

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

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

**25. Internationales
Wiener Motoren-
symposium**

am 29. und 30. April 2004

**25th International
Vienna Motor
Symposium**

April 29 and 30, 2004

Von/By Hans Peter Lenz

Sonderdruck/Offprint

aus/from MTZ Motortechnische Zeitschrift 65 (2004) Heft/Vol. 9 · Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Wiesbaden

25. Internationales Wiener Motorensymposium am 29. und 30. April 2004

Das diesjährige Internationale Wiener Motorensymposium war wie jedes Jahr wieder ein herausragendes Ereignis für die Spitzeningenieure der Motorenentwicklung aus aller Welt. Sie präsentierten ihre neuesten Entwicklungsergebnisse und gaben Ausblicke auf die zukünftigen Trends. Der vorliegende Bericht stellt die Vorträge der einzelnen Sektionen mit ihren wichtigsten Aussagen vor. Alle Vorträge und Diskussionen wurden ins Englische beziehungsweise ins Deutsche übersetzt.

Der Autor



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



1 Einleitung

Das Jubiläum des 25. Internationalen Wiener Motorensymposiums fiel mit einem großartigen Ereignis zusammen: dem Beitritt zehn weiterer Länder zur Europäischen Union – für Österreich von besonderer historischer Bedeutung, wie **Prof. Dr. H. P. Lenz, Bild 1**, Leiter des Symposiums, ausführte, weil sich Tschechien, die Slowakei, Ungarn, Slowenien und Teile von Polen bereits vor 1918 in einem Staatsverbund mit Österreich befanden – geleitet aus der Hofburg, dem heutigen Konferenzzentrum. Nunmehr bilden diese und insgesamt 25 Länder das moderne Europa – eine besondere Herausforderung für Automobilingenieure aus den alten EU-Ländern insofern, als nur mit Spitzenleistungen die hohen Arbeitskosten kompensiert werden können.

Das gilt auch für Österreich als ein Land, das seit den ersten Anfängen des Automobils maßgeblich an dessen Entwicklung beteiligt war und das in den letzten Jahrzehnten zu einem echten „Autoland“ in Entwicklung und Produktion mit einer Exportquote von über 80 % wurde: AVL, BMW Austria, Magna, MAN Austria, Miba, Opel Austria gehören zu den herausragenden Unternehmen.

Prof. Lenz dankte den Sponsoren, die wieder etwa 30 Studierenden die Teilnahme ermöglicht hatten, und führte aus: „Die heutigen Studierenden, unsere Kollegen von morgen, sollen möglichst früh mit uns auf diesem Wege in Kontakt kommen, sodass ein gegenseitiges Kennenlernen möglich wird.“ Der besondere Dank von Prof. Lenz galt den Vortragenden, durch deren Einsatz und Mühe – von der Vorbereitung der Vorträge bis zur Präsentation – die Tagung erst zustande kommen kann. Er stellte außerdem fest, dass die Klage, dass an Universitäten nicht immer der letzte Stand des Wissens gelehrt würde, für das Gebiet der Motorentechnik nicht gilt, wie an der großen Zahl der Fachkollegen, die in Wien teilnahmen, zu sehen war. „Heute und morgen gibt es zwar keine Vorlesungen über Motoren, aber nächste Woche das Neueste.“

Anlässlich des 25. Jubiläums des Internationalen Wiener Motorensymposiums begann dieses mit einem kleinen Konzert. „Weil wir unter den Absolventen der TU Wien auch so viele ausgezeichnete Musiker haben, wollen wir diesen heute besonderes Gehör verschaffen“, leitete Prof. Lenz ein. „Wir greifen daher auf Johann (1825-1899) und Josef (1827-1870) Strauß, die Söhne von Johann Strauß Vater, zurück.“ Beide haben an der damaligen TU Wien um 1850 erfolgreich studiert, wobei der



Bild 1: Prof. Hans Peter Lenz, ÖVK und TU Wien

zwei Jahre jüngere Josef technisch besonders talentiert war. Er hat unter anderem Logarithmentafeln erstellt, mit deren Hilfe seine Kollegen dann rechneten, und er hat sogar eine Straßenkehrmaschine entwickelt.

Von Josef Strauß hörte das Auditorium die Polka „Ohne Sorgen“. „Das passt als Motto dieses 25. Symposiums hervorragend, weil wir nach den Fortschritten, die wir bereits gemacht haben und die noch bevorstehen, ohne Sorgen an die nächsten 25 Jahre Verbrennungsmotoren herangehen können. Auch in 25 Jahren werden die Verbrennungsmotoren noch die Hauptantriebsquelle der Kraftfahrzeuge sein“, so Prof. Lenz.

Nach dieser Einleitung lauschten die Zuhörer der Musik von Bruder Johann Strauß und hörten den Walzer „Accelerationen“ – beschleunigend –, mit dem das allmähliche Anlaufen einer Maschine dargestellt wird – komponiert für den Ball der TU-Studenten 1860. Das Konzert schloss mit der Schnellpolka „Elektrophor“, die den Technikern 1865 gewidmet wurde. Strauß war von diesem Gerät, das auf der elektrischen Influenz beruht und kleine Elektrizitätsmengen liefert, sehr beeindruckt.

Auch die Ausführenden des Konzerts stammten aus den Reihen der TU Wien: Mitglieder des TU-Sinfonieorchesters, **Bild 2**. Das Auditorium zollte dem Orchester für dieses „Sound Design“ besonderer Klasse begeistert Beifall.

Nach der gemeinsamen Plenar-Eröffnungssektion folgten in zwei Parallelsektionen die Fachvorträge unter der Leitung der Professoren **H. P. Lenz, R. Pischinger** und **G. Jürgens, Bild 3, H. Eichlseder, Bild 4, und B. Geringer, Bild 5**. Eine eindrucksvolle und umfangreiche Ausstellung neuer Motoren, Komponenten und Fahrzeuge ergänzte die Vorträge hervorragend, **Bild 6** und **Bild 7**.

Den Begleitpersonen wurde ein kulturell hoch stehendes Rahmenprogramm mit einem Ausflug „Südlich von Wien: Wiener Neustadt – Semmering“, einem Stadtspaziergang „Prachtbauten für Kunst und Musik an der Ringstraße“, einem Besuch von Museum und Porzellanmanufaktur angeboten, das bestens angenommen wurde. Den Abend verbrachten die Teilnehmer auf Einladung des Wiener Bürgermeisters in angenehmer Atmosphäre in den prachtvollen Räumen des Wiener Rathauses, wobei als freundschaftlich-nachbarliche Geste ein feuriges, ungarisches Ensemble aufspielte.

2 Eröffnungsplenarsitzung

Den ersten Plenarvortrag der Eröffnungs-sitzung hielt **Prof. Dr. F. Indra**, Executive Director, General Motors Powertrain, Pontiac, USA, **Bild 8**, zum Thema „25 Jahre Wiener Motorensymposien: Technical Highlights only?“

Er führte aus: „Was vor 25 Jahren mit einem eintägigen Symposium im Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein begann, später im Schloss Laxenburg fortgesetzt wurde, um sich schlussendlich hier in der Hofburg im Zentrum von Wien zu etablieren, hat sich zum wichtigsten und begehrtesten Motorensymposium der Welt gemauert. Eigentlich schon immer ausbeziehungsweise überbucht, bevor die offiziellen Einladungen verschickt werden, ist das Wiener Motorensymposium zu einem höchst begehrten Treffpunkt der Motoren- und Getriebeexperten aus aller Welt geworden. Vorträge, Vortragende, Damenprogramme, kulturelle Veranstaltungen und Organisation auf höchstem Niveau sichern den andauernden Erfolg dieser Veranstaltung. Es besteht kein Zweifel daran, dass Prof. Lenz, seiner Gattin und dem ganzen Team dafür ein dickes Lob gebührt. Wir hoffen alle, dass Sie, sehr geehrter Herr Prof. Lenz, das noch viele Jahre so weiter machen werden.“

Bild 2: Orchester der TU Wien



Prof. Indras Plenarvortrag beschäftigte sich mit dem technischen Inhalt der Präsentationen der vergangenen 25 Symposien. Ist das, was vorgetragen wurde, eingetreten oder teilweise eingetreten, wird es vielleicht noch eintreten oder ist vielleicht sogar das Gegenteil passiert?

Aufgrund der Vielzahl von exakt 692 Vorträgen war eine Beurteilung bezüglich technischer Highlights nur blockmäßig und mit den interessantesten Themen möglich. Natürlich konnten nicht alle Vorträge „Technische Highlights“ sein. Oft kommt es während einer technischen Entwicklung anders, als man dachte. Ist das der Fall, so muss man es trotzdem als positives Ergebnis sehen, weil man dann weiß, dass man es das nächste Mal auf andere Art und Weise versuchen muss.

Dr.-Ing. G. Pachta-Reyhofen, Mitglied des Vorstands der **MAN Nutzfahrzeuge AG**, München, **Bild 9**, setzte die Plenarvorträge unter dem Titel „Motoren von MAN – von einem genialen Grundprinzip zu einem Hightech-Produkt“ fort.

Eine geniale Idee Rudolf Diesels legte den Grundstein zu einer Antriebstechnik, die heute Basis nahezu aller Motoren schwerer Nutzfahrzeuge weltweit darstellt. Damit wurde auch ein wesentlicher

Beitrag zum nationalen und internationalen Warenaustausch als einem wichtigen Faktor des heutigen Wohlstands geleistet. Sprach man bei der Dampfmaschine noch von Wirkungsgraden kleiner 10 %, so brachte es Rudolf Diesel bei seinem 5 t schweren ersten Motor bereits auf Anheiß auf 26 %. Dabei leisteten 19,7 l Hubraum 15 kW. Über 100 Jahre wurde der Dieselmotor nun weiterentwickelt und sein Wirkungsgrad hat sich bei Nutzfahrzeugen auf deutlich über 40 % verbessert. Auch MAN hat diese Entwicklung begleitet beziehungsweise maßgeblich mitgestaltet. Die vorgestellte neue Motorengeneration D20 Common Rail für MAN-Lastkraftwagen und -Busse größer 16 t Gesamtgewicht wird hinsichtlich spezifischer Leistung, Leistungsgewicht, Verbrauch und Life Cycle Costs erneut Maßstäbe setzen. Ausgelegt für Zünddrücke bis 200 bar erreicht der Motor eine Leistung von 316 kW beziehungsweise 2100 Nm max. Drehmoment aus 10,5 l Hubraum. Mit einem Trockengewicht von 960 kg ist er der leichteste Motor in der Klasse um 300 kW. Der Kraftstoffverbrauch sank im realen Einsatz um etwa 5 %.

Prof. host. Dr. E. h. W. Bockelmann, Mitglied des Markenvorstands der **Volkswagen AG**, Wolfsburg, **Bild 10**, beschloss

die Plenareröffnungssitzung mit dem Vortrag „Der Verbrennungsmotor im Spannungsfeld der zukünftigen Anforderungen“.

Trotz seiner mehr als hundertjährigen Geschichte ist der Verbrennungsmotor auch heute noch die Quelle moderner Mobilität und eine der wesentlichen Triebfedern unserer Volkswirtschaft. Der rasanten Entwicklung der Diesel- und Ottomotoren – insbesondere in den letzten 15 Jahren – ist es zu verdanken, dass trotz steigender Komfort- und Sicherheitsansprüche die Kraftstoffverbräuche und Fahrleistungen unserer Automobile bei gleichzeitig stetig sinkenden Emissionswerten kontinuierlich verbessert werden konnten. Die Hauptherausforderung der Zukunft wird es sein, bei Einhaltung immer schärfer werdender gesetzlicher Vorschriften und Verpflichtungen, mit Hilfe wirtschaftlicher Lösungen am Markt erfolgreich zu sein. Dabei sind die unterschiedlichen Bedürfnisse der einzelnen Märkte entsprechend zu berücksichtigen. Auf dem Weg zur Brennstoffzelle zeigen Hybridfahrzeuge das größte Potenzial zur CO₂-Reduzierung, wobei die Verhältnismäßigkeit von CO₂-Reduktion zu Herstellungskosten sorgfältig zu prüfen ist.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die weitere Optimierung konventioneller Aggregatetechnik an Bedeutung. Beim Dieselmotor kann durch die teilhomogenisierte Verbrennung der Emissionsnachteil gegenüber dem Ottomotor weiter reduziert werden; beim Ottomotor erweist sich die Kombination von Direkteinspritzung und Downsizing durch Aufladung als vielversprechender Weg, insbesondere bei leistungsstärkeren Aggregaten den Kraftstoffverbrauch deutlich zu reduzieren. Weiterhin können durch intelligentes Antriebsstrangmanagement – wie zum Beispiel durch das Volkswagen Direkt-schaltgetriebe – bei steigendem Komfort die CO₂-Emissionen zukünftig weiter abgesenkt werden.

3 Neue Motoren

Dipl.-Ing. P. Lückert (Vortragender), **Dipl.-Ing. A. Waltner**, **Dipl.-Ing. E. Rau**, **Dipl.-Ing. G. Vent**, **Daimler-Chrysler AG**, Stuttgart: „Der neue V6-Ottomotor für den Mercedes SLK 350 – die Basis einer neuen Motorengeneration“

Im Frühjahr 2004 wurde die neue Motorenvariante mit 3,5 l Hubraum – die sich hausintern M 272 E 35 nennt – im neuen SLK (R171) vorgestellt. Sie gilt als Basisentwicklung für eine neue Motorenbaureihe, die in den Folgejahren die bewährten V-Motoren M 112 Zug um Zug ersetzen wird. Konzipiert als Sechszylinder-Saugmotor in 90°-V-Anordnung kommt dieser Vierventiler weltweit zum Einsatz. Sein hohes Leistungs- und Drehmomentangebot erlaubt durch gezielte Kombination sowohl mit Schalt- als auch Automatikgetrieben beliebige Triebstrangauslegungen, die sowohl für sportlich ausgelegte Fahrzeuge als auch bis hin zur komfortbetonten Reiselimousine alle Kundenwünsche abdecken können. Dabei überzeugen auffallend niedrige Fahrverbrauchs- und Emissionswerte ebenso wie ein ausgefeiltes Akustikdesign, wobei allerdings die unterschiedlichen Ausprägungen der Fahrzeugkonzepte eine einflussreiche Rolle spielen. Die Entwicklungszeit für diesen Antrieb der Spitzenklasse betrug 36 Monate.

Dipl.-Ing. A. Eiser (Vortragender), **Dr.-Ing. T. Heiduk**, **Dipl.-Ing. M. Fitzen**, **Dipl.-Ing. J. Gessler**, **Dipl.-Ing. W. Hatz**, **Audi AG**, Ingolstadt: „Der neue V6-FSI-Motor von Audi“

Der vollständig neu entwickelte V6-3,2-l-4V-FSI-Motor vereint in eindrucksvoller Weise Drehmoment- und Leistungsspitzenwerte bei Otto-Saugmotoren. Mit spezifischen Werten von 60,3 kW/l und 105,8 Nm/l (> 100 Nm/l von 2400-5500/min)

werden sehr gute Low-end-torque-Eigenschaften mit hoher Leistungsausbeute bis zu 7200/min vereint. Niedrige Kraftstoffverbräuche resultieren aus der Kombination von Ottodirekteinspritzung mit einer Verdichtung von $\epsilon = 12,5$ und der Auslegung auf die Kraftstoffqualitäten ROZ 95 & 91. Die Verwendung eines Lifetime-Kettensteuertriebs zusammen mit den flexi-

blen Ölwechselintervallen von bis zu 30.000 km Laufleistung erlauben niedrige Betriebskosten und einen wartungsfreundlichen Betrieb. Das Angebot dieses Aggregats im neuen A6 umfasst ein Sechsgang-Handschaltgetriebe in Front- oder Quattroausführung, eine stufenlose Multitronic-Frontvariante und ein Sechsgang-Stufenautomat „tiptronic“-Quattro.



Bild 3: Prof. Rudolf Pischinger und Prof. Gunter Jürgens, TU Graz



Bild 4: Prof. Helmut Eichlseder, TU Graz



Bild 5: Prof. Bernhard Geringer, TU Wien



Bild 6: Ausstellung



Bild 7: Ausstellung: Prof. List, AVL (rechts); Dr. Fischer, AVL (links)

S. Abe (Vortragender), **M. Sugiyama**, **H. Kishi**, **J. Harada**, **Toyota Motor Corporation**, Aichi, Japan: „Entwicklung des neuen V6-Hochleistungs-Benzindirekteinspritzmotors mit stöchiometrischer Verbrennung“

Toyota schloss die Entwicklung des neuen V6-Ottomotors mit Direkteinspritzung Ende 2003 ab. Hohe Leistung, niedriger Kraftstoffverbrauch und niedrige Abgase wurden durch stöchiometrische Verbrennung sowie variable Ventilsteuerung für Einlass- und Auslassventile erzielt. Die maximale Leistung beträgt 188 kW (63 kW/l) bei 6200/min und das maxi-

male Drehmoment 314 Nm bei 3600/min. Dies entspricht Spitzenwerten im Vergleich zu anderen 3,0-l-Ottomotoren weltweit.

Das Direkteinspritzsystem verwendet Toyota's geschlitzte Einspritzdüse, die einen fächerförmigen Einspritzstrahl erzeugt. Die Optimierung der Einlasskanalform trägt zur Leistungssteigerung bei. Bei konventioneller Auslegung muss der Durchflusskoeffizient gesenkt werden, um die Gasbewegung im Zylinder zu generieren, die zur Bildung eines homogenen Gemischs erforderlich ist, was wiederum bewirkt, dass die Vorteile des Direktein-

spritzsystems nicht voll genutzt werden können. Bei der Entwicklung dieses Motors wurde mittels CFD-Analyse ein Einlasskanal erzielt, der sowohl einen hohen Durchflusskoeffizient als auch eine hohe Tumblebewegung erlaubt.

Um den Kraftstoffverbrauch zu verbessern, wird eine variable Ventilsteuerung auf der Einlass- und der Auslassseite eingesetzt, was die Ladungswechselverluste senkt und das Expansionsverhältnis hebt. Die Resultate der Verbrennungsdruck- und der Hochgeschwindigkeitsanalyse der Kohlenwasserstoffe im Bereich um die Zündkerze zeigen, dass die Verbrennungsgeschwindigkeit durch interne AGR verbessert werden konnte und dass der Motor aufgrund der starken Tumbleströmung und der geschichteten Gemischbildung im Zylinder mit einer höheren AGR-Rate betrieben werden kann.

Dipl.-Ing. K. Borgmann, **Dipl.-Ing. H. Fischer** (Vortragender), **Dipl.-Ing. K. Fröhlich**, **Dipl.-Ing. W. Hall**, **Dipl.-Ing. R. Hofmann**, **Dipl.-Ing. T. Melcher**, **BMW AG**, München: „Der neue Hochleistungsantrieb des BMW X5“

BMW hat im vergangenen Herbst die sehr erfolgreiche X5-Fahrzeugbaureihe einer Modellüberarbeitung unterzogen. Unter anderem wurde dabei der komplette V8-Antrieb durch den neuen 4,4-l-V8-Valvetronic-Motor und das Sechsgang-Automatikgetriebe von ZF ersetzt. Dieser neue Antrieb ist auch die Basis für die 4,8is-Hochleistungsvariante als Nachfolger für den bisherigen 4,6is. Eine Erhöhung des Hubraums auf 4,8 l in Verbindung mit einer Reihe von leistungssteigernden Maßnahmen im Grundmotor sowie im Ansaug- und Abgassystem hebt die Leistung und das Drehmoment des Motors auf 265 kW beziehungsweise 500 Nm an. Gleichzeitig wird durch das Valvetronic-Laststeuersystem der neuen BMW-V8-Motoren sowie durch das Sechsgang-Automatikgetriebe der Kraftstoffverbrauch um etwa 10 % verringert.

Die neue BMW „xDrive“-Allradtechnik ermöglicht mit Hilfe einer elektrisch betätigten Lamellen-Kupplung im Verteilergetriebe eine stufenlos variable Verteilung des Drehmoments zwischen Vorder- und Hinterachse innerhalb von wenigen Millisekunden. Diese eigenständige Technologie verbessert nicht nur die Fahrzeugtraktion, sondern als integrierter Bestandteil des BMW-DSC-Systems zusätzlich die Fahrstabilität und die aktive Sicherheit. Dieser neue Antrieb mit dem verbrauchsgünstigen Hochleistungs-V8-Motor, dem Sechsgang-Automatikgetriebe und der xDrive-Allradtechnik verleiht dem BMW X5 4,8is gleichzeitig herausragende Fahr-

leistungen, niedrigen Kraftstoffverbrauch, hohen Komfort, sehr gute Traktion und eine hohe aktive Fahrsicherheit.

Dipl.-Ing. R. Bauder (Vortragender), **Dipl.-Ing. H.-W. Pözl, Dipl.-Ing. T. Reuss, Dipl.-Ing. W. Hatz, Audi AG**, Neckarsulm: „Der neue V6-TDI Motor von Audi“

1989 stellte Audi mit dem 2,5 TDI den ersten Pkw-Dieselmotor mit Direkteinspritzung vor. Dieser Motor wurde zum Trendsetter der DI-Dieselseltechnologie. Mit dem 3,0 l V6 TDI geht nun der erste Dieselmotor aus der neuen Audi-V-Motoren-Familie mit einem Zylinderabstand von 90 mm in Serie. Dieser neue Motor erfüllt die sehr scharfen Euro-4-Abgasgrenzwerte allein mit innermotorischen Maßnahmen sogar in der Fahrzeugluxusklasse und mit Automatik-quattro Antrieb. Der neue 3,0-l-V6-TDI-Motor hat eine Leistung von bis 171 kW und ein Drehmoment von 450 Nm. Der V6 hat vier Ventile pro Zylinder, eine Turboaufladung mit variabler Turbinengeometrie und arbeitet weltweit erstmalig mit einem Bosch-Piezo-Common-Rail-System der 3. Common-Rail-Generation mit einem maximalen Einspritzdruck von 1600 bar. Der neue Motor zeichnet sich durch höchste Leistungstärke und bestechende Laufkultur aus. Mit seiner kompakten Konstruktion und vielen neuen technischen Lösungen setzt Audi erneut einen Meilenstein in der TDI-Technologie.

Dipl.-Ing. W. Mattes (Vortragender), **Ing. K. Mayr, Dipl.-Ing. W. Neuhauser, Ing. F. Steinparzer, BMW Motoren GmbH**, Steyr: „Der BMW Sechszylinder Dieselmotor mit Euro-4-Technik“

Die ab 1. Januar 2006 flächendeckend vorgeschriebene nächste Abgasemissionsstufe Euro 4 für Pkw erfordert gegenüber der aktuellen Euro-3-Stufe eine Halbierung der NO_x - und Partikelwerte. BMW beginnt bereits vorzeitig, die Volumenmodelle sukzessive auf die neue Abgasstufe umzustellen. Der Vortrag beschrieb die technischen Maßnahmen, die am 3,0-l-Sechszylindermotor für die Euro-4-Erfüllung in der 5er-Reihe zum Einsatz kommen. Schwerpunkte dabei sind zum einen die deutliche Absenkung des Rohemissionsniveaus durch motorinterne Maßnahmen sowie die Adaption eines neuen Partikelfiltersystems. Zu den motorinternen Maßnahmen zählen dabei die Neuauslegung der Einspritzhydraulik, die Optimierung der Brennraum- und Einlasskanalgeometrie sowie die Entwicklung neuartiger adaptiver Abgleich- und Regelkonzepte.

Ein Highlight in diesem Euro-4-Maßnahmenpaket stellt der neue Partikelfilter dar. BMW setzt dabei ein katalytisch beschichtetes Filterelement ein. In Kombi-

nation mit einem intelligenten Konzept zur kontinuierlichen Erfassung des Belastungszustands sowie zur Steuerung der diskontinuierlich erforderlichen Regenerationen wird eine nahezu vollständige Eliminierung der Rußpartikel erreicht, ohne andere kundenrelevante Eigenschaften negativ zu beeinflussen. Alle für den Kunden wesentlichen Eigenschaften wie Kraftstoffverbrauch, Leistungsverhalten und Geräuschkomfort bleiben auch in Kombination mit der Erfüllung der Euro-4-Emissionsvorgaben auf bekannt hohem Niveau erhalten.



Bild 8: Prof. Dr. Fritz Indra, General Motors Powertrain

4 Konstruktion, Berechnung, Simulation

Dr. H. Sorger (Vortragender), **Dipl.-Ing. (FH) A. Maier, Dr. R. Marquard, AVL List GmbH**, Graz: „Rechnerunterstützte Konstruktionsmethodik zur Verkürzung von Entwicklungszeiten – von den theoretischen Überlegungen zum erfolgreichen Einsatz in der Praxis“

AVL hat eine durchgängige Konstruktionsmethode erarbeitet, die es dem Konstrukteur ermöglicht, im Spannungsfeld der unterschiedlichsten Anforderungen seine Kreativität einzubringen und, gemeinsam eingebunden in ein organi-

siertes Entwicklungsteam, zielgerichtet das jeweilige Optimum einer gestalterischen Lösung zu finden. Die beschriebene Konstruktionsmethode ist zentraler Bestandteil in der Gesamtbetrachtung des optimierten Produktentstehungsprozesses bei AVL. Die Konstruktionsmethode wurde als zentrales Werkzeug zur Generierung einer neuen Motorenfamilie, bestehend aus Otto- und Dieselmotoren in Reihen- und V-Ausführung, herangezogen und konnte wesentlich zu den angestrebten Entwicklungszeitverkürzungen beitragen, nicht zuletzt durch den hohen Integrationsgrad in den simultanen Projektablauf. Durch den Einsatz dieser praxiserprobten neuartigen Konstruktionsmethode ist es gelungen, die Entwicklungs- und Beschaffungslängläufer des Gesamtmotors als Ausgangspunkt für neue Motorenprojekte heranzuziehen und aufgrund der Anwendung einer gemeinsamen Datenbasis Synergien aus bekannten und approbierten Lösungen zu nutzen.

Dr. U. Thien (Vortragender), **Dipl.-Ing. M. Mocnik, Dipl.-Ing. R. Kollau, Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG**, Graz: „Eingriffsmöglichkeiten in die Motorelektronik zur erfolgreichen Minimierung des Lastwechselschlags bei 4x4-Fahrzeugen – Applikation und Simulation“

Personenkraftfahrzeuge mit hohen Anforderungen an den Fahrkomfort besitzen wegen störender Geräuschanregungen eine entsprechende Dämpfung des Antriebsstrangs. Die Dämpfung wird zunächst mit mechanischen Bauteilen erreicht. Bei der Freisetzung der Antriebskräfte über das Gaspedal werden große Reaktionskräfte erzeugt. Eine komfortable Auslegung des Antriebsstrangs und gewollte Nachgiebigkeiten von modernen Achskonstruktionen können im Fahrzeug hohe Stoßbelastungen begünstigen. Plötzlich freigesetzte Belastungen werden vom Benutzer als äußerst unangenehm empfunden und negativ bewertet. Durch die Simulationsberechnung wird die elastokinematische Wirkung des Antriebsstrangs im Fahrzeug verdeutlicht. Unterstützt durch messtechnische Auswertungen können die mechanischen Bauteile optimiert werden, um den Anforderungen an die Dämpfung gerecht zu werden. Eine weitere Verbesserung wird durch gezielte Eingriffe in die Motorelektronik und durch die Kraftentfaltung des Aggregats erreicht. Besondere Beachtung erhält dabei der Fahrkomfort und die Agilität. Am Beispiel eines 4x4-Fahrzeugs wurde gezeigt, wie bei Magna Steyr der Lastwechselschlag bei diesen Fahrzeugen mit Allradantrieb durch elektronische Applikationen am Motorsteuergerät verhindert

und ein optimales Ergebnis der Komfort-erhöhung bei gleichzeitigem Agilitätsgewinn erzielt wird.

Dr. T. Fukuma (Vortragender), **S. Nakayama, Y. Harada, A. Matsunaga, Toyota Motor Corporation**, Shizuoka, Japan: „Vision Dieselmotorenentwicklung ohne Kalibrierungsaufwand – Ansatz mit Modellgestützter Steuerung und Automatischer Optimierung“

Der Ansatz, mit modellgestützter Steuerung die dynamische Abweichung von der statischen, auf experimentellen Ergebnissen und statistischen Verfahren basierenden, mehrparametrischen Optimierung zu kompensieren, hat die Möglichkeit einer nahezu kalibrierungsfreien Dieselmotorenentwicklung in naher Zukunft aufgezeigt. Als Beispiel für dieses Verfahren beschrieb der Vortrag die Optimierung der Stickoxide. NO_x ist ein besonders bedeutender Faktor in der Gesamtoptimierung aufgrund der Wechselbeziehungen mit anderen Anforderungen. Nach der Optimierung durch Variation der lokalen Parameter bezüglich NO_x in statischem Betrieb garantiert die integrierte Ansaugluft-Sauerstoffkonzentrations-Steuerung das Erreichen der NO_x -Abgaswerte ohne weitere Kalibrierung am Fahrzeug. Durch Berücksichtigung des AGR-Verzugs kann die angesaugte Sauerstoffmasse genau vorausgesagt werden, wodurch das Fahrzeugansprechverhalten bei gleichzeitig geringer Rauchentwicklung wirkungsvoll optimiert werden kann.

5 Akustik

Prof. Dr. U. Bernhard (Vortragender), **Adam Opel AG**, Rüsselsheim; **R. Sponsel, Dr. U. Grebe, Opel Powertrain GmbH**, Rüsselsheim: „Akustische Optimierung des neuen 1,6-l-Twinport-Motors von Opel“

Kaufentscheidungen von Kunden werden heute bereits in der Kompaktklasse oberhalb der Basistriebwerke nicht nur unter Verbrauchs- und Emissionsgesichtspunkten, sondern vielmehr auch unter Einbezug von Fahrspaß und Komfort getroffen. Technische Features finden nur den Weg zum Käufer, wenn die damit verbundenen Mehrkosten gering und möglichst durch Kostenvorteile über der Lebensdauer kompensiert werden können. Bei den Ottomotoren bis 1,6 l Hubraum hat sich die Adam Opel AG entschlossen, konsequent Motoren von Fiat-GM Powertrain mit Kanalabschaltung und Hoch-EGR einzusetzen. Der erste in der Serie eingesetzte Motor dieser Art war der 1,6-l-Familie-1-Twinport-Motor im Opel Astra 2003. Durch gezielte Integration der



Bild 9: Dr. Georg Pachta-Reyhofen, MAN Nutzfahrzeuge AG

akustischen Anforderungen in die Entwicklung des Motorkonzepts wurden sowohl vom Verbrennungsgeräusch als auch vom mechanischen Geräusch von Anbeginn alle Möglichkeiten ausgeschöpft, um den Motor unter den schwierigen Rahmenbedingungen gleichzeitig schwingungstechnisch und akustisch weiter zu entwickeln und damit im Fahrzeug im Vergleich zu seinem Vorgänger zu verbessern.

Dr. N. Alt (Vortragender), **Dipl.-Ing. O. Lang, Dr. S. Heuer, FEV Motorentechnik**, Aachen: „Akustisches Verhalten neuer ottomotorischer Landungswechsel- und Brennverfahrenskonzepte“

Neben konventionellen Motoren sind heute Motoren mit Benzindirekteinspritzung, aufgeladene Motoren und mechanisch variable Ventiltriebe in Serie. In Entwicklung befinden sich neben Kombinationen dieser Technologien Motoren mit variablem Verdichtungsverhältnis, hochaufgeladene Motoren und elektromechanisch vollvariable Ventiltriebe. Schwerpunkt all dieser Entwicklungen ist die Verminderung des Kraftstoffverbrauchs,

wobei die gesetzlich vorgeschriebenen Geräusch- und Abgasemissionsgrenzwerte einzuhalten sind. Die verschiedenen Motorkonzepte werden auf ihre Geräusch- anregung hin betrachtet, unterschieden wird dabei nach mechanischer Anregung, Verbrennungsanregung und Anregung der Mündungsgeräusche. Konzeptspezifische Ansatzpunkte zur Geräuschverbesserung werden aufgezeigt. Die akustische Bewertung der Konzepte erfolgt anschließend anhand prognostizierter Fahrzeug-Innengeräusche.

Dr.-Ing. U. Dohle (Vortragender), **Dr.-Ing. M. Dürnholz, Dipl.-Ing. J.-O. Stein, Robert Bosch GmbH**, Stuttgart: „Einflüsse künftiger Hochdruck-Dieseleinspritzsysteme auf Akustik und Emissionsverhalten moderner Verbrennungsverfahren“

Um zukünftig die sich weiter verschärfenden Emissionslimits und die steigenden Ansprüche an den Fahrkomfort und damit die Akustik zu erfüllen, bedarf es neuer Konzepte. Bosch hat diesbezüglich detaillierte Untersuchungen durchgeführt, um den Einfluss der Einspritzrate auf das Verbrennungsgeräusch und die Emissionen zu bestimmen. Als Ergebnis lässt sich ein idealer Einspritzverlauf definieren, der es ermöglicht, in weiten Kennfeldbereichen auf die akustisch günstige, aber emissionsverschlechternde Voreinspritzung zu verzichten. Hierdurch und durch eine optimierte Gestaltung der Einspritzrate während der Diffusionsverbrennung lassen sich deutliche Verbesserungen der NO_x - und Partikelemissionen bei gleichzeitig günstigstem Geräuschverhalten realisieren. Diese Erkenntnisse sind in die Entwicklung der Konzepte für die 4. Generation der Koaxial-Vario-Düse der Bosch-Common-Rail-Einspritzsysteme und dem druckübersetzten System HADI eingeflossen. Beide Systeme werden in Verbindung mit modernen Verbrennungsverfahren die Emissionen und das Geräusch zukünftiger Dieselmotoren signifikant verbessern und damit zum weiteren ansteigenden Erfolg der Diesel-Pkw beitragen.

6 Synthetische Kraftstoffe

Dr. R. Clark, Dr. J. Louis, Dr. W. Lüke, Dr. W. Warnecke (Vortragender), **Shell Global Solutions**, London/Hamburg; **M. Gainsborough, Shell International**, London; **J. Jacometti, Shell International Gas**, London: „Der Einstieg in synthetische Kraftstoffe“

Mittelfristig werden auch weiterhin herkömmliche Kraftstoffe auf Erdölbasis den Transportsektor dominieren, obwohl absehbar die alternativen Kraftstoffe eine

bedeutendere Rolle spielen werden. Nach Betrachtung der Eigenschaften der einzelnen alternativen Kraftstoffe vertritt Shell die Auffassung, dass in den Gas-to-Liquids(GTL)-Kraftstoffen wesentliche Vorteile für zukünftige Kraftstoffe zu sehen sind. Zahlreiche Kriterien wie strategische Vielfältigkeit, Verträglichkeit und kosteneffiziente Emissionsreduzierung sprechen für GTL. Die positiven Eigenschaften im Hinblick auf Emissionen werden betrachtet. Gesichtspunkte, die bei der Vermarktung eine Rolle spielen können, wurden behandelt. Dies umfasst den Einsatz von reinem GTL und GTL-Mischungen mit mineralölbasischem Dieselkraftstoff.

Die Zusammenarbeit mit allen Beteiligten, Ministerien, OEMs (zum Beispiel mit Daimler-Chrysler und Volkswagen) und den Verbrauchern ist ein wesentlicher Bestandteil, um die Akzeptanz für diese neuen Kraftstoffe zu schaffen. In diesem Zusammenhang spielen gemeinsame GTL-Feldversuche eine Schlüsselrolle. Neueste Beispiele in Berlin, London und Kalifornien werden vorgestellt. Die Verbraucherakzeptanz ist ebenso wesentlich. In dieser Hinsicht hat GTL erhebliche Vorteile gegenüber anderen Konzepten, weil die

gesamte gewohnte Infrastruktur weiter unverändert genutzt werden kann. Beispiele für neueste Kraftstoff-Produkteinführungen im Tankstellenbereich werden beschrieben.

Dr.-Ing. W. Steiger (Vortragender), **Dr.-Ing. V. Schumacher**, **Dr.-Ing. C. Kohnen**, **Volkswagen AG**, Wolfsburg: „Potenziale synthetischer Kraftstoffe im CCS-Brennverfahren“

Synthetischen Kraftstoffen wird eine zunehmende Bedeutung für die Energieversorgung der Mobilität eingeräumt. Diese Kraftstoffe haben nicht nur den Vorteil einer breiten nutzbaren Primärenergiebasis einschließlich erneuerbarer Energieformen, sondern aufgrund der stofflichen Zusammensetzung und Definierbarkeit zusätzliche Potenziale für heutige und zukünftige Brennverfahren. Gerade homogenisierte, selbstzündende Brennverfahren werden maßgeblich durch die Eigenschaften der Kraftstoffe geprägt. In den Untersuchungen wurde dabei auch deutlich, dass die heute üblichen Kennziffern wie Siedebereich und Cetanzahl für die Spezifikation neuer Kraftstoffe für HCCI-Verfahren nicht ausreichen.

Die parallele Entwicklung eines neuen Kraftstoffs und der dazu gehörigen Verbrennung im CCS-Verfahren setzt die konsequente Nutzung der gesamten Entwicklungstoolkette voraus. Erste Grundsatzuntersuchungen der Kraftstoffe im Fuel Ignition Tester (FIT) und in Druckkammern oder Einhubtriebwerken zeigen die Unterschiede im Zündungs- und Brennverhalten auf. Die Simulation der Strömungs-, Gemischbildungs- und Verbrennungsvorgänge ist ebenfalls unerlässliches Werkzeug. Erst danach ist eine Verifikation und Entwicklung auf den Motorenprüfständen und in Fahrzeugen sinnvoll. Die Vorteile neuer Kraftstoffe zeigen sich dabei vor allem in den Grenzbereichen der Anwendbarkeit der Verfahren. Mit synthetischen Kraftstoffen ist eine deutliche Ausweitung der ganzheitlich optimierten Betriebsbereiche darstellbar.

Dr. H.-O. Herrmann (Vortragender), **Dr.-Ing. N. Pelz**, **Prof. Dr. R. R. Maly**, **Daimler-Chrysler AG**, Stuttgart; **Dr. J. J. Botha**, **MSc.Eng. P. W. Schaberg**, **Sasol Oil (Pty.) Ltd.**, Randburg; **MSc.Eng. M. Schnell**, **Sasol-Chevron Consulting Ltd.**, London: „Einfluss von GTL-Dieselmotorverhalten auf Emissionen und Motorverhalten“

Der Einfluss von GTL-Dieselmotorverhalten auf die Abgasemissionen und das Motorverhalten wurde detailliert untersucht. Als Referenz- und als Mischungskraftstoff wurde schwefelfreier EU-Dieselmotorverhalten verwendet. Auf dem Rollenprüfstand ergab die Untersuchung

eines E 220 CDI im NEFZ, dass auch ohne Neukalibrierung der Euro-3-Motorauslegung die Emissionen mit GTL-Dieselmotorverhalten drastisch reduziert werden. Die CO- und HC-Emissionen sanken bei reinem GTL-Dieselmotorverhalten um mehr als 90 %, die PM-Emissionen um bis zu 30 %. Bei den NO_x- und CO₂-Emissionen wurden Verbesserungen im Bereich einzelner Prozent gefunden.

Mischungen von GTL-Dieselmotorverhalten mit EU-Dieselmotorverhalten zeigten ein starkes nicht-lineares Verhalten: eine 50%-Mischung wies nahezu die gleichen Eigenschaften wie reiner GTL-Dieselmotorverhalten auf. Um das Potenzial für weitere Emissionsreduktionen zu ermitteln, wurden auf dem Motorprüfstand Stationäruntersuchungen an ausgewählten Arbeitspunkten durchgeführt, die für den NEFZ charakteristisch sind. Mit Hilfe der Design-of-Experiments-Methode wurde daraus eine mögliche Software-Neukalibrierung mit optimierten AGR-Raten und Einspritzzeiten berechnet. Für Rein-GTL-Dieselmotorverhalten ergab die Berechnung mögliche simultane Reduktionen von NO_x und Ruß von jeweils 35 %. Die Nichtlinearität von Mischungen wurde bestätigt: Für eine 50%-ige beziehungsweise eine 20%-ige Beimischung von GTL in EU-Dieselmotorverhalten wurden Reduktionen bei NO_x und Ruß ermittelt, die bei 30 % beziehungsweise 15 % in Bezug auf EU-Dieselmotorverhalten lagen. Dies verspricht in Bezug auf Rein-GTL 86 % der Vorteile mit 50%-Mischung und immer noch 43 % der Vorteile mit einer 20%-GTL-80%-EU-Dieselmotorverhalten-Mischung. Die Wärme-freisetzung zeigte für GTL-Dieselmotorverhalten einen deutlich früheren Beginn der Verbrennung sowohl bei der Vor- als auch bei der Haupteinspritzung.

7 Gemischbildung / Ladungswechsel

Dr.-Ing. P. Kreuter (Vortragender), **Dr.-Ing. P. Heuser**, **Dr.-Ing. M. Wensing**, **Dipl.-Ing. R. Bey**, **Dr.-Ing. C. Fettes**, **Dipl.-Ing. J. Baltes**, **Dipl.-Ing. W. Cosler**, **Meta Motoren- und Energie-Technik GmbH**, Herzogenrath: „NO_x-Reduktion im dieselmotorischen Verbrennungsprozess durch luftseitig hoch-energetische Strahlzerstäubung“

Die Gemischbildungs- und Verbrennungs-Steuerungsaufgabe in modernen Dieselmotoren wird zunehmend von immer höher entwickelten Einspritzsystemen allein übernommen. Die luftseitig zur Verfügung stehende Drallenergie kann bisher nicht gezielt gesteuert werden, sondern muss für den gesamten Betriebsbereich des Motors kompromisshaft dargestellt werden.



Bild 10: Prof. Dr. E. h. Wilfried Bockelmann, Volkswagen AG

Der Beitrag beschreibt den Einsatz eines für die Impulsaufladung von Verbrennungsmotoren entwickelten Zusatzventils zur Steuerung der Gemischbildung und Verbrennung an Dieselmotoren. Dieses frei ansteuerbare elektromagnetische Ventil wird stromauf der Einlassventile vor den Ansaugkanälen eingesetzt. Am Dieselmotor wurde für Drall- und Tangentialkanal ein gemeinsames Ventil je Motorzylinder eingesetzt. Bleibt dieses Zusatzventil während des Ansaugvorgangs zunächst geschlossen, wird durch den Kolben ein Unterdruck aufgebaut, der nach Öffnen des Schalters in eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit und in Verbindung mit der Kanalauslegung in eine erhöhte Drallenergie umgesetzt wird. Die für die Gemischbildung eingesetzte Drallenergie kann durch Wahl des Öffnungszeitpunkts betriebspunktabhängig beliebig gesteuert werden.

Messergebnisse zeigen die Auswirkung der Impulslader-Steuerung auf die dieselmotorische Gemischbildung, Verbrennung und Emissionen. In einzelnen Betriebspunkten werden Rohemissionsabsenkungen von > 60 % (NO_x) erreicht, wobei gleichzeitig auch die Partikelwerte abgesenkt werden können. Weiter zeigt sich der Einsatz des Zusatzventils als besonders verbrennungsunterstützend beim Motorstart.

Dipl.-Ing. U. Baretzky (Vortragender), **Dipl.-Ing. T. Pfeffer, Dr.-Ing. P. Kuntz, Audi AG**, Neckarsulm; **Dr.-Ing. W. Ullrich, Audi AG**, Ingolstadt: „Optimierte Entwicklungsmethode zur Verbesserung der Gemischaufbereitung für den Audi-R8-FSI-Motor für Le Mans“

Nach der erfolgreichen Entwicklung der Direkteinspritztechnologie FSI für den Renneinsatz beim 24-Stunden-Rennen von Le Mans in den Jahren 2001 und 2002 konnte das Ziel der Weiterentwicklung in Leistung und Effizienz für das Jahr 2003 nur durch ein vertieftes Verständnis der Gemischaufbereitung und des Verbrennungsprozesses selbst erreicht werden. Dazu wurden alle relevanten Einflussparameter (Geometrien, Steuergrößen etc.) isoliert und in einem simultanen Entwicklungsprozess von Versuch und Simulation auf deren Einfluss auf die Gemischaufbereitung und Verbrennung untersucht. Die Hochdruckindizierung wurde als wesentliches Hilfsmittel eingesetzt, durch deren Ergebnisse sich die Simulationsrechnungen optimal validieren ließen. Anschließend Variantenrechnungen lieferten neue Parameter-Einstellungen für den Versuch. Diese eng vernetzte Zusammenarbeit wurde als optimierte Entwicklungsmethode installiert und fand ihre erste



Bild 11: Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Hans-Joachim Schöpf, Daimler-Chrysler AG

Anwendung bei der Entwicklung des 4,0-l-V8-FSI-Motors, der dem Bentley EXP 08 zu seinem historischen Sieg beim 24-Stunden-Rennen von Le Mans 2003 verhalf.

J. W. G. Turner (Vortragender), **S. A. Kenchington, Lotus Engineering**, Norwich, Großbritannien; **D. A. Stretch, Eaton Automotive**, Southfield, MI, USA: „Entwicklung eines Serien-AVT-Systems: Lotus' und Eaton's elektrohydraulischer vollvariabler Ventiltrieb (AVT)“

Lotus und Eaton entwickeln zusammen einen voll variablen Ventiltrieb, auch Active Valve Train (AVT) genannt, der etwa 2008/2009 Serienreife haben wird. Das System verfügt über einen sogenannten Closed-Loop-Controller und benutzt eine Elektrohydraulik, die die Bewegung der Ventile durch Ölfluss steuert. Der Ölfluss in und aus der Hydraulikkammer wird durch schnell schaltende elektrohydraulische Servoventile kontrolliert, die Lotus und Eaton auch miteinander entwickelt haben. Hierdurch werden ein variabler Ventilhub sowie variable Öffnungszeiten ermöglicht. Das System, das sich derzeit im Prototypenstadium befindet und für einen großen Fahrzeughersteller entwi-

ckelt wird, wird die Applikation von vielen unterschiedlichen Steuerungsstrategien wie Motoren ohne Drosselklappe, HCCI, CAI, variable Zündfolge, gesteuerter zylinderspezifischer Mitteldruck sowie Luftdruck-Hybridisation ermöglichen. In dem Vortrag werden der derzeitige Entwicklungsstatus des AVT-Systems, die Strategie der Ventilkontrolle sowie einige Entwicklungsmerkmale dargestellt. Eine Abschätzung der Kosten des Systems am Beispiel eines kleinen Nutzfahrzeugdieselmotors beschließt die Präsentation.

8 Der Dieselmotor in der Zukunft?

Prof. Dipl.-Ing. M. Schittler, Dipl.-Ing. B. Heil, Dr.-Ing. A. Flotho (Vortragender), **Dipl.-Ing. W. Schmid, Daimler-Chrysler AG**, Stuttgart: „MBE 4000 US '04: Ein R6-Dieselmotor mit Abgasrückführung für schwere Daimler-Chrysler-Nutzfahrzeuge in den USA“

Im Jahr 2001 wurde der Lkw-Motor MBE 4000 für schwere Daimler-Chrysler-Nutzfahrzeuge unter Einhaltung der Abgasemissionsvorschrift US '98 in USA eingeführt. Seitdem konnte die abgesetzte Stückzahl in kurzer Zeit erheblich gesteigert werden. Lkw-Motoren, die ab 1. Januar 2004 für den nordamerikanischen Markt produziert werden, müssen die Abgasemissionsvorschrift US '04 einhalten. Der niedrigere Emissionsgrenzwert für Stickoxide macht erstmals die Einführung einer gekühlten Abgasrückführung bei schweren Mercedes-Benz-Nutzfahrzeug-Dieselmotoren erforderlich. Bei Pkw-Dieselmotoren wird schon seit einigen Jahren die Abgasrückführung erfolgreich angewendet. Die für den Pkw vorgegebenen Emissionsgrenzwerte werden in Fahrzyklen nach FTP '75 überprüft, womit weite Auswirkungsbereiche der Vorschriften getestet werden sollen, weil beim Pkw US-typische Betriebsbereiche im Kennfeld im Instationärbetrieb relevant sind. Im Gegensatz zu dieser Pkw-Abgasprüfvorschrift müssen schwere Nutzfahrzeug-Dieselmotoren auf dem amerikanischen Markt nahezu im gesamten Kennfeldbereich bis zur Vollast die niedrige Schadstoffemission erfüllen. Aus diesem Grund hat Daimler-Chrysler rechtzeitig ein innovatives Abgasrückführkonzept entwickelt, das ausreichende Abgasrückführaten bis zur Motorvollast gewährleistet. Der Vortrag handelt von der Weiterentwicklung des erfolgreichen Lkw-Motors MBE 4000 gemäß US '98 zur Einhaltung der Abgasemissionsvorschrift US '04 in Verbindung mit der Einführung einer gekühlten Abgasrückführung.

Prof. Dr. F. X. Moser (Vortragender), **Dipl.-Ing. R. Dreisbach, Dr.-Ing. T. Sams, AVL List GmbH, Graz:** „Niedrigste Rohemissionen als Basis für die Zukunft des Nfz-Dieselmotors – Neue Entwicklungsergebnisse“

Neueste Entwicklungsergebnisse an Nfz-Dieselmotoren zeigen, dass es aus heutiger Sicht möglich ist, mit entsprechender Abgasnachbehandlung die in USA für 2010 vorgesehenen Emissionsgrenzwerte zu erreichen. Allerdings ist – bei einer erzielbaren Rohemission von $\text{NO}_x \leq 1,0 \text{ g/kWh}$ und Partikel von $\leq 0,06 \text{ g/kWh}$ – zwingend die Forderung nach Abgasnachbehandlungssystemen mit DeNO_x - beziehungsweise Filterwirkungsgraden von mindestens 90 % zu stellen. Die genannten Rohemissionswerte erfordern Motorkonzepte mit einer Spitzendruckfähigkeit von mindestens 200 bar, gekühlte Abgasrückführung mit AGR-Raten bis 25 % bei Volllast, Einspritzsysteme mit einem Druckpotenzial von 2400 bar und zweistufige Turboaufladung. Dabei sind Turbolader-Gesamtwirkungsgrade von über 50 % notwendig, um den unvermeidbaren Anstieg des Kraftstoffverbrauchs in akzeptablen Grenzen zu halten. Für Europa gilt bei gleichen oder ähnlichen Grenzwerten wie in USA Analoges. Würden die Grenzwerte für NO_x etwa bei 1,0 anstatt 0,27 g/kWh festgelegt, so ergeben sich wegen der damit möglichen höheren Rohemission wesentlich einfachere Anforderungen an das Motorkonzept mit deutlich besseren Kraftstoffverbräuchen.

Dr.-Ing. J. G. Smyth (Vortragender), **Prof. Dr.-Ing. F. Indra, Dipl.-Ing. C. Freese, Dipl.-Ing. D. Brown, Dipl.-Ing. M. Potter, General Motors Powertrain, Pontiac, USA:** „Die Zukunft von Diesel-Fahrzeugen auf dem amerikanischen Markt aus der Sicht von General Motors“

In Europa hat sich der Marktanteil von Kraftfahrzeugen mit Dieselmotoren in den letzten zehn Jahren dramatisch erhöht. Der Trend wurde ausgelöst durch die sehr guten Verbräuche und damit niedrigen CO_2 -Werte, die niedrigen Kosten für den Dieselkraftstoff sowie die Abgas-Emissionsgrenzwerte, die speziell für Dieselfahrzeuge festgelegt wurden. Ein nennenswerter Zuwachs von Dieselfahrzeugen in den Vereinigten Staaten hat bisher nicht stattgefunden, weil die langfristigen niedrigen Abgas-Emissionsgrenzwerte bis heute nur von Ottomotoren erfüllt werden können. Der Vortrag behandelt die Herausforderungen beziehungsweise die Technologien, die notwendig sind, um auch in den USA den Dieselmotor attraktiver zu machen. Eine abschließende Bewertung erläutert die

Chancen, die der Dieselmotor in Zukunft in den Vereinigten Staaten haben könnte. Dabei werden Dieselmotoren als kritischer Teil im globalen GM-Produkt-Portfolio angesehen. Bedenken werden auch bezüglich der weiter ansteigenden Kosten der Dieselmotoren geäußert – insgesamt also eher schlechte Aussichten für Dieselmotoren in den USA.

9 Getriebe

Dr.-Ing. S. Rinderknecht (Vortragender), **Dipl.-Ing. M. Seufert, Getrag, Untergruppenbach; Dr. rer. nat. R. Ellinger, Dipl.-Ing. R. Schneider, AVL List GmbH, Graz; Dipl.-Ing. J. Wagner, ATB Thien, Rankweil:** „Eco Target: Ein innovativer Antriebsstrang zur Erfüllung zukünftiger Mobilitätsanforderungen“

Auf Basis detaillierter Gesamtsystemanalysen wurde das Mild-Hybrid-System Eco Target entwickelt, bestehend aus einem 1,2-l-Dieselmotor, einem automatisierten Sechsgang-Schaltgetriebe und einem an das Getriebe angebauten 10-kW-42-V-E-Motor. Der Antriebsstrang wurde in ein Mittelklassefahrzeug (Testgewicht 1350 kg) integriert. Ziel des von Getrag, AVL und Thien gemeinschaftlich durchgeführten Projekts ist die Einhaltung zukünftiger CO_2 -Emissionsziele von 90-120 g/km



Bild 12: Prof. Dr.-Ing. Burkhard Göschel, BMW AG

im offiziellen Europäischen Testzyklus (NEDC), bei gleichzeitiger Berücksichtigung der gesetzlichen Emissionslimits und der kundenspezifischen Komfort- und Fahrspaßbedürfnisse.

Die Verbrauchsvorteile des Eco-Target-Antriebs ergeben sich durch die Lastpunktverschiebung für die Verbrennungskraftmaschine (Downsizing und automatisierte Schaltpunktwahl) sowie die Hybridpotenziale (Start-Stop und Bremsenergierückgewinnung). Das vorgestellte System bietet darüber hinaus die Möglichkeit, während der Getriebebeschaltung die Zugkraftunterbrechung aufzufüllen und damit den Fahrkomfort im Vergleich zu konventionellen automatisierten Schaltgetrieben zu steigern. Die Eigenschaften des E-Motors ermöglichen eine außergewöhnlich gute stationäre und vor allem transiente Drehmomentcharakteristik des Antriebsstrangs. Die auf Grund des Downsizing-Konzepts reduzierte Performance der Verbrennungskraftmaschine bei niedrigen Drehzahlen kann damit mehr als wett gemacht werden. Aktuelle Rollenmessungen ergeben CO_2 -Emissionswerte von 98 g/km bei Euro-4-Emissionsniveau.

Dipl.-Ing. T. Urasawa (Vortragender), **Dipl.-Ing. K. Hayasaki, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan; Dipl.-Ing. K. Sugano, Jatco Ltd., Kanagawa, Japan:** „Entwicklung einer neuen Generation eines riemengetriebenen CVT-Getriebes mit hohem Drehmomentvermögen für Fahrzeuge mit Vorderradantrieb“

Nissan und Jatco haben ein neues riemengetriebenes CVT-Getriebe mit hohem Drehmomentvermögen für obere Mittelklasselimousinen und SUV-Fahrzeuge mit Vorderradantrieb entwickelt. Das neue CVT-Getriebe ist für ein Motordrehmoment von 350 Nm ausgelegt und hat damit das weltweit höchste Drehmomentvermögen für ein riemengetriebenes CVT-Getriebe. Außerdem ist es von sehr kompakten Abmessungen. Dieses CVT-Getriebe vermittelt auch ein neues Fahrgefühl. Es bietet schnelle Beschleunigung mit ausgezeichnetem Gefühl aus jeder Fahrzeuggeschwindigkeit. Ein unnatürliches Beschleunigungsgefühl, wie bei der vorigen CVT-Generation, wurde vollständig beseitigt. Der Verbrauch wurde im Vergleich zur vorigen CVT-Generation bedeutend verbessert. Dank einer neuen Hardware, einem sehr anspruchsvollen Algorithmus und einer Motoreinstellung, die dem neuen CVT-Getriebe am besten entspricht, erzielt es klassenbesten Verbrauch sowie Beschleunigungsvermögen. Der Vortrag beschreibt die wichtigsten technischen Daten, den Aufbau und die Charakteristiken des neuen CVT-Getriebes.

Dipl.-Ing. M. Sattler (Vortragender), **Dipl.-Ing. B. Stahl, ZF Sachs AG**, Schweinfurt: „Die Integration von elektrischen Maschinen in den Antriebsstrang von Hybridfahrzeugen“

Annähernd alle Fahrzeughersteller bereiten sich derzeit mit unterschiedlichen Strategien auf die Markteinführung von Hybridfahrzeugen vor. Hierbei überwiegen die Konzepte, die auf der optionalen Ausrüstung von konventionellen Serienfahrzeugen mit Hybridantriebssträngen abzielen. Hierfür muss der Hybridantrieb im Einbauraum zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe zusätzlich zu den konventionellen Antriebsstrangkomponenten untergebracht werden. Die technische Lösung des Packagingproblems erfordert elektrische Maschinen höchster Leistungsdichten, die speziell für den Einsatz im Antriebsstrang ausgelegt sind. Die Bauraumvorgaben können aber nur erfüllt werden, wenn die elektrischen Maschinen mit speziell angepassten Antriebsstrangkomponenten zu kompakten Modulen verdichtet werden. Für die Ausrüstung eines Antriebsstrangs mit automatisiertem Handschaltgetriebe mit einem Hybridantrieb wird ein Integrationskonzept vorgestellt.

10 Komponenten

Dr. G. Lugert (Vortragender), **Dipl.-Ing. R. Knorr, Dipl.-Ing. G. Grassl, Dipl.-Ing. F. Lohrenz, Dr. H. Stocker, Siemens VDO Automotive AG**, Regensburg: „Die Energieversorgung im Antriebsstrang der Zukunft – Herausforderungen und Lösungen“

Der mittlere elektrische Energiebedarf in Kraftfahrzeugen ist in den letzten Jahren stetig angestiegen. Kurz- bis mittelfristig (2010 bis 2020) ist mit einem weiteren starken Anstieg zu rechnen – trotz eines möglichen elektrischen Energie-Managements. Dies ist hauptsächlich bedingt durch die Zunahme von Verbrauchern für Komfort, Sicherheit und Kommunikation. Aber auch am Antriebsstrang werden – getrieben durch gesetzliche Vorgaben – weitere Verbraucher zum Einsatz kommen, um die Effizienz des Verbrennungsmotors (CO₂-Ausstoß) zu steigern und die Abgasemissionen zu reduzieren. Verschärfend wirken dabei die gegensätzlichen Forderungen der Kunden nach mehr Fahrspaß bei maximal möglicher Fahrökonomie.

Es ist abzusehen, dass die bereits begonnenen Maßnahmen zur Absicherung des 14-V-Bordnetzes beim Pkw durch intelligente Regelung der Verbraucher, eingebunden in ein Power-Management, nicht in allen Fällen ausreichen werden.



Bild 13: Dr. Herbert Demel, Fiat Auto S.p.A.

Eine teilweise Elektrifizierung des Antriebsstrangs mittels Mild- und Power-Hybrid kann dabei mittelfristig ein Schritt zur Beseitigung des elektrischen Versorgungsmangels im Bordnetz sein. Zudem eröffnet hier die Option zur Rückgewinnung der kinetischen Energie aus der Verzögerung des Fahrzeugs eine Möglichkeit zur deutlichen Senkung des Kraftstoffs im Stadtverkehr (2020 bis 2030). Wenn in ferner Zukunft Fahrzeuge mit Brennstoffzellen-Modulen auf dem Markt angeboten werden, wird es keine elektrische Versorgungslücke mehr geben.

H. Ichinose (Vortragender), **T. Takaka, H. Kobayashi, Toyota Motor Corporation**, Shizuoka, Japan: „Toyota's Wärmemanagement-System – Kühlmittel-Wärmespeicherung in der Serie heute, neue Technologien für die Zukunft“

Im täglichen Fahrbetrieb werden nur etwa 30 % der gesamten Kraftstoffenergie zum Antrieb und zur Klimatisierung umgesetzt, während 60 % der Kraftstoffenergie als Abgas, Wärmeverluste und in der Aufwärmphase ungenutzt bleiben. Daher ist es wichtig, die gesamte Wärme-

energie im Fahrzeug zu betrachten, um den thermischen Wirkungsgrad zu verbessern. Hierbei gilt prinzipiell, Wärmeverluste zu reduzieren, um die Abgastemperatur zu erhöhen, sowie die Wärmeenergie zu speichern und beim nächsten Kaltstart zur Vorheizung zu nutzen. Weiterentwicklungen beinhalten Wärmemanagementstrategien unter Einbeziehung von Turbolader und Wärmetauschern zur Nutzung von Abgasenergie.

Toyota hat ein Kühlmittel-Wärmespeichersystem (CHSS) als eine Variante von Wärmemanagement-Systemen entwickelt, um Warmlaufemissionen und Innenraumkomfort zu verbessern. Das System erlaubt die Speicherung heißer Kühlflüssigkeit in einem Wärmespeichertank. Beim nächsten Kaltstart reduziert CHSS die unverbrannten Kohlenwasserstoffe durch schnelle Vorwärmung der Einlasskanäle mittels heißer Kühlflüssigkeit aus dem Wärmespeichertank. CHSS wird im US-Modell 2003 des Hybridfahrzeugs Prius eingesetzt. Das Fahrzeug erfüllt die ATPZEV-Grenzwerte, die die strengste Abgasgesetznorm in den USA

darstellen. Die Abhandlung betrachtet Wärmemanagement-Systeme mit Fokus auf dem neu entwickelten CHSS.

Auf die grundsätzlichen positiven Auswirkungen solcher Systeme wurde bereits beim 17. Internationalen Wiener Motoren-symposium 1996 durch einen Vortrag von Hofmann u. a., TU Wien, hingewiesen.

Dr.-Ing. W. Ifßler (Vortragender), **Dipl.-Ing. (FH) E. Kopf, Mahle GmbH**, Stuttgart: „Moderne Dieselmotoren – Entwicklung und Technologien“

Pkw-Motoren werden teilweise inzwischen für spezifische Leistungen von 60 kW/l und mehr entwickelt; die Mittel-drücke liegen, wie auch für Nkw-Motoren, deutlich über 20 bar. Hieraus resultieren größere in den Kolben einfallende Wärmemengen und demzufolge auch ein erhöhter Bedarf für eine wirkungsvolle Kolbenkühlung. Auch die mechanische Beanspruchung in Form des Verbrennungsspitzen-drucks von 170 bis 200 bar, im Nkw-Bereich noch darüber, verschärft die Aus-legungsbedingungen für den Kolben. Aus den Brennverläufen, die zu derartigen Zünddrücken führen, können zudem Druckverläufe mit negativen Auswirkungen auf die Kolben-Zylinder-Dynamik (Geräusch, Kavitation) resultieren. Hier kommt zur Systemoptimierung die numerische Simulation der Kolbenbewegung unter Berücksichtigung der Bauteilesteifigkeiten und konstruktiven Randbedingungen zum Einsatz, die durch Ergebnisse der motorischen Erprobung validiert wurde und somit erfolgreich in Parameterstudien eingesetzt werden kann. Technologisch sind einerseits Aluminiumkolben mit unterschiedlichen Kühlkonzepten, aber auch lokal faserverstärkte Aluminiumkolben, teilweise mit eingeschrumpften Nabenbuchsen, andererseits – bevorzugt im Nkw-Bereich – Stahlkolben, inzwischen überwiegend einteilig, Stand der Technik mit dem Potenzial, auch Verbrennungsspitzen-drücke über 180 bis 200 bar sicher aufnehmen zu können.

11 Aufladung

Dr.-Ing. R. Krebs (Vortragender), **Dr.-Ing. J. Böhme, Dipl.-Ing. R. Dornhöfer, Dr.-Ing. R. Wurms, Dipl.-Ing. K. Friedmann, Dipl.-Ing. J. Helbig, Dipl.-Ing. W. Hatz, Audi AG**, Ingolstadt: „Der neue Audi 2,0T-FSI-Motor – Der erste direkteinspritzende Turbo-Ottomotor bei Audi“

Mit dem 2,0T-FSI-Motor kombiniert Audi erstmals die Direkteinspritzung bei Ottomotoren mit der Turboaufladung und zeigt damit die konsequente Weiterentwicklung der FSI-Technologie. Der 2,0T-FSI-Motor nutzt die Vorteile des FSI-Brenn-

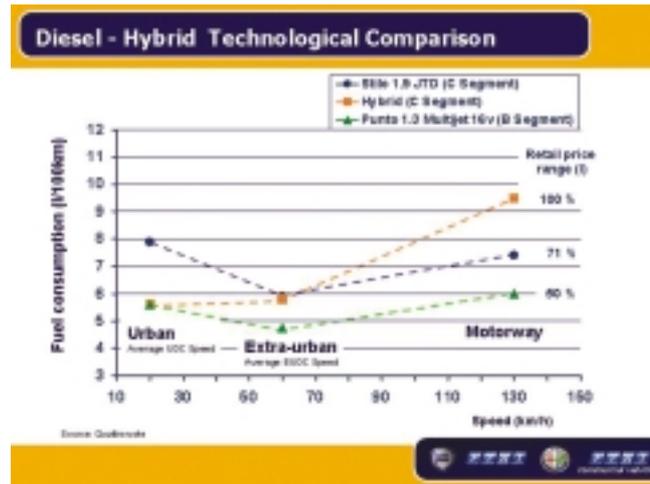


Bild 14: Technischer Vergleich Diesel-Hybrid (Fiat)

verfahrens und verbindet sie mit der Dynamik der Turboaufladung. Das Ergebnis ist ein äußerst agiles Aggregat, das mit 147 kW Leistung, seinem überragenden Drehmomentverlauf (280 Nm von 1800 bis 4700/min) und seinem exzellenten Ansprechverhalten viel Fahrspaß bei moderatem Verbrauch vermittelt. Das Aggregat soll sowohl in der Längs- als auch in der Querplattform des VW-Konzerns eingesetzt werden. Bei der Entwicklung wurde deshalb auf eine maximale Anzahl an Gleichteilen Wert gelegt. Die Einhaltung der Euro-4- und der ULEV-2-Abgasgrenzwerte werden von dem neuen Motor genauso selbstverständlich erfüllt wie zukünftige OBD-Anforderungen.

Dr. N. Schorn (Vortragender), **Dr. L. Gaedt, Dr. H. Schulte, Ford Forschungszentrum Aachen; O. Salvat, E. Strusi, PSA Peugeot Citroën**, La Garenne-Colombes: „Elektrisch angetriebene Verdichter als Ergänzung zur Abgasturboaufladung“

Es werden verschiedene Aufladesysteme vorgestellt, die einen Beitrag zur Verbesserung des Lastannahmeverhaltens und zur Erhöhung des Anfahrmoments bei gleichzeitig gesteigerter Motorleistung liefern können. Detailliert eingegangen wird auf den elektrisch angetriebenen Verdichter als Vorstufe zum konventionellen Abgasturbo-lader. Mit Hilfe eines Funktionsprüfstands für elektrische Verdichter werden die wesentlichen Kennwerte verschiedener Ladervarianten ermittelt. Prüfstands- und Fahrzeuguntersuchungen demonstrieren das Potenzial zur Drehmomentanhebung, zur Elastizitätserhöhung und zur Verbesserung des Kaltstartverhaltens, zeigen aber auch weiteren Entwicklungsbedarf auf. Basierend auf Fahrzeugversuchen mit einem Personenkraftwagen und einem leichten Nutzfahrzeug werden Lastkollektive für den E-Verdichter ermittelt und die

Auswirkungen und Anforderungen an das Bordnetz beschrieben.

Dipl.-Ing. A. Franz (Vortragender), **Dr.-Ing. S. Wild, Dipl.-Ing. H. Katsivelos, Mann+Hummel GmbH**, Ludwigsburg: „Der Wettbewerb von Strömungsmaschine und Impuls-lader für ein optimales transientes Verhalten und geringste Abgas-emissionen des Verbrennungsmotors“

Ein wichtiges Entwicklungsziel bei Verbrennungsmotoren ist ein hohes Drehmoment in einem möglichst breiten Drehzahlbereich sowie ein gutes transientes Verhalten. Mann+Hummel verfolgt innovative Konzepte zur Steigerung des Luftaufwands, die gasdynamische Vorgänge beim Ladungswechsel verstärken und zusätzliche Freiheitsgrade bei den Ventilsteuerzeiten schaffen, um dieses Entwicklungsziel zu erreichen. Ein wesentlicher Drehmomentanstieg soll vor allem im Drehzahlbereich von 1000 bis 3000/min erreicht werden. Eine ideale Anwendung wäre sowohl bei Otto- als auch bei Dieselmotoren denkbar, mit oder ohne Abgasturbo-lader und Direkteinspritzung/Kanal-einspritzung. Der Gewinn kann ein Drehmomentanstieg unter stationären Bedingungen oder auch gesteigerte Dynamik sein. Der Beitrag zeigt den Stand der Entwicklung von Impuls-klappe und elektrischem Zusatzverdichter im Ansaugsystem sowie erste Ergebnisse, die mit Prototypen auf Versuchsmotoren erreicht werden.

12 Sondermotoren

T. Reid (MEng), R. Poirier (BEng), J. Stueven (MEng), B. Beilfuss (BEng), Dipl.-Ing. C. Bruestle (Vortragender), **Mercury Marine**, Fond du Lac, Wisconsin, USA: „Mercury Marine’s neue Sechszylinder-Hochleistungsmotoren-Familie: Die nächste Generation der Marinetchnologie“

Mit der vollständig neu konzipierten Sechszylinder-Reihenmotoren-Familie mit mechanischer Aufladung ist es gelungen, die zahlreichen und komplexen Anforderungen an ein Viertakt-Motorenkonzept für den Außenbordmotor-Markt zu erfüllen. Überlegenes Drehmoment, klassenbestes Motorleistungsgewicht und vorbildliches NVH-Verhalten etablieren die nächste Stufe der Kundenwünsche an einen Marinemotor. Servolenkung in Verbindung mit elektronisch gesteuerter Schaltung, E-Gas sowie vielfältige neue Motorsteuerungs-Features für sicheren Bootsbetrieb setzen neue Standards für Marine-Antriebssysteme.

R. Stefansson (Vortragender), **B. Andersson, AB Volvo Penta**, Gothenborg; **Prof. Dr. F. X. Moser, W. Petutschni** (Vortragender), **Dipl.-Ing. F. Zieher, AVL List GmbH**, Graz: „Eine neue Familie von Hochleistungs-Marine-Dieselmotoren von Volvo Penta“

Für den Einsatz in „Pleasure“-Booten wurde eine neue Familie von Dieselmotoren entwickelt, die sich durch eine besonders hohe Leistungsdichte, voll elektronisches Common-Rail-Einspritzsystem, Vierventiltechnik und besonders günstiges Leistungsgewicht auszeichnet. Zur Beherrschung der hohen Brennraumspitzendrücke von über 200 bar wurden modernste Simulationswerkzeuge eingesetzt, um die Materialien voll ausnutzen zu können und gleichzeitig die geforderte Betriebssicherheit zu garantieren. Wohl erstmalig bei der Entwicklung derartiger Motoren wurde das Know-how und die breite Erfahrung in der Motorenentwicklung des Engineering-Unternehmens AVL im großen Umfang eingesetzt und gemeinsam die Entwicklung bis zur Serienreife betrieben.

Dipl.-Ing. W. Nehse (Vortragender), **Dipl.-Ing. S. Rudert, Dr.-Ing. J. Reissing, BMW Motorrad**, München: „Evolutionen beim Boxermotor von BMW Motorrad“

Der Vortrag beschreibt die Konstruktion und Auslegung des neuen Boxermotors der BMW R 1200 GS. Dies umfasst neben einer Beschreibung des Grundmotors und des Getriebes die Darstellung der Motorperipherie wie Saug- und Abgasanlage und der Nebenaggregate. Weiterhin werden unterschiedliche Optimierungsschritte während der Entwicklung sowie Auslegungskriterien und -ziele der unterschiedlichen Komponenten sowie des Gesamtaggregate beleuchtet. Um die vereinbarten Ziele zu erreichen, wurden während der Entwicklungsphase des Motors neben umfangreichen experimentellen Untersuchungen unterschiedliche numerische Simulationsverfahren erfolgreich

angewendet. Dazu werden exemplarische Ergebnisse zu Strömungssimulation, Strukturoptimierung und Ladungswechsel vorgestellt. Die experimentelle Analyse des Motors liefert unter anderem detaillierte Ergebnisse zu Reibungsverhalten, innermotorischen Vorgängen und Ladungswechseleffekten. Weiterhin werden Ergebnisse zu grundsätzlichen motorischen Größen und Schadstoffverhalten vorgestellt. Schließlich erfolgt eine Beschreibung des eingesetzten Motormanagements mit dem realisierten Diagnosekonzept.

13 Abgasreinigung

Dipl.-Ing. J. Kahrstedt (Vortragender), **Dipl.-Ing. G. Buschmann, Dipl.-Ing. O. Predelli, Dr.-Ing. K. Kirsten, IAV GmbH**, Berlin: „Homogenes Dieselmotorenverfahren für Euro 5 und TIER 2/LEV 2 – Realisierung der modifizierten Prozessführung durch innovative Hardware- und Steuerungskonzepte“

Der Beitrag zeigt das Potenzial eines homogenen Dieselmotorenverfahrens als ein Konzept für den unteren Teillastbereich des Motorkennfelds. Das idealisiert auch als Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) bezeichnete Verfahren ermöglicht eine praktisch NO_x - und rußfreie Verbrennung, welche die Anforderungen an kostenintensive aktive Abgasnachbehandlungssysteme entscheidend verringert. Ausgehend von einer Analyse der gesetzlichen Rahmenbedingungen und des aktuellen Entwicklungsstands der homogenen Dieselmotoren auf Basis heutiger Motorkonzepte werden die Anforderungen für die Realisierung der veränderten Prozessführung durch reaktionskinetische Betrachtungen in Verbindung mit der Motorprozess-Simulation erarbeitet und durch Messungen am Einzylindermotor verifiziert. Das Hauptaugenmerk der künftigen Entwicklung zur Erweiterung des Lastbereichs ist auf die Feinabstimmung der innermotorischen Prozessführung (Einlasstemperatur, Verdichtung, Abgasrückführung, Ladedruck, Ladungsmasse, Einspritzung und Gemischbildung) zu legen, die eine zum Teil auf physikalischen Modellen basierende Motorsteuerung verlangt. Es wird aufgezeigt, dass der Ansatz einer homogenen Dieselmotorenverbrennung im Wesentlichen in die gleiche Richtung zeigt wie die evolutionäre Weiterentwicklung heutiger Pkw-Dieselmotoren.

Dr.-Ing. J. Schommers (Vortragender), **Dipl.-Ing. C. Enderle, Dipl.-Ing. R. Binz, Dr.-Ing. F. Duvinage, Dipl.-Ing. N. Ruzicka, Daimler-Chrysler AG**, Stuttgart: „Das

neue Mercedes-Benz-Dieselpartikelfilter-Konzept für Pkw in Verbindung mit der Abgasstufe Euro 4“

Als weltweit erster Hersteller hat Mercedes-Benz im Jahr 1985 in den USA einen Pkw mit Dieselpartikelfilter auf den Markt gebracht. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wird seit Oktober 2003 weltweit erstmals ein Pkw mit Dieselpartikelfilter verkauft, der auch die anspruchsvollen Grenzwerte der Euro-4-Gesetzgebung erfüllt. Die Regeneration des Partikelfilters erfolgt dabei durch motorische Maßnahmen ohne Zusatz von Additiven. In Feldtests wurde bestätigt, dass mit diesem neuen Dieselpartikelfilter-Konzept der zuverlässige Betrieb unter allen kundenrelevanten Fahrbedingungen problemlos möglich ist.

Dipl.-Ing. M. Ganz (Vortragender), **Dipl.-Ing. S. Hackmayer, quattro GmbH**, Neckarsulm; **Dipl.-Ing. C. Kruse, Dipl.-Ing. A. Reck, Emitec GmbH**, Lohmar: „Innovatives Katalysatorsystem für den Audi RS6, 8 Zylinder, 4,2 l, 331 kW mit LEV-Zertifizierung“

Seit 2002 ist der sportliche Audi RS6 TLEV mit seinem Achtzylinder-Biturbomotor in Serie. Der Hochleistungsmotor mit 4,2 l Hubraum besitzt ein überragendes Drehmoment von 560 Nm und leistet 331 kW. Um der anhaltenden Nachfrage in den USA gerecht zu werden, musste für den Verkauf ab 2004 die LEV-Gesetzgebung erfüllt werden. Die daher nötige Halbierung der Emissionen erforderte sowohl motorische Maßnahmen als auch ein innovatives Katalysatorsystem, wobei der Abgasgedruck und der zur Verfügung stehende Bauraum nicht verändert werden durfte. Zur Abgasnachbehandlung werden zwei motornahe und zwei Unterbodenkatalysatoren mit Metallträgerstruktur verwendet.

Im Audi RS6 wird weltweit erstmals ein völlig neues Katalysatorkonzept, das „PE-Design“, in Serie eingesetzt. Die für den Vorkatalysator verwendeten Metallfolien sind mit 8 mm großen Löchern perforiert. Durch die sogenannte PE-Folie ist es erstmalig möglich, die Strömung von einem Zellkanal in die Nachbarkanäle überströmen zu lassen. Durch die Perforation und die Verwendung einer dünneren Folie konnte bei gleicher Zelldichte die Wärmekapazität des Metallträgers gegenüber der TLEV-Variante um die Hälfte reduziert werden. Dies hat zur Folge, dass der Katalysator im Kaltstart schneller die Betriebstemperatur erreicht. Unterstützt werden die Kaltstarteigenschaften durch die Gestaltung des Katalysatormantels mit integrierter Luftspaltisolation, bei der die Wärmeverluste insbe-



Bild 15: Zufriedene Gesichter im Auditorium

sondere im für den Kaltstart wichtigen vorderen Bereich minimiert werden. In Verbindung mit den motorischen Maßnahmen sowie der parallel entwickelten Beschichtung von Engelhard Technologies konnten die LEV-Grenzwerte auch nach 60.000 Meilen Straßendauerlauf deutlich unterschritten werden.

14 Schlussplenarsektion: Zukunftsperspektiven

Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. H.-J. Schöpf, Mitglied des Geschäftsfeldvorstands Mercedes Car Group, **Daimler-Chrysler AG**, Sindelfingen, **Bild 11**: „Mercedes Car Group – Perspektiven für die Zukunft des Automobils“

Auf der Basis von 35 Jahren Weiterentwicklungsarbeit und Mitgestaltung des Automobils und seiner Antriebstechnik gibt der Vortragende einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen. Zukunftsfähige Motoren sind prinzipiell die Voraussetzung für die Zukunft des Automobils. Nicht politischer Aktionismus, sondern Vernunft und Augenmaß und möglichst weltweite Einheitlichkeit sollten die Grundlage bei der Definition von Gesetzen

bilden. Die traditionelle Gliederung des Pkw-Marktes in Kleinwagen, Mittelklasse und Oberklasse hat seit Anfang der 90er-Jahre an Bedeutung verloren. Stattdessen gibt es eine Fülle an Varianten wie Roadster, Coupés, Off-Roader, Großraumlimousinen etc., was sich natürlich auch auf die Motoren auswirkt. Mercedes hat diesen Trend rechtzeitig erkannt und innerhalb von sieben Jahren 16 neue Modelle vorgestellt.

Bezüglich des Antriebsstrangs setzt Mercedes auf ein Vier-Stufenkonzept: Weiterentwicklung der konventionellen Otto- und Dieselmotoren, Einsatz neuer synthetischer Kraftstoffe sowie alternative Antriebskonzepte wie Hybrid und Brennstoffzelle. Beim Ottomotor erwartet sich Schöpf von der Direkteinspritzung der 2. Generation das beste Nutzen/Kostenverhältnis und eine Verbrauchseinsparung von zirka 10 %. Beim Dieselmotor werden Partikelfilter und verminderte Rohemissionen durch homogenere Gemischverteilung und noch flexiblere Gemischbildung erforderlich sein. Weitere Optionen sind NO_x -Speicherkatalysator und SCR-Technik.

Auf Basis des E200-Kompressors ging kürzlich eine Limousine mit bivalentem Benzin-/Erdgas-Antrieb in Serie. Bei der Hybridtechnik hat Schöpf gewisse Zweifel, ob eine derart aufwändige Technik Sinn macht. Mit etwa 100 Brennstoffzellen-Fahrzeugen sammelt Mercedes-Benz derzeit Praxiserfahrungen.

Prof. Dr.-Ing. B. Göschel, Mitglied des Vorstands, **BMW AG**, München, **Bild 12**: „Einsatzmöglichkeiten für Hybridantriebe in BMW-Fahrzeugen“

Prof. Göschel stellte die Frage in den Raum, warum das Thema Hybrid in der letzten Zeit so stark in das Interesse der breiten Öffentlichkeit gerückt ist und ob es wirklich die Lösung der Umweltprobleme des 21. Jahrhunderts sein kann. Bei genauerer Betrachtung der Hybrid-Technik geht es bei der Kombination von zwei Antriebssystemen nicht nur um die Nutzung der Bremsenergie, es muss vielmehr die gesamte Energiekette betrachtet werden, um Energieverbrauch, Emissionen und markenprägende Eigenschaften nachhaltig zu optimieren. Prof. Göschel stellte klar, dass Hybridantriebe in diesem Sinn keine geeigneten Beispiele für eine

Einladung

Das **26. Internationale**

Wiener Motorensymposium

findet am

28. und 29. April 2005

im Kongresszentrum **Hofburg**

Wien statt, wozu schon heute

herzlich eingeladen wird.

Rechtzeitige Anmeldung

nach Programmbekanntgabe

im Internet Ende Dezember

2004 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

Internet: www.oevk.at

nachhaltige Gesamtoptimierung sind. Die heutigen Konzepte zielen eher auf die Erfüllung spezifischer gesetzlicher Anforderungen, wie zum Beispiel ZEV Mandat oder City Maut London. Er zeigte sich fest überzeugt, dass der Verbrennungsmotor heute und in Zukunft am besten geeignet ist, gleichzeitig der Verantwortung zur Nachhaltigkeit nachzukommen und die Anforderungen der Kunden zu erfüllen. Dennoch sieht BMW in der intelligenten Nutzung elektrischer Systeme eine interessante Möglichkeit zur Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors – dies aber immer im Wettbewerb zu konventionellen Maßnahmen.

Beim BMW-Forschungskonzept „X5 Efficient Dynamics“ unterstützt ein Elektromotor zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe den konventionellen Antrieb beim Beschleunigen. Zusammen

erreichen Elektromotor und Verbrennungsmotor eine beachtliche Drehmomentenerhöhung und ein hervorragendes Anspruchsverhalten. Als Energiespeicher werden Hochleistungskondensatoren verwendet, die für die Speicherung von Rekuperationsergie den besten Wirkungsgrad aufweisen. In Zukunft ist auch ein „Aktivgetriebe“ vorstellbar: Ein kompaktes intelligentes Aggregat mit geringem Gesamtgewicht, bei dem die elektrische Maschine und die gesamte Leistungselektronik ins Getriebe integriert sind, die Energiespeicherung in Kondensatoren.

Hybrid ist eine interessante Idee, sie muss jedoch richtig verstanden und intelligent angewendet werden. Nicht alles, was auf diesem Gebiet technisch machbar ist, ist auch ökologisch, ökonomisch und vor allem aus Kundensicht überzeugend.

Dr. H. Demel, Chief Executive Officer, **Fiat**, Turin, **Bild 13**: „Fiat Fiat“

Demel, der Ende 2003 die gewaltige Aufgabe übernommen hat, als CEO Fiat wieder in die Gewinnzone zu bringen, erläuterte im Vortrag „Fiat Fiat“ (zu deutsch etwa „Fiat möge wieder werden ...“) seine Strategie. Zunächst ist davon auszugehen, dass in den vergangenen zehn Jahren die inflationsbereinigten Automobilpreise etwa gleich geblieben sind und dies auch in Zukunft wohl so bleiben wird. Mehrerlöse können also kaum über höhere Preise erzielt werden. Fiat soll durch bessere Marken-Positionierung, Produktentwicklung, Kostensenkungen und Marktausweitung dennoch 2005 den operativen Break-even erreichen, den Net-Break-Even im Jahr 2006. Im Jahr 2004 kommen als neue Produkte auf den Markt: von Fiat: Idea, Panda 4WD; von Alfa Romeo: Alfa Crosswagon; von Lancia: Musa; weitere Modelle werden überarbeitet.

Demel wies darauf hin, dass Fiat technische Neuerungen oft als Erster auf den Markt brachte, ohne dass davon in der Fachwelt viel Notiz genommen wurde: 1987 der weltweit erste kleine Dieselmotor mit Direkteinspritzung, 1997 der weltweit erste Common-Rail-DI, 2003 die weltweit erste Mehrfacheinspritzung Common-Rail-DI. Zu den Entwicklungsarbeiten an alternativen Antrieben zeigte Demel einen interessanten Verbrauchs- und Kostenvergleich zwischen Diesel- und Hybrid-Technologie, **Bild 14**, für den Stilo 1,9 JTD (C-Segment), einen Hybrid (C-Segment)

Tagungsband

Die Vorträge des 25. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschrittsberichten, Reihe 12, Nr. 566, 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

Internet: www.oevk.at

sowie den Punto 1,3 Multijet 16 V (B-Segment). Man erkennt, wie viel teurer ein Hybrid im innerstädtischen Verkehr ist und wie hoch der Mehrverbrauch auf der Autobahn ist.

Bezüglich der Erweiterung der Märkte für Fiat setzte sich Demel die Reihenfolge: Europäische Union; Brasilien; Türkei; China; Indien. Positiv merkte er an, dass im ersten Quartal 2004 gegenüber 2003 die Fiat-Verkäufe in Italien um 4,3 %, im restlichen Europa um 2,8 % gestiegen sind.

In Anspielung auf den lateinischen Vortragstitel wünschte Prof. Lenz für die Zukunft: „Fiat vivat, floreat, crescat“ (Fiat möge leben, blühen und wachsen).

Mit der Einladung zum 26. Internationalen Wiener Motorensymposium beschloss Prof. Lenz unter großem Beifall die Tagung, **Bild 15**. ■