Teilnehmerwünsche akzeptiert werden konnten, da der Kongress mit 1000 Teilnehmern limitiert ist, aber durch Kontingente für Firmen und Organisationen eine umfassende Vertretung aller wichtiger Repräsentanten des Fachgebietes gesichert ist.



Bild 2: Begrüßung durch Prof.Dr.Hans Peter Lenz

Änderungen der Vorträge ergab die Auflösung von FIAT-GM Powertrain. Diese Organisation, die sich seit 5 Jahren engagiert und erfolgreich entwickelt hatte, aber im Februar 2005 aufgelöst wurde, war mit 2 interessanten Vorträgen im Programm vorgesehen.

Kurz vor Beginn des Kongresses verbot dann nach dem Weggang von FIAT-Auto-Chef Dr. Demel der neue Vorstand von FIAT die Publikation der Vorträge. Ein einmaliger unschöner Vorgang! Selbstverständlich wurde dieses Problem gemeistert und stattdessen 2 hervorragende Vorträge von META und AVL präsentiert.



Bild 3: Sektion im Festsaal

Nach der gemeinsamen Plenar-Eröffnungssektion folgten in zwei Parallelsektionen, **Bilder 3 und 4**, die Fachvorträge unter Leitung der Professoren **H.Eichlseder, B.Geringer, G.Jürgens, R.Pischinger**.

Eine umfassende und eindrucksvolle Ausstellung neuer Motoren, Komponenten, Fahrzeuge ergänzte die Vorträge hervorragend, **Bilder 5, 6 und 7**.



Bild 4: Sektion im Zeremoniensaal

Den Begleitpersonen wurde ein kulturell hoch stehendes Rahmenprogramm mit einem Ausflug „Auf den Spuren von Romanik, Gotik und Barock im Voralpengebiet“ sowie Führungen in die Hofburg und angrenzenden Palais, in das Schottenviertel – ein Kleinod Wiens – und in die historischen und modernen Konzertsäle des berühmten Musikvereins-Gebäudes geboten.

Den Abend verbrachten die Teilnehmer auf Einladung des Wiener Bürgermeisters in angenehmer Atmosphäre der prachtvollen Räume des Wiener Rathauses unter den Klängen der Original Hoch- und Deutschmeister-Kapelle.



Bild 5: Ausstellung Audi



Bild 6: Ausstellung BMW



Bild 7: Ausstellung AVL v.r.n.l.: Prof.Dr. Helmut List, AVL Graz; Giampietro Brustolin, AVL Borgaro; Eng.Paolo Martinelli, Ferrari Gestione Sportiva; Dr.Peter Schöggli, AVL Graz; Dr.Heinz Fachbach, AVL Graz

2 Eröffnungsplenarsitzung

Hier wurden zwei „heiße Eisen“ angefasst:

Hybrid als das Medienthema der letzten Zeit und Zuverlässigkeit der Elektronik-Komponenten.

Es ist Japan - insbesondere Toyota - gelungen, die Weltöffentlichkeit für ihre zweifellos technisch höchstwertigen Hybrid-Fahrzeuge zu gewinnen. Die Europäer sehen sich medialen Vorwürfen ausgesetzt, diese Technik „verschlafen“ zu haben. Dies stimmt nicht, wenn man z.B. an die Hybridfahrzeuge von VW, an 3 Hybrid-Generationen von AUDI, dabei war sogar ein Dieselhybrid, denkt.

Es wurden daher in großer Sachlichkeit 2 Vorträge zu diesem Thema präsentiert: Zunächst von der neutralen Seite eines großen Zulieferers, vom Vorstandsvorsitzenden der ZF Friedrichshafen, **Dr.-Ing.E.h.S.Goll** (Vortragender),

Bild 8, Dr.-Ing.H.-J.Domian: „Vom konventionellen Antriebsstrang zum Hybridantrieb? Die Sicht des Zulieferers“:



Bild 8: Dr.-Ing.E.h. Siegfried Goll,
ZF Friedrichshafen AG

ZF Friedrichshafen bietet ein weites Spektrum an elektrischen Antrieben an und ist in der Lage, hoch integrierte Hybridsysteme einschließlich der Vernetzung der Einzelkomponenten sowie die dazugehörige Betriebsstrategie zu liefern. Sichere Prognosen über die Zukunftsperspektive der hybriden Antriebstechnik liegen derzeit noch nicht vor. Die Hybridantriebstechnik kann Vorteile bezüglich Kraftstoffverbrauch, Emissionen und Fahrzeugdynamik bieten, dies jedoch unter anderem bei höheren Kosten und erhöhter Komplexität im Vergleich zum konventionellen Antrieb. Die üblichen

Anforderungen an Fahrzeugantriebe gelten auch für Hybridantriebe. Nutzen und Kosten müssen in einem akzeptablen Verhältnis stehen. Eine Bewertung der Hybridantriebstechnik muss markt- und anwendungsspezifisch erfolgen. Das Verbesserungspotenzial, das durch die Optimierung der konventionellen Antriebe erschlossen werden kann, darf hierbei nicht übersehen werden.

Der neuen Kooperation von DaimlerChrysler und GM auf dem Sektor Hybrid war zu verdanken, dass zu diesem Thema die Sicht aus beiden Häusern gehört werden konnte, wobei **D.M.Hancock**, Vice President, **General Motors Powertrain**, Pontiac, und **Dr.-Ing.L.Mikulic**, Vice President - Powertrain Development, Mercedes Car Group-**DaimlerChrysler AG**, Stuttgart, referierten. **Bild 9** zeigt die Vortragenden.

DaimlerChrysler und General Motors haben beschlossen, gemeinsam ein „Two-Mode Full Hybrid System“ zu entwickeln. Die Erfahrungen beider Unternehmen lassen dadurch erhebliche Kosteneinsparungen erwarten.



Bild 9: v.r. Daniel M. Hancock, GM Powertrain;
Dr.-Ing. Leopold Mikulic, DaimlerChrysler AG

General Motors produziert seit 2003 das erste „Two-Mode Hybrid System“ für Transit-Busse. Diese Busse operieren erfolgreich in 18 Städten der Welt. 2004 wurde die Produktion von Hybrid-Pickup-Trucks begonnen.

DaimlerChrysler entwickelt seit 1982 alternative Antriebsstrang-Konzepte. Zuletzt wurde eine Kombination eines 184 kW-V8-Dieselmotors mit einem 50 kW-Elektromotor präsentiert.

Nie übersehen werden darf, dass über den Erfolg die tatsächliche Verbrauchersparnis im praktischen Fahrbetrieb entscheidet und nicht Verbräuche in bestimmten Testzyklen.

Die Prognose für die Zukunft lautet:

- Es gibt keine Einzellösung: Hybridantriebe, Diesel- und Ottomotoren werden gemeinsam existieren, jeder dort, wo er den größten Vorteil hat.
- Hybridantriebe bieten Möglichkeiten zur Energieeinsparung, die mit anderen Antrieben nicht erreichbar sind.
- GM und DC erarbeiten gemeinsam Hybrid-Lösungen und laden andere OEM zur Zusammenarbeit ein.

Das 2. Thema dieser Plenarveranstaltung war die Zuverlässigkeit der Elektronik, dargestellt aus der Warte von Siemens. Auch hier steht die Automobilindustrie unter medialem Druck.

Dr.-Ing.K.Egger, Mitglied des Vorstands, **Siemens VDI Automotive AG**, Regensburg, **Bild 10**, berichtete über: „Elektronik als zuverlässige



Schlüsseltechnologie für zukünftige Antriebskonzepte“:

Es wird immer übersehen, dass die Hälfte aller „Elektronik-Pannen“ Fehler an Batterien und Kabeln sind. Weiterhin ist die Gefahr des Liegenbleibens von neueren Fahrzeugen seit Jahren drastisch gesunken.

Die Elektronik trägt bereits heute in hohem Maß dazu bei, die Sicherheit von Autos zu verbessern und Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen zu senken. Künftige Innovationen im Antriebsstrang –

Bild 10: Dr. Klaus Egger,
Siemens VDO Automotive AG

von neuen Brennverfahren über Abgasnachbehandlung bis zu Hybridantrieben – werden den Elektronikanteil weiter erhöhen. Die Zuverlässigkeit elektronischer Systeme ist bereits heute sehr hoch. Durch die Zunahme des Funktionsumfangs stellen sich jedoch neue Herausforderungen: Die Komplexität sollte durch Software-Plattformen und modulare Hardware verringert werden, die verbleibende Komplexität durch definierte Prozesse so gemanagt werden, dass Fehler ausgeschlossen sind. Dabei ist der gesamte Fahrzeug-Lebenszyklus, auch nach dem Ende der Serienproduktion, zu betrachten.

3 Emissionsminderung am Ziel?

In dieser Sektion wurde die Frage behandelt, ob PKW- und NFZ-Emissionen bereits derart scharf limitiert sind, dass unter den Aspekten der Medizin bzw. der Luftqualität gesagt werden kann: Es ist genug erreicht?!

Dr.N.Metz (Vortragender), **Dr.rer.nat.J.Theis**, **BMW Group**, München: „PKW-Emissionen: ein gelöstes Problem?“

Für CO, HC, NO_x und Partikel werden Entwicklungsfortschritte bei den Emissionsfaktoren für Otto- und Diesel-PKW seit 1970 aufgezeigt. Die Emissionen aller Quellen und der Anteil des Pkw an der Gesamtemission in Deutschland werden für jede Komponente für das Jahr 2000 dargestellt. Mit einem Prognosemodell werden die Emissionen des PKW-Verkehrs in Deutschland bis zum Jahr 2030 abgeschätzt. Zusammen mit der Emissionsentwicklung aller Quellen erfolgt ein Vergleich der Entwicklung der Emissionen des PKW-Verkehrs mit der Entwicklung der Luftqualität an verkehrsreichen Messstationen und für urbane Hintergrundstationen. Der Luftqualitätstrend bis 2030 wird anhand der Emissionsentwicklung prognostiziert. Für CO und HC zeigen die Luftqualitätsdaten, dass bereits heute zukünftige Grenzwerte deutlich unterschritten werden. Für NO₂ und PM₁₀ kann es bei ungünstigen meteorologischen Verhältnissen zu Überschreitungen der EU-Luftqualitätsgrenzwerte kommen. Für Otto-PKW scheinen die vorgesehenen

Grenzwerte voll ausreichend, bei Diesel-PKW wird das Partikel-Problem durch Partikelfilter gelöst, offen bleibt die Situation betreffend NO_2 .

Dr.rer.nat.E.Jacob, MAN Nutzfahrzeuge Gruppe, Nürnberg: „Emissionslimits zukünftiger Nfz-Motoren: Balanceakt zwischen Möglichkeit und Nutzen“

Die 2005 beginnende Einführung der Euro 4 -Technik bei Nfz realisiert eine Absenkung der PM-Emissionslimits auf 2,7% der Werte von 1988. Damit lässt sich bis 2020 eine Verminderung der PM-Emissionen der Nfz in Deutschland trotz steigender Fahrleistungen auf ein Viertel der Werte von 2000 prognostizieren. Da die Nfz nur mit 7-10% zu den anthropogenen Partikelemissionen in Europa beitragen, ist eine zukünftige Reduktion der Euro 4/5-PM-Grenzwerte für Nfz um 33% auf 20 mg/kWh (ETC) für ein Ende der Partikellimitierung ausreichend. Dies wird durch die mehrfach bewiesene Existenz eines Schwellenwerts für den sekundären genotoxischen Effekt der Dieselpartikel auch aus medizinischer Sicht abgestützt. Eine Absenkung unter 20 mg PM/kWh erfordert überproportional hohen Kraftstoffmeherverbrauch und Wartungsaufwand.

Bezüglich der zukünftigen NO_x -Emissionslimits erscheint dem Vortragenden ab 2012/13 eine Halbierung des Euro 5-Grenzwerts auf 1 g NO_x /kWh sinnvoll. Dies ermöglicht eine Absenkung der NO_x -Emissionen der schweren Nfz für 2020 auf unter ein Viertel der Werte von 2000 (Deutschland). Die NO_x -Emissionen im mobilen Bereich für 2020 sind durch Einführung von NO_x -Emissionslimits für Nfz unter 1 g/kWh ab 2012/3 nicht wesentlich beeinflussbar. Ursache ist das hohe NO_x -Emissionsniveau des Luftverkehrs und der langlebigen Off-Road-Maschinen.

Dennoch stellt sich die Frage, ob es haltbar sein wird, für USA Limits von 0,3 g/kWh NO_x einzuhalten, gegenüber 1,0 g/kWh für Europa. Immerhin ergibt dies einen Unterschied von 50 % betreffend der NFZ-Emissionen in Deutschland. Die Situation scheint noch nicht geklärt.

Die zukünftige Gesetzgebung für Euro 6 sollte auf einer weltweiten Harmonisierung der Prüfzyklen (WHDC) und der Normen für qualitativ verbesserte, reinere

Betriebsstoffe basieren. Für Motoren mit Minimalessmissionen sind reine Betriebsstoffe wichtige Garanten für deren Langzeitstabilität.

Univ.-Prof.Dr.med.J.Bruch, Universitätsklinikum Essen und IBE GmbH, Marl:
„Dieselpartikelemissionen, ihr toxisches Potential und die Bedeutung von Schwellenwerten für eine Risikoabschätzung“

Die chronische Exposition mit Feinstäuben einschließlich Dieselpartikel ist mit höheren Risiken von Herz-Gefäß-Erkrankungen und von Lungenkrebs assoziiert. Nach Auskunft der Epidemiologen kann kein Schwellenwert festgestellt werden. Die Toxikologie zeigt ein mutagenes Potential der organischen Extrakte von Dieselpartikeln. Chronische Hochdosis-Inhalationsexperimente belegen dosisabhängig kanzerogene Effekte im Rattenmodell; dosimetrische Berechnungen weisen auf die große Bedeutung der Partikel auf die Tumorzahlen. Mechanistische Untersuchungen können die große Bedeutung von Entzündungsvorgängen für die Staub-Tumor-Effekte wie die Bildung von oxidativen DNA-Addukten und die Mutagenität aufzeigen. Als Ursache werden sekundär genotoxische Prozesse angenommen. Effiziente Abwehrmechanismen bedingen einen Schwellenwert bei kritischen intermediären Schritten im Tumorfad. Auch für Dieselpartikeln belegen unterschiedlich angelegte Experimente mit geeigneten Dosen Schwellenwerte für Entzündung, Genotoxizität und Mutagenität. Bei Verwendung von Dosis-Dopplungs-Stufen (DDS) in multi dose-Experimenten kann eine Referenz zum wenig bioaktiven Standardstaub Korund erstellt werden. Die Schwellendosis eines kritischen Effektes eines Prüfstaubes kann in die passende DDS eingeordnet werden, die Schädlichkeit der Probe wird in ausgedrückt in Toxizität-Dosis-Dopplungs-Stufe (TDDS). Die vorkommenden Schädlichkeiten von Stäuben umfasst TDDS 0 (null) für Korund und TDDS 4 (vier) für Quarz DQ12. Für eine Dieselpartikelprobe wurde eine niedrige Toxizität bei TDDS 1 gefunden. Es gibt Hinweise, dass in der Umwelt die intrinsische Toxizität der Teilchen sehr breit gefächert ist. Diese heterogene Schädlichkeit, so auch für Dieselpartikel als solche, in Verbindung mit dem Schwellencharakter der Partikelschädlichkeit fordert die Abgas-Technologie und gebietet eine differenzierte Risikobewertung.

Zusammenfassend gilt also:

1.

Es gibt einen Schwellenwert der Partikel-Konzentration in der Atemluft unter dem keine negativen gesundheitlichen Effekte zu befürchten sind.

Die Annahme, dass jeder noch so geringe Partikelgehalt in der Luft schädlich ist, stimmt nicht.

2.

Es kommt eher auf gezielte Minderung toxischer Emittenten als auf globale Absenkung aller staubförmigen Emissionen an.

3.

Dieselfuß hat relativ zu anderen Stäuben, z.B. Quarz, eine relativ geringe Schädlichkeit.

4 Dieseleinspritzung

Dr.-Ing.S.Kampmann (Vortragender), **Dr.-Ing.U.Dohle**, **Dr.-Ing. J.Hammer**, **Dipl.-Ing.F.Boecking**, **Robert Bosch GmbH**, Stuttgart: „Common Rail Systeme zur Erreichung künftiger EU-Emissionsstandards“

Niedrigste Rohemissionen bei gleichzeitig höchster Motorperformance, ein mit Ottomotoren vergleichbares Geräuschniveau und weiterhin konkurrenzlos niedriger Verbrauch lauten die Anforderungen an künftige Dieselapplikationen.

Zur Erfüllung dieser ist eine hochpräzise Zumessung von Diesekraftstoff in den Brennraum gefordert. Hierbei spielen moderne Common Rail – Einspritzsysteme auch künftig eine Schlüsselrolle in der Dieseltechnologie.

Das funktionale Spektrum der BOSCH Common Rail Systeme von der zweiten bis hin zur vierten Generation stellt einem Fahrzeughersteller ein umfassendes Portfolio an Einspritztechnik zur Verfügung, um die genannten Ziele in Kombination mit Motormaßnahmen und der Abgasnachbehandlung zu erreichen.

Zur Minimierung der Rohemissionen auch über die Fahrzeuglebensdauer sind weitere Maßnahmen zur Steigerung der Robustheit des Common Rail Systems erforderlich. Ein gesamtheitlicher Ansatz hierzu wird vorgestellt und die Kernmerkmale auf Komponenten-, Prozess- und Systemebene am Beispiel des BOSCH – CRS3 näher beschrieben.

BEng.H.Tokuda (Vortragender), **Dr.S.Itoh**, **BEng.M.Kinugawa**, **DENSO Corporation**, Aichi-ken, Japan; **MEng.N.Shirabe**, **Nippon Soken**, Inc., Aichi-ken, Japan: „DENSO CRTechnologie erfüllt die künftigen Abgasrichtlinien“

Das Common-Rail-System (CRS) ist eine neuartige Technologie zur Kraftstoffeinspritzung, die eine Revolution auf dem Gebiet der Dieselmotoren für Lastkraftwagen und Kraftfahrzeuge darstellt. Seit der Herstellung des weltweit ersten CR-Systems für Lastkraftwagen im Jahr 1995 hat DENSO diese Technologie ständig weiterentwickelt.

Diese Pionierarbeit trug 2002 weitere Früchte, als es DENSO gelang, ein Common-Rail-System mit dem Druck von 180 MPa erfolgreich einzusetzen.

Ein PKW mit einem 2-Liter-Vierzylinder-Motor, in dem dieses System verwendet wird, erbringt eine spezifische Leistung von 50 kW pro Liter. Gleichzeitig können die Grenzwerte der Euro4-Abgasnorm ohne den Einsatz eines Partikelfilters eingehalten werden. Dieser Bericht beschreibt, wie DENSO, aufbauend auf diesem System, durch Erhöhung des Einspritzdrucks auf 200 MPa die Motorleistung weiter verbessern konnte und noch strengere Abgasnormen durch das einfachere, aber dennoch innovative Konzept „Group Holes Nozzle“ (GHN) einhält. Unsere Tests zeigen, dass es mit einem Einspritzdruck von 200 MPa, einem verringertem Verdichtungsverhältnis und einem erhöhten Ladedruck möglich ist, die spezifische Leistung von 50 kW pro Liter auf mehr als 70 kW zu erhöhen. Mit der GHN-Technologie erzielt man ein besseres homogenes mageres Kraftstoffgemisch. Diese Technologie in Verbindung mit gekühlten AGR-Systemen führt zu einer optimierten Gemischaufbereitung während der Verdichtung. Dies unterstreicht das Potenzial von DENSO auf dem Gebiet der CRS-Technologie bezüglich der Einhaltung zukünftiger Abgasemissions-Richtlinien.

Dipl.-Ing.D.Jovovic, Dr.M.Kronberger (Vortragender), **Dipl.-Ing.R.Pirkl, Dr.-Ing.P.Voigt, Siemens VDI Automotive AG**, Regensburg: „Das Piezo Pumpe Düse System für Volkswagen Dieselmotoren“

Mit den progressiv zunehmenden Emissionsanforderungen an den Dieselmotor für Personenkraftwagen wächst die Gefahr, dass der vermehrte Bauaufwand im Vergleich zum Ottomotor nicht mehr durch besseren Kundennutzen ausgeglichen wird. Das Dieseleinspritzsystem stellt nach wie vor eine Hauptquelle des Fortschritts und einen wesentlichen Kostenfaktor dar. Mit dem neu entwickelten Piezo Pumpe Düse System bereichern Siemens VDO und Volkswagen den Konzeptwettbewerb der Einspritzsysteme. Der Beitrag beschreibt drei Evolutionsstufen der Systementwicklung vom Erstkonzept bis zur Erfüllung der Ziele von Lastenheft und Bauaufwand.

Das Ziel war, die EU4-Emissionsgrenzen mit der gesamten Passat-Fahrzeugklasse zu erfüllen, ohne Unterstützung durch einen Partikelfilter. Erfolgsentscheidende Faktoren waren sorgfältige Analyse und Umsetzung des Motorbedarfs hinsichtlich Druckniveau, Zumessgenauigkeit und Verlauf der Einspritzung im Kennfeld.

Die Piezo-Elemente werden als Steller und Geber mehrerer parallel wirkender Regelkreise eingesetzt. Mit diesen Regelkreisen konnten die Vorteile der Piezo-Technik voll ausgenutzt werden, wie etwa zur Geräuschminderung oder zur Sicherstellung der geforderten hohen Zumessgenauigkeit unter allen Betriebsbedingungen und über die gesamte Lebensdauer.

Die Piezo Pumpe Düse wird seit Ende 2004 in einem von VW und Siemens VDO neu errichteten Werk in Deutschland hergestellt. Das Steuergerät kommt von Siemens VDO.

Im Laufe der Entwicklung von Einspritzhydraulik und Piezo-Technik wurden neue Potenziale sichtbar. Es sind unter anderem Wirkungsgrad und Spitzendruckniveau sowie die Teilhubfähigkeit des Piezo-Steuerventils, denen die beiden Partnerunternehmen zukünftig nachgehen wollen. Weitere Impulse werden vom homogenen Diesel-Brennverfahren erwartet, im Besonderen auf die Piezo-Technik.

5 Neue Ottomotoren 1

Dipl.-Ing.S.Knirsch (Vortragender), **Dipl.-Ing.M.Kerkau**, **Dr.-Ing.H.J.Neußer**, **Dr.Ing.h.c.F.Porsche AG**, Weissach: „Die neuen 6-Zylinder-Boxermotoren für den PORSCHE 911 Carrera“

Erstmals seit 28 Jahren bietet Porsche den 6-Zylinder Boxermotor wieder in 2 Leistungsvarianten im Porsche 911 Carrera an. Dabei konnten die Leistungswerte des bewährten 3,6l Aggregats, durch Feinoptimierungen nochmals gesteigert werden und stellen mit einer Nennleistung von 239 kW und einem maximalen Drehmoment von 370 Nm auch anspruchsvolle Kundenerwartungen zufrieden. Der neue 3,8l Motor mit 261 kW Leistung und einem maximalen Drehmoment von 400 Nm, verleiht dem 911 Carrera S überlegene Fahrleistungen im Sportwagensegment und schließt damit gleichzeitig die Lücke zu den Top-Varianten 911 GT3 und 911 Turbo. Neben einer Hubraumerhöhung von 3.596 cm³ auf 3.824 cm³ wurde dies durch gezielte Optimierungen des ein- und auslassseitigen Ladungswechselsystems sowie einer nochmals verbesserten Kühlung der Zylinderköpfe und der damit möglichen Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses auf $\varepsilon = 11,8$ erreicht.

Eine spezifische Leistung von 68,3 kW/l und ein spezifisches Drehmoment von 104,6 Nm/l markieren Spitzenwerte im Umfeld frei saugender Hochleistungsmotoren.

Die beiden neuen Motoren unterschreiten alle aktuell weltweit gültigen Abgasvorschriften wie Euro 4 und LEV deutlich. Gleichzeitig konnte der Kraftstoffverbrauch des 3,6l Aggregats im NEFZ um 1 % auf 11,0 l/100 km reduziert werden. Der 3,8l Carrera S stellt mit einem NEFZ-Verbrauch von 11,5 l/100 km einen Bestwert im Wettbewerbsumfeld dar.

Dr.-Ing.R.Szengel (Vortragender), **Dipl.-Ing.U.Kirsch**, **Dr.-Ing.B.Ebel**, **Dipl.-Ing.S.Lieske**, **Dipl.-Ing.F.Reschke**, **Volkswagen AG**, Wolfsburg: „Die neue V6-Motorengeneration mit Direkteinspritztechnik von Volkswagen“

Die V-Motorenbaureihe von Volkswagen wurde zur Erfüllung steigender Anforderungen grundlegend überarbeitet. Schwerpunkte der Entwicklung waren die Einführung der Benzindirekteinspritzung und speziell für den US-Markt die Erhöhung

des Hubvolumens auf 3,6 dm³. Dies erfolgte ohne Veränderungen für das Fahrzeugpackage. Die Direkteinspritztechnik eröffnet erweiterte Möglichkeiten zur Beherrschung zukünftiger Abgasgrenzwerte und zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs. Die Abgasgrenzwerte nach EU4 und LEV2 werden ohne Zufuhr von Sekundärluft ins Abgassystem erreicht. Der neue Motor hat 360 Nm maximales Drehmoment und erreicht eine Nennleistung von 206 kW bei 6200 1/min. Für den europäischen Markt wird eine 3,2 dm³-Variante mit 330 Nm und 184 kW Leistung angeboten.

A.Falkowski, M.McElwee (Vortragender), **DaimlerChrysler Corp., Auburn Hills, USA**; **Dr.-Ing.U.Geiger, INA-Schaeffler KG**, Herzogenaurach: "Funktion und Entwicklung des DaimlerChrysler 5.7l HEMI^R Motors mit dem Multi-Displacement System"

Bei der Entwicklung des DaimlerChrysler 5,7l Motor wurde ein Zylinderabschaltsystem entwickelt. Das hochkomplexe System zeigt, wie viele Einflüsse beachtet werden müssen, um zu befriedigendem Laufverhalten zu gelangen. In dieser Veröffentlichung wird die Motor- und die Komponentenkonstruktion beschrieben. Die Funktionsweise des Systems wird erklärt, der Effekt auf die Zylinderabschaltung in Bezug auf die Fahrzeugintegration und den Kraftstoffverbrauch wird dargestellt.

6 Abgasnachbehandlung

Dipl.-Ing.C.Enderle (Vortragender), **Dr.-Ing.H.Breitbach, Dipl.-Ing.M.Paule, Dr.-Ing.B.Keppeler, DaimlerChrysler AG**, Stuttgart: „Selective Catalytic Reduction mit Harnstoff – Der effektive Weg zur Stickoxidminderung am PKW-Dieselmotor“

Durch den Einsatz des Partikelfilters tritt der Zielkonflikt Partikel vs. Stickoxide zunehmend in den Hintergrund. Im Zusammenhang mit schärfer werdenden Stickoxidgrenzwerten und entsprechenden innermotorischen NO_x-Minderungsmaßnahmen treten am Dieselmotor jetzt neue Zielkonflikte in den

Vordergrund: Kohlenwasserstoff vs. Stickoxid sowie Verbrauch vs. Stickoxid. Neben der guten Fahrbarkeit ist aber gerade der Verbrauch des Dieselmotors ein wichtiger Grund für den Markterfolg. Daher ist es für Mercedes-Benz wichtig, eine NO_x-Nachbehandlung zu wählen, die möglichst wenig Verbrauchsnachteile mit sich bringt, und die möglichst effizient ist, damit innermotorische Anpassungen zur NO_x-Minderung auf verbrauchsneutrale Maßnahmen beschränkt werden können.

Das System, das in Summe die gestellten Anforderungen am besten erfüllt, ist die SCR-Harnstoff-Nachbehandlung. Es basiert auf selektiver katalytischer Reduktion der Stickoxide mit Ammoniak, der aus dem Zerfall von eingespritztem Harnstoff im Abgasstrom entsteht. Das System zeichnet sich durch hohe Effizienz über ein breites Temperaturfenster, eine gute Stabilität über die Lebensdauer und relativ kompakte Bauweise aus. Zudem verschlechtert es im Gegensatz zu anderen Systemen die Kohlenwasserstoffemissionen nicht und lässt wegen der hohen Effizienz vergleichsweise hohe Stickoxid-Rohemissionen zu, so dass es kaum Nachteile für den Kraftstoffverbrauch mit sich bringt. Der Harnstoffverbrauch kann dabei so niedrig gehalten werden, dass ausreichend Harnstoff für einen Betrieb zwischen Wartungsintervallen mitgeführt werden kann. Für den Kunden tritt das System damit nicht in Erscheinung und stellt keinen zusätzlichen Aufwand etwa beim Betanken oder für das Nachfüllen von Harnstoff dar.

Dipl.-Ing.W.Maus (Vortragender), **Dipl.-Ing.R.Brück**, **EMITEC Gesellschaft für Emissionstechnologie mbH**, Lohmar: „Die Zukunft der heterogenen Katalyse im Automobil; „Turbulente“ Katalysatoren für Otto- und Dieselanwendungen“

Die Entwicklung der Katalysatorstechnologie für den automobilen Bereich begann in den 60er Jahren. Aus der chemischen Industrie wurden zunächst die als hocheffektiv bekannten Schüttgutkatalysatoren mit sehr gutem, einer turbulenten Strömung vergleichbarem Stofftransport übernommen. Mechanische Schwingungen und Gaspulsationen führten zu Abrasion. Daher wurde dieser Weg aus Gründen der Dauerhaltbarkeit verlassen und zunächst metallische Wabenkörper, die in Raffinerieprozessen eingesetzt wurden, verwendet. Diese Folien-Substrate waren ebenfalls nicht dauerhaft, da die Verbindungsverfahren zur Herstellung monolithischer Strukturen noch nicht zur Verfügung standen. Keramische monolithische Wabenkörper wurden später entwickelt, die ebenfalls mit katalytisch aktiver Beschichtung

versehen waren. Der Nachteil monolithischer Wabenkörper besteht allerdings in der laminaren Kanalströmung, die den Stofftransport und damit die volumenspezifische katalytische Wirksamkeit begrenzt. Neuartige Katalysatorträger-Entwicklungen für Otto- und Dieselmotoren nutzen den Effekt der „Turbulenz“ gezielt aus. Die Konvertierung der limitierten Abgaskomponenten basiert auf Mechanismen des turbulenten Stofftransports. Im Vortrag werden die zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten für den Einsatz im automobilen Katalysator hergeleitet und mit Testergebnissen untermauert.

Dr.M.Ivanisin (Vortragender), MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik AG & Co KG, Graz; a.o.Univ.-Prof.Dr.S.Hausberger, Technische Universität Graz:
„Partikelanzahlemissionen – Messung und globale Simulation“

Es wird gezeigt, dass es unter Nutzung eines einfachen Zusammenhanges möglich ist, ein globales Modell zur Berechnung der Festpartikelanzahlemissionen aufzustellen. Es wird die Gesamtfestpartikelanzahlemission, basierend auf Messungen an den verschiedenen Motoren, als eine Funktion des Kraftstoffverbrauches und der Drehzahl dargestellt.

Dieses Modell zeigt durch geeignete Normierung der gemessenen Partikelanzahlemissionen ein relativ einheitliches Partikelanzahlemissionsverhalten (Anzahl/h) aller untersuchten Motoren und Lastpunkte. Die Berechnungsergebnisse aus dem Modell werden mit Messungen an PKW und Nutzfahrzeugen verifiziert. Dieser Zusammenhang und ein darauf basierendes Modell kann die Anwendung in der Umweltemissionsberechnung und Dieselpartikelfilter – Applikation finden.

7 Neue Dieselmotoren 1

Dipl.-Ing.R.Bauder (Vortragender), Dipl.-Ing.A.Fröhlich, Dr.M.Gruber, Dr.H.Hoffmann, Dr.W.Wimmer, Audi AG, Neckarsulm; Dipl.-Ing.W.Hatz, Audi AG, Ingolstadt: „Der neue 4.2l V8-TDI von Audi“:

Der neue 4.2l V8 TDI-Motor ist eine konsequente Weiterentwicklung des 4.0l TDI-Motors, der bisher im Audi A8 angeboten wurde. Beim 4.2l wurde der

Zylinderabstand von 88 auf 90 mm erhöht und das Einspritzsystem auf Piezo-Technik umgestellt. Das Abgasrückführsystem, die Verbrennung und die Turboaufladung wurden weiter optimiert. Erstmals kommt ein zweiflutiges CSF-Partikelfiltersystem zum Einsatz. Zusätzlich konnte das Gewicht des Motors im Vergleich zum 4.0l TDI um 15 kg gesenkt werden.

Der neue V8-TDI hat eine Leistung von 220 kW und ein Drehmoment von 650 Nm. In Kombination mit Diesel-Partikelfilter wird die Abgasnorm EU 4 erfüllt.

Der Motor ist ein weiteres Mitglied der neuen Audi-V-Motorenfamilie, die sich durch eine kurze und kompakte Bauweise sowie zahlreichen Synergien zwischen Otto- und Dieselmotoren auszeichnet.

Dipl.-Ing.W.Mattes, Dr.-Ing.P.Nefischer, Ing.F.Steinparzer (Vortragender), BMW Motoren GmbH, Steyr: „Neu überarbeitete Dieselmotoren für die BMW 7er Reihe“:

Der Trend zu leistungsstarken und verbrauchsgünstigen Dieselmotoren in der PKW Oberklasse hält in Europa unvermindert an. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen und um den Kunden insbesondere in dieser Klasse jeweils die modernste verfügbare Technik zu bieten, hat BMW im Zuge der aktuell durchgeführten Modellpflegemaßnahmen bei der 7er Reihe auch die beiden Dieselmotorisierungen grundlegend überarbeitet.

Neben der Verbesserung des Leistungsvermögens und der Absenkung des Kraftstoffverbrauchs stand dabei die Umstellung der Motoren auf die Abgasstufe EU4 und eine deutliche Gewichtsreduzierung bei beiden Aggregaten im besonderen Fokus.

Während beim Sechszylindermotor die Hauptabmessungen des Triebwerks im Wesentlichen unverändert blieben, wurde beim Achtzylindermotor auch eine deutliche Hubraumsteigerung realisiert.

Schwerpunkt der technischen Maßnahmen war neben einer Vielzahl von Detailoptimierungen zur Gewichtsabsenkung die Umstellung auf Aluminium-kurbelgehäuse, die Einführung der dritten Generation der Common Rail Einspritzung mit Piezotechnologie und die Verwendung von katalytisch beschichteten Partikelfiltern.

Der Einsatz dieser beiden tief greifend überarbeiteten Motoren sichert den BMW 7er Dieselmodellen weiterhin eine Spitzenposition im Wettbewerbsumfeld.

Dipl.-Ing.G.Doll (Vortragender), **Dr.-Ing.J.Schommers**, **Dr.-Ing.A.Lingens**, **Dipl.-Ing.M.Düsmann**, **Dipl.-Ing.H.Fausten**, **Dipl.-Ing.R.Noell**, **Dipl.-Ing.C.Spengel**, **Dipl.-Ing.H.Finkbeiner**, **DaimlerChrysler AG**, Stuttgart: „Der Motor OM 642 – Ein kompaktes, leichtes und universelles Hochleistungsaggregat von Mercedes-Benz“:

Mit dem Motor OM 642 wurde durch die Mercedes-Benz-Ingenieure ein anspruchsvolles und hochkompaktes V6-PKW-Dieselaggregat entwickelt, welches aufgrund Konzeption und Gestaltung in allen Fahrzeugbaureihen sowohl die bisher eingesetzten 5- als auch 6-Zylinder Reihenmotoren ersetzen kann.

Wesentliche Zielsetzungen waren:

- Eine spezifische Leistung von 55 kW / L_{VH} ,
- ein spezifisches Drehmoment von 170 Nm / L_{VH} ,
- ein Einbaugewicht nahe des abzulösenden Reihen-5-Zylinder Motors,
- Einbauraum gemäß des abzulösenden Reihen-5-Zylinder Motors,
- Erfüllung der Abgasgesetzgebung nach EU-4 auch ohne Partikelfilter,
- Einsatz einer Einspritzanlage der dritten Generation mit Piezo-Injektoren und hoher Einspritzvariabilität für optimierte Verbrennungsführung hinsichtlich Emissionen und Geräuschverhalten.

Der Beitrag beschreibt Konzeption und Technik des neuen Aggregates und geht sowohl auf die motorischen Kenndaten als auch auf die Fahrleistungen und Kraftstoffverbräuche im Vergleich zu den Vorgängermotorisierungen in der C-Klasse ein.

Neben den motorischen Eigenschaften kommt bei den aktuellen anspruchsvollen Emissionsgrenzen nach EU-4 der Konzeption der Abgasanlage besondere Bedeutung zu. Trotz der Erfüllung der aktuellen Emissionsgrenzen nach EU-4 ohne Partikelfilter wird in weiten Teilen Europas ein Partikelfilter serienmäßig verbaut werden.

Es wird auf den Partikelfilter selbst und das Regenerationskonzept ohne Zusatzstoffe eingegangen.

Die erfolgten hohen Investitionen für die Produktion dieses Aggregates in einem DaimlerChrysler-Werk in Berlin sind ein klares Bekenntnis zum Produktionsstandort Deutschland.

8 Simulation / Verbrennungsphänomene

Ing.P.Martinelli (Vortragender), **Ing.N.Cavey**, **Ing.L.Fraboni**, **Ing.M.Bollini**, **Ferrari Gestione Sportiva**, Maranello; **Dr.P.Schöggli** (Vortragender), **Dipl.-Ing.F.Mundorff**, **Dipl.-Ing.M.Dank**, **AVL List GmbH**, Graz: „Formel 1 Motorenentwicklung mit neuen Simulations- und Testmethoden“:

Der Vortrag beschreibt den einheitlichen Einsatz eines echtzeitfähigen Simulationsmodells in den Entwicklungsbereichen Office, Prüfstand und Rennstrecke. Die Echtzeitfähigkeit, Voraussetzung für den Einsatz auf Prüfständen, bringt auch im Office und an der Rennstrecke Vorteile durch die höhere Effizienz, da in der gleichen Zeit mehr Simulationen durchgeführt werden können. Der größte Vorteil ergibt sich durch den reduzierten Aufwand, durch die einheitliche Modellparametrisierung und durch die verbesserte Kommunikation zwischen den Entwicklungsteams.

Beschrieben wird die Kombination der Echtzeitsimulation mit einer automatischen Berechnung von hunderten Motor- und Fahrzeugkennparametern sowie einer leistungsfähigen Optimieroutine als Closed Loop Approach. Die automatische Kenngrößenberechnung beschleunigt den Prozess der Datenanalyse um den Faktor 5000 und erlaubt dadurch eine deutlich höhere Effizienz im Entwicklungsprozess. Für eine automatische, computerunterstützte Optimierung bilden die objektiven Kenngrößen jedoch erst die Basis für eine effiziente computerunterstützte Optimierung.

Der Einsatz der Methoden in der Ferrari Formel 1 Motorenentwicklung wird anhand von Beispielen der letzten Jahre gezeigt.

Dipl.-Ing.W.Nietschke (Vortragender), Dipl.-Ing.M.Schultalbers, Dr.-Ing.O.Magnor, IAV GmbH, Gifhorn: „Der zunehmende Einfluss der Simulation auf die Entwicklung der Motorsteuerung“:

Der Einsatz neuer Technologien in der Motorenentwicklung ist durch Beweggründe wie Verbrauchsminimierung, Emissionsreduzierung und Senkung der Produktkosten getrieben.

Um das Potenzial dieser Konzepte in Serie optimal zu nutzen, ist ein leistungsfähiges Motormanagement erforderlich. Die vorgegebenen Zeiten für Funktionsentwicklungen und Applikationen werden immer kürzer, die Komplexität der Prozesse steigt enorm.

Damit ergeben sich in allen Phasen der Entwicklung des Motormanagementsystems neue Herausforderungen, die nur durch den Einsatz moderner modell- und simulationsbasierter Ansätze sowie neuer regelungstechnischer Methoden zu bewältigen sind. Beträchtliche Effizienzsteigerung und Beschleunigung im Entwicklungsprozess sind durch die durchgehende Verwendung der Simulation von der Systementwicklung über die Funktionsentwicklung bis hin zur Applikation erreichbar.

Die toolgestützte Konfiguration des Sensor-Aktuator-Konzeptes führt zu optimierten Systemlösungen. Erfahrungen mit Modellstrukturen, die in der Offline-Simulation gewonnen werden, lassen sich durch Verfahren der Modellreduktion in Steuergerätefunktionen einbringen. Die Strukturgleichheit der Simulationsplattform mit der Steuergeräteplattform gewährleistet bereits in früher Phase die Entwicklung effektiver Bedatungswerkzeuge und -methoden. Automatisierte Bedatungsprozesse mit Hilfe virtueller Bedatungsplattformen lösen den Zielkonflikt zwischen Kosten und Qualität.

Dipl.-Ing.G.Prochazka (Vortragender), Dr.P.Hofmann, Univ.-Prof.Dr.B.Geringer, Technische Universität Wien; Dipl.-Ing.J.Willand, Dr.C.Jelitto, Dipl.-Ing.O.Schäfer, Volkswagen AG, Wolfsburg: „Selbstzündungsphänomene an einem hochaufgeladenen Ottomotor und Abhilfemöglichkeiten“:

Für eine erfolgreiche Umsetzung eines Downsizing-Konzeptes beim Ottomotor müssen bereits bei niedrigen Drehzahlen hohe Ladedrücke und damit hohe Mitteldrücke darstellbar sein. Bei Untersuchungen an einem 4-Zylinder-Ottomotor mit Fremdaufladung traten im unteren Drehzahlbereich bereits bei moderatem Ladedrücken Selbstzündungseffekte auf, welche eine weitere Anhebung des Ladedruckes verhinderten. Durch den Einsatz von optischen Mess- und Beobachtungstechniken konnte als Ursache für diese Selbstzündungsphänomene eine unzureichende Gemischbildung, die zu einer erhöhten Wandfilmbildung im Brennraum führte, gefunden werden.

Die wirksamste Maßnahme zur Verhinderung der Selbstzündungen ist die Vermeidung eines Wandfilmaufbaus im Brennraum. Dabei muss sowohl die Gemischaufbereitung als auch die Ladungsbewegung dahingehend optimiert werden, dass keine oder nur geringe Wandbenetzung mit Kraftstoff erfolgt.

9 Neue Ottomotoren 2

Dr.-Ing.P.Kreuter (Vortragender), **Dr.B.Gand**, **Dipl.-Ing.S.Wegner**, **Meta Motoren- und Energie-Technik GmbH**, Herzogenrath: „Der aufgeladene Ottomotor mit variabler Verdichtung: Wirkungen und Potenziale“:

Der Beitrag stellt als Konzept für den Ottomotor das Potential einer Kombination von Aufladung und variabler Verdichtung vor. Es wird je ein System zur stufenlosen und zur zweistufigen Verstellung des Verdichtungsverhältnisses vorgestellt. Mit diesen Systemen ist es möglich, das Verdichtungsverhältnis den unterschiedlichen Anforderungen im gesamten Betriebsbereich von Fahrzeugmotoren anzupassen. Im Beitrag wird speziell die Anwendung bei Ottomotoren und zwar insbesondere in Verbindung mit hoher Aufladung beschrieben. Es werden Ergebnisse sowohl vom Motorprüfstand als auch von umfangreichen Fahrzeuguntersuchungen vorgestellt und analysiert.

Die vorgestellten Systeme erlauben eine Variation der Verdichtung im Teillastbereich mit den günstigen Auswirkungen auf Wirkungsgrad, Emissionen und Laufruhe. Die Verkürzung des Zündverzugs und die höhere Brenngeschwindigkeit erlauben hohe Abgasrückführraten und damit eine Begrenzung der NO_x-Emissionen trotz Anhebung der Verdichtung. Ein Absenken der Verdichtung bei Volllast verringert die Klopfneigung. Im Kaltstart trägt die variable Verdichtung in Verbindung mit Spätzündung zu einer Anhebung der Abgastemperaturen und damit zu einer verkürzten Aufheizphase des Katalysators bei.

In Verbindung mit hoher Aufladung können somit hohe spezifische Mitteldrücke wirkungsgradoptimal dargestellt werden, ohne die thermischen oder mechanischen Belastungsgrenzen zu überschreiten. Die Systeme können deshalb gezielt und effektiv zum Downsizing genutzt werden.

T.Hirai (Vortragender), **C.Keisuke**, **NISSAN Motor Co., Ltd.**, Kanagawa, Japan: “Die neue Generation der klein- bis mittelgroßen vier-Zylinder Benzinmotoren von NISSAN”:

Zwei neue klein- bis mittelgroße 4-Zylinder Benzinmotoren wurden gemeinsam von Nissan und Renault entwickelt. Sie umfassen sowohl eine 1,5 bis 1,6-Liter Variante (HR-Motorreihe), wie auch eine 1,8 bis 2,0-Liter Variante (MR-Motorreihe). Sowohl die HR- wie auch die MR-Motorenreihe teilen sich viele technische Neuheiten und wurden für einen sehr niedrigen Benzinverbrauch ausgelegt, als auch für verbessertes Beschleunigungsverhalten bei alltäglichen Fahrbedingungen. Vor allem der Einsatz folgender neuer Technologien hat den Benzinverbrauch sowie den Drehmomentverlauf bei mittleren und niedrigen Drehzahlen unter normalen Fahrbedingungen wesentlich verbessert.

- Erhebliche Reduktion der mechanischen Reibungen durch eine neue Art der Spannung der Zylinderbohrungen, sowie eine weitere Verbesserung der Kurbelwelle und Nockenlager durch eine spiegelähnliche Oberflächenbehandlung.
- Verbesserung der thermischen Leistung durch Verstärkung des Gasflusses und der Kühlungsirksamkeit im und um den Verbrennungsraum.

Klassenbestes Gewicht und Kompaktheit wurden ebenso durch verschiedene verbesserte Technologien erreicht.

Diese zwei neuen Motoren, für die der Schwerpunkt vor allem auf eine Verbesserung der grundlegenden potentiellen Motorleistungen gelegt wurde, wie zum Beispiel der thermische Wirkungsgrad und die Reibung, werden eine Basis für weitere Innovationen sein, wie Direkteinspritzung, Turboaufladung, usw.

T.Nara (Vortragender), **T.Kusunoki**, **N.Sugita**, **Toyota Motor Corporation**, Aichi-ken, Japan; **E.Mishima**, **Daihatsu Motor Company LTD.**, Osaka, Japan: “Entwicklung eines neuen 3-Zylinder 1.0l Motors in Bezug auf Leichtbau und Benzinverbrauch”:

In Hinblick auf Reduktion der CO₂ Emissionen haben Toyota und Daihatsu den neuen 1KR-FE 3-Zylinder 1.0 Liter Benzinmotor entwickelt. Neben ausgezeichnetem Benzinverbrauch waren Schwerpunkte der Entwicklung hohe Leistung, geringes Gewicht und kompakte Außenabmessungen. Zusätzlich zur Verringerung der Zylinderzahl von 4 auf 3 tragen die Verwendung von dünnen Kolbenringen mit niedriger Ringspannung und eine neue Kolbenbeschichtung zur Reibungsreduktion bei. Das Ergebnis ist ein CO₂-Ausstoß von nur 109 g/km für den neuen Toyota Aygo. Durch Optimierung des Brennraumes und den Einsatz der variablen Ventilsteuerung VVT-i konnten eine Maximalleistung von 50kW und ein maximales Drehmoment von 93Nm erreicht werden. 85Nm sind bereits bei 2000 U/min verfügbar. Alle Komponenten des Luftansaugsystems sind aus Kunststoff, um das Motorgewicht zu senken und ein hohes Maß an Integration zu erreichen. Eine neu entwickelte GG-Zylinderlaufbuchse mit geringer Wandstärke erlaubt einen minimalen Zylinderwandabstand von nur 7 mm mit entsprechendem Einfluss auf die Kompaktheit des Motors. Um die Vibrationen gering zu halten, wurde das Gewicht der bewegten Teile optimiert, die Steifigkeit des Motorblocks erhöht und eine Pleuellwelle mit 3 Gegengewichten entwickelt. Motorlager in Kombination mit einer Drehmomentabstützung sind in Hinblick auf niedrige Leerlaufvibrationen entwickelt worden.

10 Verbrennung

Dipl.-Ing.O.Lang (Vortragender), **Dr.-Ing.K.Habermann**, **FEV Motorentechnik GmbH**, Aachen; **Prof.Dr.-Ing.S.Pischinger**, **Dipl.-Ing.F.Fricke**, **RWTH Aachen**: „Ottomotorisches Brennverfahren zum Einsatz zukünftiger Kraftstoffe“:

Der Beitrag beschreibt die Anforderungen und Potenziale heutiger und zukünftiger ottomotorischer Brennverfahren bezüglich der Kraftstoffe Benzin, Erdgas und Wasserstoff. Dabei werden zunächst die für die ottomotorische Verbrennung entscheidenden Kraftstoffspezifikationen vergleichend betrachtet. Diese werden an den durch das Brennverfahren definierten Anforderungen gespiegelt. Es werden die Potenziale zur Leistungsverlustkompensation, Wirkungsgradsteigerung sowie zur Emissionsminderung bei der Verwendung alternativer Kraftstoffe unter spezieller Berücksichtigung der kraftstoffspezifischen Eigenschaften diskutiert.

Während der kraftstoffbedingte Volllastnachteil mit Erdgas gegenüber Benzin durch eine geeignete Abstimmung auf unter 5 % reduziert werden kann, ergeben sich mit Wasserstoff bei Saugroheinblasung Volllasteinbußen von 25-30%. Diese Nachteile lassen sich durch Aufladung kompensieren, wofür sowohl Erdgas als auch Wasserstoff aufgrund ihrer Brenneigenschaften günstige Voraussetzungen bieten.

Bei Einsatz von Wasserstoff ermöglicht eine Qualitätsregelung in weiten Kennfeldbereichen Wirkungsgradvorteile gegenüber dem $\lambda=1$ -Betrieb von bis zu 30 %. Dabei ist die Verbrennung oberhalb eines Luftverhältnisses von 2 bis 2.5 nahezu NO_x -frei. Durch die Kombination von magerer Abstimmung und Aufladung konnten indizierte Mitteldrücke von 15 bar (spitzendruckbegrenzt) bei einem indizierten spezifischen Verbrauch von nahe 200 g/kWh und indizierten spezifischen NO_x -Emissionen von unter 0.5 g/kWh erzielt werden. Die Direkteinblasung wird zukünftig eine weitere Anhebung des Mitteldruckniveaus ermöglichen.

Die Ergebnisse auf Basis motorischer Untersuchungen zeigen die Darstellbarkeit von Brennverfahren auf, welche ohne oder mit nur geringfügigen Anpassungen die

verschiedenen Kraftstoffe bedienen können. Ein optimales „Flexfuel“-Konzept kann durch variable Verdichtung (VCR) erreicht werden.

Dr.P.Bartsch (Vortragender), **Dipl.-Ing.P.Gutmann**, **Dipl.-Ing.T.Kammerdiener**, **Dipl.-Ing.M.Weißbäck**, **AVL List GmbH**, Graz: „Der zukünftige PKW Diesel Motor – Emissionsabsenkung gepaart mit herausragenden Fahreigenschaften“

Die Herausforderung für den Pkw-Dieselmotor liegt in der Erfüllung strengster Gesetzgebungen, die ohne Verschlechterung seiner Wirtschaftlichkeit bei ansprechenden Fahrleistungen erreicht werden muss. Ohne weitere Absenkung der Rohemissionen wird für die Erfüllung zukünftiger Emissionsszenarien der Einsatz eines 4-Wegekats (CO, HC, Partikel, NO_x) unumgänglich sein. Bei signifikanter Reduktion der Rohemissionen z.B. durch alternative Brennverfahren mit zylinderdruckgeführter Verbrennungsregelung und/oder dem Einsatz optimierter Aufladesysteme wird für bestimmte Fahrzeug- / Motorkombinationen ein Abgasnachbehandlungskonzept bestehend aus Oxidationskatalysator und Partikelfilter ausreichen. Die zur Emissionsreduktion erforderliche Ladungskonditionierung und Gemischhomogenisierung erfolgt über das geometrische Verdichtungsverhältnis, das Auflade- und AGR System und die Einspritzung. Die Motorsteuerung sollte für die alternative Verbrennung um zumindest ein Verbrennungssignal erweitert werden.

Dr.-Ing.L.Ruhkamp (Vortragender), **Dr.-Ing.M.Krüger**, **FEV Motorentechnik GmbH**, Aachen; **Dipl.-Ing.S.Schönfeld**, **RWTH Aachen**: „Maßnahmen zur weiteren Senkung der Rohemissionen von Nfz-Dieselmotoren“:

Im Rahmen dieses Beitrages konnte gezeigt werden, dass die Reduktion der Sauerstoffkonzentration der Ansaugluft mittels Abgasrückführung für die Stickoxidminderung die dominierende Rolle spielt. Insbesondere bei sehr niedrigen Stickoxidrohmissionswerten können weitere Maßnahmen hinsichtlich der NO_x-Minderung nahezu vernachlässigt werden. Allerdings lassen sich mit Blick auf die übrigen Emissionen und den Kraftstoffverbrauch dennoch einige positive Einflussfaktoren finden. Auf der Luftseite ist hier vor allem die Ladungsdichte zu nennen, wobei es gleich ist ob diese über die Temperatur oder den Ladedruck

angehoben wird. In beiden Fällen zeigt sich ein sehr positiver Einfluss sowohl auf die Partikelemission als auch den Kraftstoffverbrauch. Insbesondere für den Fall der Ladedruckanhebung ist es außerordentlich wichtig, dass sowohl das Brennverfahren als auch das Luftsystem des Motors sehr sorgfältig abgestimmt werden müssen. Das gilt auch für den Luftparameter Drall, der, falls im Zusammenhang mit dem Brennverfahren richtig abgestimmt, ebenfalls einen positiven Einfluss auf den Verbrauch und die Partikelemission hat. Einen weiteren wichtigen Pfad zur effizienten Emissionsminderung bei geringsten Sauerstoffkonzentrationen der Ansaugluft stellt die Hydraulik bzw. das Einspritzsystem dar. Positive Effekte auf den Verbrauch und die Partikelemission sind vor allem bei einer Frühverstellung des Einspritzzeitpunktes und einer Anhebung des Einspritzdruckes zu verzeichnen. Eine wichtige Rolle spielt auch der Einspritzverlauf. Zunächst einmal ist ein rampenförmiger Einspritzverlauf sowohl hinsichtlich Emissionsverhalten als auch im Hinblick auf den Verbrauch als vorteilhaft anzusehen. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass sich eine geteilte Haupteinspritzung auch bei niedrigsten NO_x -Emissionen als äußerst positiv für das Partikelemissionsverhalten des Motors erweist. Besonderes Augenmerk verdienen Maßnahmen auf Seiten der Einspritzsysteme, die im weitesten Sinn eine Homogenisierung des Kraftstoff-Gasgemisches ermöglichen. Diese Maßnahme stellte im Rahmen der hier untersuchten Einflussparameter die einzige Möglichkeit dar, auch bei extrem niedrigen Sauerstoffkonzentrationen der Ansaugluft noch einen weiteren positiven Effekt auf die NO_x -Emission zu erzielen. In Zusammenhang mit dem exzellenten Verbrauchsverhalten ergibt sich somit eine sehr interessante Möglichkeit der effizienten Emissionsreduktion. Hauptproblem dieser Maßnahme besteht darin, die Homogenisierung des Kraftstoff-Gasgemisches in einem möglichst weiten Kennfeldbereich zu verwirklichen.

11 Neue Dieselmotoren 2

Dr.H.Sorger (Vortragender), **Dr.W.Schöffmann**, **Dipl.-Ing.F.Zieher**, **Dipl.-Ing.U.Sauerwein**, **Dipl.-Ing.F.Schweinzer**, **Dr.P.Herzog**, **AVL List GmbH**, Graz:

„Der AVL Genios LE – Ein 3-Zylinder Magnesium Leichtbau Dieselmotor als Teil einer Motorenfamilie für Hybrid- und Hochleistungsantriebskonzepte“:

Maßgeblicher Treiber für die aktuellen Entwicklungen ist die ständige Steigerung der Leistungsdichte der Aggregate, der jedoch durch die verschärften Abgasgesetzgebungen enger werdende Grenzen gesetzt sind. Die Gewichtsreduktion ist deshalb ein Hauptziel, um den Kraftstoffverbrauch eines PKW zu senken.

Im vorliegenden Beitrag werden die die Modularität treibenden Konstruktionsprinzipien einer Leichtbau-Motorfamilie herausgearbeitet, deren Grenzen kosten- und technologieeitig abgesteckt werden. Die ausgeführten Leichtbau-Verbundkonzepte zeigen die technische Einsatzmöglichkeit für Hochleistungsottomotoren, Dieselmotoren mit höchsten Leistungsdichten für Reihen- und V-Ausführung sowie für Hybridanwendungen für unterschiedliche Zylinderzahlen und Hubraumstaffellungen.

Für den Konzeptnachweis wurde als Technologieträger ein aufgeladener 3-Zylinder-Dieselmotor gewählt, der in Aluminiumverbundbauweise auf einen maximalen Zünddruck von 180 bar und in Magnesiumverbundbauweise auf einen maximalen Zünddruck von 150 bar ausgelegt wurde.

Die Detailausführung und Systemoptimierung des Kurbelgehäuses wird am Beispiel des AVL Genios LE beschrieben, eines 3-Zylinder Magnesium Leichtbau Dieselmotors, der Teil dieser Motorenfamilie ist und im Hinblick auf geringstmöglichen Verbrauch entwickelt wurde. In Kombination mit einer Mild-Hybrid Ausführung dient er als Antriebsquelle für das AVL Fahrzeug ECO-TARGET™.

M.Suzuki (Vortragender), **N.Tsuzuki**, **Y.Teramachi**, **Toyota Motor Corporation**, Aichi-ken, Japan: „Der Neue Toyota 4-Zylinder Diesel Direkteinspritzmotor – das Toyota D-4D Clean Power Konzept“:

Umweltschutz erfordert globale Anstrengungen, wobei der Schwerpunkt im automobilen Bereich auf geringen Abgasen und niedrigen CO₂ Emissionen liegt. Gleichzeitig wird von einem leistungsstarken Motor erwartet, hohen Fahrspaß zu bieten. Mit diesem Hintergrund hat Toyota einen neuen 2.2 Liter Common Rail Dieselmotor in 2 Varianten 2AD-FTV und 2AD-FHV entwickelt.

Im 2AD-FTV werden ein Aluminium-Zylinderblock, eine Ausgleichswelle, Rollenschlepphebel sowie magnetgesteuerte Einspritzventile eingesetzt. Im Vergleich zum Vorgängermotor wurde die Leistung gesteigert und das Gewicht reduziert.

Zusätzlich kommen im 2AD-FHV weitere zukunftsorientierte Technologien zum Einsatz. Diese beinhalten unter anderem niedriges Verdichtungsverhältnis, ein piezogesteuertes Einspritzsystem mit hohem Einspritzdruck (180MPa), DPNR-Technologie, einen schaltbaren AGR-Kühler usw.

Durch diese Technologien wird eine drastische Absenkung der Stickoxid-Abgase weit unter den Grenzwert der EU4 Richtlinie erreicht, während maximale Leistung und Drehmoment im Spitzenfeld der 1.9-2.2 Liter Hubraumklasse liegen. Produktion und Markteinführung dieses Motors werden im Jahr 2005 beginnen.

Dr.-Ing.H.Endres, Dr.-Ing.J.Hadler (Vortragender), **Dipl.-Ing.H.-J.Engler, Dipl.-Ing.R.Dorenkamp, Dipl.-Ing.H.Jelden, Dipl.-Ing.H.Stehr, Volkswagen AG**, Wolfsburg: „Der neue 125 kW-4-Zylinder-Dieselmotor mit Piezo-Pumpe-Düse von Volkswagen“:

Zweieinhalb Jahre nach dem Serienstart des ersten Vierventil-TDI-Motors mit Pumpe-Düse und 103 kW Leistung folgt nun eine leistungsgesteigerte Ausführung mit 125 kW. Der neue Vierzylinder mit 2,0l Hubraum zeichnet sich unter anderem durch sein neues Piezo-Pumpe-Düse-Hochdruck-Einspritzsystem, ein Ausgleichswellenmodul sowie einen motornahen, wartungsfreien Dieselpartikelfilter aus. Die neue Piezo-Pumpe-Düse ermöglicht mit bis zu 2.200 bar Einspritzdruck eine deutliche Steigerung der Motorleistung bei gleichzeitig verminderten Schadstoffemissionen. Darüber hinaus wurde eine nochmalige Verringerung des spezifischen Verbrauches durch einen besseren Wirkungsgrad der Einspritzung möglich. Eine wesentliche Verbesserung ist mit der Reduzierung des Einspritzgeräusches und damit des Leerlauf-Außengeräusches mit Hilfe der Piezo-

Technik gelungen. Zahlreiche weitere Neuerungen dieses Motors, wie ein weiterentwickelter Steuertrieb, ein neues Keramik-Glühsystem oder eine verbesserte Ölabscheidung erhöhen nochmals den Kundennutzen und die Abgasqualität. Der Ersteinsatz erfolgt im neuen Volkswagen Passat als quer eingebauter Motor. Zeitnah sind Folgeeinsätze in der Golf-Plattform sowie als Längsmotor in den Audi-Modellen der B-Klasse vorgesehen. Mit einer spezifischen Motorleistung von 63,5 kW/l markiert der neue TDI den Spitzenwert bei 4-Zylinder-Motoren im Wettbewerbsumfeld. Zusätzlich zu den daraus resultierenden, hervorragenden Fahrleistungen wird dem Kunden ein extrem niedriger Verbrauch, bestmöglicher Umweltschutz sowie ein erheblich verbesserter Geräusch- und Schwingungskomfort geboten.

12 Getriebe / Akustik

Dipl.-Ing.K.-H.Bauer (Vortragender), **Dr.-Ing.J.Heinrich**, **Dr.-Ing.F.Günter**, **BorgWarner Drivetrain Engineering GmbH**, Ketsch: „Kraftstoffesparpotentiale durch Doppelkupplungsgetriebe“:

In den Vereinigten Staaten und Japan hat die Marktdurchdringung automatischer Getriebe für PKW einen wesentlich höheren Wert erreicht, als dies bis heute in Europa der Fall ist. Neben den erhöhten Anschaffungskosten waren die beim Automatikgetriebe höheren Kraftstoffverbrauchswerte im kundenrelevanten Betrieb bislang die Hauptursache für die geringere Marktakzeptanz in Europa.

Mit der serienmäßigen Einführung des Doppelkupplungsgetriebes ist es erstmals gelungen, ein Automatikgetriebe darzustellen, mit dem eine Reduzierung des Verbrauchs im praktischen Fahrbetrieb auch gegenüber dem manuellen Getriebe möglich ist. Hauptursache sind die im Vergleich zu anderen Getriebekonzepten deutlich geringeren Schleppverluste in den Kupplungssystemen.

Im Vortrag wurden systembedingte Leistungsverluste verschiedener Getriebekonzepte betrachtet und ihre Auswirkungen auf den Kraftstoffverbrauch analysiert.

Mit Hilfe von Fahrzeug- und Prüfstanduntersuchungen sowie auf umfassenden Prüfdaten gestützten Systemsimulationen wurden die wirkungsgradspezifischen Vorteile des Doppelkupplungsgetriebes dargestellt.

Weitere Potenziale zur Wirkungsgradverbesserung von Doppelkupplungsgetrieben wurden anhand von ausgeführten Systemlösungen sowie verschiedenen Ideen aus der BorgWarner Vorausentwicklung aufgezeigt.

Aus der Betrachtung des Motor-Getriebe-Fahrzeugverbundes als Gesamtheit werden kundenrelevante Aussagen zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauches getroffen.

Dipl.-Ing.J.Kiesel (Vortragender), **Dr.-Ing.J.Greiner**, **Dr.-Ing.A.Veil**, **Dipl.-Ing.J.Strenkert**, **DaimlerChrysler AG**, Stuttgart: „Das neue CVT-Getriebe AUTOTRONIC von Mercedes Benz“:

Das neue CVT-Getriebe AUTOTRONIC wurde von Mercedes Benz speziell für den Triebstrang des A- Klasse Nachfolgemodells entwickelt. Damit setzt Mercedes Benz besonders bei den Themen Komfort und Verbrauch neue Maßstäbe in der Klasse der Kompaktwagen.

Die weiteren Entwicklungsschwerpunkte waren „höhere Leistung, höheres Drehmoment, mehr Fahrfreude bei kompaktesten Abmessungen“. Im Vergleich zum Vorgängermodell steigen die Antriebsleistungen der Otto- und Dieselmotoren um bis zu 38 Prozent, die maximalen Drehmomente um bis zu 46 Prozent.

Die neue innovative AUTOTRONIC ist ein riemengetriebenes CVT „Continuously Variable Transmission“, das unter Last mittels Kegelscheibenvariator und Schubgliederband stufenlos die Übersetzung einstellt.

Der überragende Spreizungsbereich, der höhere Gesamtwirkungsgrad des Motor-Getriebe-Verbandes und die von Mercedes Benz neu entwickelte Fahrstrategie führen zu einer deutlichen Verbesserung in den Disziplinen Fahr- und Geräuschkomfort, Ansprech- und Beschleunigungsverhalten sowie Verbrauch- und Abgasverhalten.

Dr.G.Heinz (Vortragender), **Dipl.-Ing.G.Heilmann GFal e.V.Berlin (Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik)**; **Dr.H.Schulze, Dipl.-Ing.S.Brusius, Dipl.-Ing.W.Krechberger, Dipl.-Ing.G.Schumann, DaimlerChrysler AG**, Stuttgart: „Einsatz einer akustischen Kamera zur NVH-Optimierung von Motor und Triebstrang“:

Die akustische Optimierung von Motor und Antriebsstrang ist zeitintensiv, sie erfordert von den Akustikingenieuren viel Erfahrung und handwerkliches Geschick. Eine große Herausforderung besteht in der Vermittlung dieser Ergebnisse an Mitarbeiter anderer Bereiche, wie Konstruktion und Versuch, sowie an Entscheidungsträger und Zulieferer. Hierzu sind Tools zur Analyse als auch zur optischen Darstellung von akustischen Ereignissen gefragt. DaimlerChrysler setzt unter anderem seit 2003 die akustische Kamera im Bereich NVH für Motor und Triebstrang ein. Im Vortrag werden erste Anwendungserfahrungen anhand von praktischen Beispielen vermittelt. Vor- und Nachteile, Möglichkeiten und Grenzen dieser neuen Technik werden diskutiert. Einleitend wird die Historie der akustischen Bildgebung bei Daimler und bei GFal gestreift.

13 Aufladung Otto-DI

Dr.-Ing.M.Klüting, Dipl.-Ing.S.Missy, Dr.-Ing.C.Schwarz (Vortragender), **BMW Group**, München: „Potenziale des strahlgeführten Benzin-DI-Brennverfahrens in Verbindung mit Aufladung“:

Mit dem strahlgeführten BMW DI-Brennverfahren können die Potenziale der veränderten Stoffwerte und der veränderten Prozessführung einer mageren, geschichteten Verbrennung weitestgehend umgesetzt werden. Mit einem Leistungspotenzial von deutlich über 60 kW/dm³ und einer Verbrauchsreduzierung von über 20 % gegenüber einem konventionellen Ottomotor können signifikante kundenwerte Vorteile erreicht werden.

Mit diesem DI-Brennverfahren wird aber auch eine neue ottomotorische Basistechnologie geschaffen, die weitere Potenzialfelder des Ottomotors erschließt. Diese DI-Technologie in Kombination mit einer innovativen Aufladetechnologie und

Doppel-VANOS ermöglicht es, die Leistungsentfaltung und das Verbrauchsverhalten von Ottomotoren neu zu definieren und die ottomotorischen Tugenden eines großen Drehzahlbandes und einer hohen Spontaneität zu bewahren.

In diesem Beitrag werden Konzeptuntersuchungen mit dem BMW DI-Brennverfahren beschrieben und Konzeptanalysen der Kombination dieses Brennverfahrens mit innovativen Aufladeverfahren vorgestellt.

Dipl.-Ing.P.Lückert (Vortragender), Dipl.-Ing.J.Frey, Dipl.-Ing.R.Kemmler, Dipl.-Ing.U.Schaupp, Dipl.-Ing.G.Vent, Dipl.-Ing.A.Waltner, DaimlerChrysler AG, Stuttgart: „Kunden- und zukunftsorientierte Technologien am Ottomotor – heute und morgen“:

Der Entwicklungsschwerpunkt des Ottomotors mit seinen hervorragenden Komfort- und Emissionseigenschaften, seiner hohen Leistung und seinen günstigen Kosten liegt in der weiteren Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs.

Ebenfalls durch den Einsatz einer leistungsfähigen Direkteinspritzung bzw. in der Kombination mit der Aufladung kann die Attraktivität des Ottomotors bezüglich einer Verbrauchsreduzierung bei gleichzeitig gesteigerten Leistungs- und Drehmoment-Verhalten nachhaltig gesteigert werden.

Neben der Weiterentwicklung des bei Mercedes-Benz bereits seit 2002 mit dem Kompressor am 4-Zylinder erfolgreich am Markt befindlichen Downsizing-Konzepts in Verbindung mit der Direkteinspritzung der ersten Generation bietet die strahlgeführte Direkteinspritzung der zweiten Generation durch Einsatz leistungsfähiger Einspritzkomponenten die Möglichkeit, das Brennverfahren entscheidend zu verbessern und damit auf Basis eines verbesserten Schichtbetriebs bereits als Einzeltechnologie einen deutlich gesteigerten und erlebbaren Verbrauchsvorteil darzustellen.

Hierbei liegen die Herausforderungen in der Entwicklung eines leistungsfähigen Abgasnachbehandlungssystems für den Magerbetrieb.

In der Kombination mit einer Aufladung können weitere Verbrauchspotenziale bei nachhaltiger Steigerung der Fahrleistungsperformance dargestellt werden.

Neben diesen innermotorischen Entwicklungsaktivitäten wird auch kurz auf die Potenziale alternativer Kraftstoffe eingegangen.

Dr.G.K.Fraidl (Vortragender), **Dr.P.Kapus**, **Dr.W.Piock**, **AVL List GmbH**, Graz:
„Otto-Direkteinspritzung mit Aufladung – Die Konkurrenz zu dieselmotorischen Antrieben?“

Die Kombination Direkteinspritzung und Abgasturboaufladung ist nicht nur die Grundlage für den Erfolg des Dieselmotors, sondern bildet auch beim Ottomotor die Basis für effiziente Verbrauchskonzepte mit hohem Kundennutzen. Selbst bei Beschränkung auf erprobte Technologien - homogene Direkteinspritzung, Doppelphasenschieber und einflutigen Abgasturbolader mit fixer Geometrie - wurde ein kostengünstiges Verbrauchskonzept dargestellt, das bei besseren Fahrleistungen und deutlich niedrigeren Herstellkosten ähnliche CO₂-Emissionen wie der Dieselmotor aufweist .

Neben der durch Doppelphasenschieber, hohe Ladungsbewegung und Direkteinspritzung möglichen Wirkungsgradverbesserung stellt insbesondere eine signifikante Betriebspunktverlagerung zu hohen Motorlasten die Basis zur Verbrauchsreduzierung nicht nur im NEFZ-Test, sondern auch im Kundenfahrverbrauch dar. Dabei weist die Kombination einer deutlich verlängerten Antriebsübersetzung mit nur moderatem Downsizing den günstigsten Trade-Off zwischen Kraftstoffverbrauch und Fahrdynamik, insbesondere Anfahrverhalten, auf. Für die Akzeptanz langer Antriebsübersetzungen wurde nicht nur das stationäre und dynamische Drehmomentverhalten bei niedrigen Drehzahlen signifikant verbessert, sondern auch die Leistungscharakteristik hin zu niedriger Nenndrehzahl (4300 U/min) und Konstantleistung über einen breiten Drehzahlbereich angepasst.

Durch die Lastpunktverschiebung gewinnt eine Wirkungsgradverbesserung im oberen Lastbereich entscheidend an Bedeutung. Während hier bekannte ottomotorische Verbrauchstechnologien kaum Vorteile aufweisen, sind in Verbindung mit dem gewählten Grundkonzept mit einer vergleichbar einfachen externen, gekühlten Abgasrückführung zusätzliche Verbrauchsverbesserungen von bis zu 4% bei hohen Lasten möglich.

Das vorgestellte Verbrauchskonzept stellt ganz bewusst nicht das mit maximalem Technologieeinsatz und hohen Kosten mögliche Verbrauchspotential des Ottomotors

dar, sondern fokussiert sich auf die Darstellung eines Volumenmotors mit höchster Kosteneffizienz, der hinsichtlich CO₂-Emission und Fahrvergnügen eine echte und vor allem deutlich kostengünstigere Alternative zum Dieselmotor darstellt.

14 Akustik

Dipl.-Ing.A.Enderich (Vortragender), **Dipl.-Ing.K.Brodesser**, **Dipl.-Ing.L.Fröhlich**, **Dipl.-Ing.S.Bender**, **MAHLE Filtersysteme GmbH**, Stuttgart: „Sound-Engineering an aufgeladenen Motoren“:

Aufgeladene Motoren weisen konzeptbedingt eine höhere Dämpfung des Mündungsschalls durch ihr Ansaugsystem auf. Ladeluftkühler, Verdichter und lange Rohrführung bedingen diese hohe Schallpegelreduktion. Im Mündungspegel sind aufgrund dieser zusätzlichen Dämpfung die charakteristischen Motorordnungen im Vergleich zum Saugmotor wesentlich geringer ausgeprägt. Zudem ist im Mündungspegel aufgrund der Dämpfungseigenschaften der Komponenten in der Ansaugluftführung die Last- und Drehzahlabhängigkeit nur noch schwach ausgeprägt. Beides ist der Soundqualität solcher Motoren stark abträglich. Die Performance der Motoren kann nicht in ein akustisches Feedback umgewandelt werden. Eine Verkleinerung des Dämpfungselementes Luftfilter reicht nicht aus, um den Motoren ihren Klangcharakter zurückzugeben. MAHLE hat daher ein Motor-Sound-System entwickelt, das auch bei aufgeladenen Motoren eingesetzt werden kann. Es wird durch einen Abzweig an der Druckleitung zwischen Saugrohr und Ladeluftkühler realisiert. Der Abzweig führt in ein Resonanzvolumen mit Membran. Die Membran wurde speziell für die Überdruckerforderung gestaltet. Durch Variation der Leitungslänge und -durchmesser, des Resonanzvolumens, sowie durch Variation der Membran kann der übertragene Sound modifiziert werden. So wird es möglich einen bestimmten Innenraumsound zu gestalten. Es ist beeindruckend, wie die emotionale Komponente eines Fahrzeuges mit einem solchen Motor-Sound-System gesteigert werden kann und sich durch den Hörgenuss auch ein höherer Fahrspaß ergibt.

Dr.-Ing.W.Wenzel (Vortragender), **Dipl.-Ing.M.Alex**, **MANN+HUMMEL GmbH**, Ludwigsburg: „Symposer – Sound Design für Fahrzeuge mit aufgeladenen Motoren“:

Während bei der Fahrzeugakustik in der Vergangenheit im Wesentlichen die Geräuschreduzierung im Vordergrund stand, bietet sie heute mehr und mehr eine subjektiv erlebbare Möglichkeit der Differenzierung in einem sonst technisch relativ ausgeglichenen Wettbewerb. Insbesondere bei sportlichen Fahrzeugen erwartet der Fahrer ein der Fahrdynamik entsprechendes akustisches Signal, das den Charakter des Fahrzeugs entsprechend verstärkt.

In Bezug auf eine Soundgestaltung für das Innengeräusch bietet das Ansaugsystem Bedingungen und Freiheiten, die diesen Bereich für die Applikation eines Soundsystems zur Beeinflussung des Innengeräusches attraktiv machen. Bei Turbomotoren geht durch die dämpfende Eigenschaft von Ladeluftkühlern und Verdichtern im Ansaugsystem die typische - durch die Ansaugpulsation erzeugte - Geräuschcharakteristik im Niederdruckbereich und somit auch im Mündungsgeräusch verloren. Diesem Problem begegnen spezielle Soundsysteme mit der Funktion, gezielt Schallanteile der im Hochdruckbereich vorhandenen Ansaugpulsation in den Fahrgastinnenraum zu übertragen. Der Symposer als Schallübertrager wurde in Kooperation mit dem Hause DaimlerChrysler entwickelt, um genau diese Anforderung zu erfüllen.

Prof.Dr.U.Bernhard (Vortragender), **Adam Opel AG**, Rüsselsheim; **Dr.N.Alt**, **FEV Motorentchnik GmbH**, Aachen: „Objektivierung subjektiver akustischer Phänomene“:

Antriebsaggregate und ihre Nebenaggregate zeigen sehr häufig subjektiv störende Einzelgeräuschanteile, die in ihrer Ausprägung den positiven Eindruck des Kunden wie "leises, angenehmes und harmonisches Klangbild" zerstören können.

Eine erste wesentliche Basis zur Vermeidung solcher störender Geräuschphänomene ist ein gemeinsamer, eindeutiger und standardisierter Sprachgebrauch sowie eine Katalogisierung dieser Phänomene durch

Zusammenfassung in Geräuschgruppen oder Geräuschfamilien, wobei subjektive Kriterien mit objektiven Analysewerten verknüpft werden. Hierfür wurde durch das FVV-Vorhaben "Beurteilung und Katalogisierung von Störgeräuschen bei Verbrennungsmotoren" eine gute Basis geschaffen.

Ein nächster Schritt ist die Berechnung subjektiv empfundener Lästigkeit auf Basis gemessener oder berechneter Zeitverläufe akustischer Signale. Gelingt dies, ist man bereits in der Auslegungsphase der Entwicklung in der Lage, eine Störgeräuschbewertung vorzunehmen, entsprechend korrigierend einzugreifen und damit die Entstehung zu vermeiden.

In einem gemeinsamen Projekt der Adam Opel AG und der FEV Motorentechnik wurden für ein charakteristisches Geräusch moderner Verbrennungsmotoren sowohl subjektive Bewertungen in einem Beurteilungsteam vorgenommen als auch eine mathematische Beschreibung entwickelt, die diese subjektive Bewertung wiedergibt. Durch Anwendung auf einen weiteren Geräuschtyp der gleichen Geräuschfamilie konnte das Ergebnis anschließend verifiziert werden.

Hiermit wurde der Nachweis erbracht, dass die Objektivierung subjektiver akustischer Phänomene auf Basis von Zeitdaten grundsätzlich möglich ist.

15 Plenar-Schlusssektion: Die Zukunft der Mobilität

Dr.-Ing.T.Weber, Mitglied des Vorstandes, **Mercedes Car Group, DaimlerChrysler AG**, Stuttgart, **Bild 11**, „Mit kundenorientierten Innovationen auf dem Weg zu nachhaltiger Mobilität“:



Bild 11: Dr. Thomas Weber,
DaimlerChrysler AG

DaimlerChrysler ist als globales Unternehmen in vielen Regionen der Welt ein Motor für wirtschaftliche Prosperität. Mit der Entwicklung, Produktion und dem Vertrieb von Automobilen trägt DaimlerChrysler dazu bei, individuelle Mobilität nachhaltig zu gestalten. Der Anspruch von DaimlerChrysler ist, auch in Zukunft die Interessen von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt in Einklang zu bringen.

Erster Schritt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Mobilität ist die kontinuierliche Optimierung des klassischen Verbrennungsmotors, dessen Potenzial noch lange nicht ausgeschöpft ist. Technologisch hoch entwickelte Motoren verlangen nach qualitativ hochwertigen Kraftstoffen. Verbesserte sowie neue synthetische Kraftstoffe sind daher weitere Elemente. Und schließlich wird intensiv an alternativen Antriebskonzepten gearbeitet. Die Hybridtechnologie wird dabei als ein wichtiger Zwischenschritt auf dem Weg zum Brennstoffzellen-Abtrieb betrachtet, dem langfristig die Zukunft gehören wird.

Auf dem Weg zu nachhaltiger Mobilität verfolgt DaimlerChrysler eine langfristige Strategie.

M.Takimoto, Senior Managing Director, **Toyota Motor Corporation**, Aichi-Pref., Japan, **Bild 12**, „Toyota´s Ansatz für nachhaltige Mobilität“:

Toyota's Vision, wie nachhaltige Mobilität umzusetzen ist, lässt sich in 2 Worten ausdrücken: "Zeronise & Maximise". Zeronise bedeutet das Ziel, die negativen Auswirkungen der Automobile durch Umwelteinflüsse, Verkehrsunfälle und Staus



Bild 12: Masatami Takimoto, Toyota Motor Corporation

gegen Null zu reduzieren, während Maximise das Ziel darstellt, den emotionalen Wert einschließlich Komfort und Fahrspaß weitestmöglich zu steigern. Toyota's Entwicklungen in der Fahrzeugtechnologie streben danach, beide Ziele gleichzeitig zu erreichen. Die Technologieentwicklung von Benzin- und Dieselfahrzeugen, die auch in der absehbaren Zukunft die Mehrzahl der Antriebe darstellen werden, hat sich auf Steigerung der Motorleistung, Emissionssenkung sowie Reduzierung des Kraftstoffverbrauches und der CO₂-Emissionen konzentriert. Verschiedene Technologien wie variable Ventilsteuerung (VVT-i), Benzindirekteinspritzung (D-4), Clean Diesel Systeme (Toyota D-Cat) u.s.w. sind in der Serie eingeführt worden. Insbesondere die Hybridtechnologie zeichnet sich als Schlüsseltechnologie ab, um niedrigen Kraftstoffverbrauch und damit niedrige CO₂-Emissionen zugleich mit niedrigsten Abgasemissionen darstellen zu können. Mit der Realisierung von Fahrspaß zugleich mit höchster Umweltfreundlichkeit kann das Toyota Hybrid System-II (THS-II), eingesetzt in der zweiten Generation des Toyota Prius, als beispielhafte Umsetzung des Zeronise & Maximise Konzeptes gelten. Oft wird das Brennstoffzellenhybridfahrzeug als ultimatives Öko-Fahrzeug angesehen, jedoch sind vor der praktischen Umsetzung noch viele Probleme zu lösen - einschließlich der flächendeckenden Produktion und Verteilung von Wasserstoff. Um nachhaltige Mobilität zu erreichen, müssen Automobilhersteller einen proaktiven Ansatz wählen statt des Reaktiven wie in der Vergangenheit. Proaktivität ist der Grundsatz des Toyota Prinzips "Today for Tomorrow".

Prof.Dr.M.Winterkorn, Vorsitzender des Vorstands, **Audi AG**, Ingolstadt, **Bild 13**, „Individuelle Kundenwünsche in einem globalen Markt – Chance und Herausforderung“:

Audi reagiert auf die globalen Anforderungen mit einer gezielten Derivatisierung. So können die individuellen Kundenwünsche optimal erfüllt werden, die auf den 3 großen Märkten – USA, Europa, Asien – stark differenziert sind.

Das Design spielt im internationalen Wettbewerb der Automobilkonzerne eine entscheidende Rolle. Audi hat in der Vergangenheit Schwerpunkte bei der Designentwicklung gesetzt und wird dies weiterhin tun. Die Entscheidung, ob ein Auto gefällt oder nicht, wird meist innerhalb einer Sekunde getroffen. Ein elementarer Wirtschaftsfaktor im Wettbewerb!

Da die Reduktion von Emissionen und Verbrauch weltweit an Bedeutung gewinnt, verfolgt Audi parallel drei Strategien, die dieser Anforderung gerecht werden. Zum Ersten wird die Entwicklung alternativer Antriebskonzepte vorangetrieben.

Zum Zweiten wird die erfolgreiche TDI-Technik fortgeführt, weiter verbessert und in neuen Märkten eingeführt. Und zum dritten werden auch beim Ottomotor innovative Kombinationen von Direkteinspritzung und Aufladung als zukünftige Kerntechnologien etabliert. So werden von Audi mit dem TFSI-Konzept auf globaler Ebene sowohl die vielfältigen Kundenwünsche als auch strengste gesetzliche Auflagen erfüllt.

Mit der TFSI-Technologie macht Audi auch bei den Ottomotoren den logischen Schritt zu einer leistungsstarken und verbrauchoptimierten Motorengeneration – und sichert so langfristig den Vorsprung durch Technik.

Mit der Einladung zum 27. Internationalen Wiener Motorensymposium 2006, am 27.-28. April 2006, beendet Prof. Lenz die Tagung, **Bild 14**.

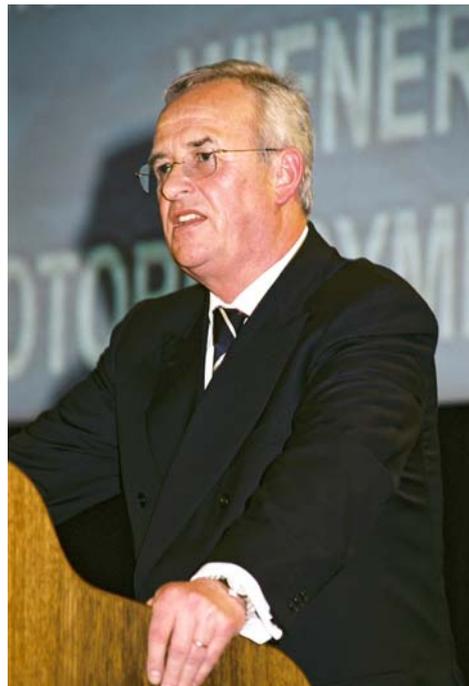


Bild 13: Prof.Dr. Martin Winterkorn, Audi AG



Bild 14: Zufriedene Gesichter am Ende der Tagung

Tagungsband

Die Vorträge des 26. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschritts-Berichten, Reihe 12, Nr. 595, Bd. 1 und Bd. 2 (einschließlich CD) nebst Zusatzheften enthalten. Die Unterlagen sind beim Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) erhältlich.

Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)

Elisabethstraße 26

A-1010 Wien

Tel. +43/1/585 27 41-0

Fax. +43/1/585 27 41-99

Email. info@oevk.at

Homepage: www.oevk.at

Einladung

Das **27. Internationale Wiener Motorensymposium** findet am **27. und 28. April 2006** im **Kongresszentrum Hofburg Wien** statt, wozu schon heute herzlich eingeladen wird. Rechtzeitige Anmeldung nach Programmbekanntgabe im Internet Ende Dezember 2005 wird dringend empfohlen:

Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)

Elisabethstraße 26

A-1010 Wien

Tel. +43/1/585 27 41-0

Fax. +43/1/585 27 41-99

Email. info@oevk.at

Homepage: www.oevk.at