



HOFBURG

**39. INTERNATIONALES
WIENER MOTORENSYMPOSIUM
26. UND 27. APRIL 2018**

VIENNA
MOTOR SYMPOSIUM

WIENER
MOTORENSYMPOSIUM

**39TH INTERNATIONAL
VIENNA MOTOR SYMPOSIUM
APRIL 26TH AND 27TH, 2018**



39. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPIOSIUM



Anlässlich des 39. Internationalen Wiener Motorensymposiums am 26. und 27. April 2018 trafen sich wie jedes Jahr über 1100 führende Ingenieure und Wissenschaftler der Motoren- und Antriebsentwicklung aus aller Welt. Der vorliegende Bericht stellt zum Teil gekürzte Zusammenfassungen der Vorträge der einzelnen Autoren sowie der Reden der beiden Organisatoren der Veranstaltung, Univ.-Prof. Dr. Bernhard Geringer, Vorsitzender des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik, und Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz, Ehrenvorsitzender des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik, vor. Auf der Webseite des Internationalen Wiener Motorensymposiums (wiener-motorensymposium.at) stehen für Teilnehmer alle Vorträge dieses und vergangener Symposien zum Download bereit.

AUTOREN



Univ.-Prof. Dr. Bernhard Geringer
ist Vorsitzender des
Österreichischen Vereins für
Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) in Wien.



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

EINLEITUNG

Nach einer Begrüßungsfanfare des Orchesters der Technischen Universität Wien grüßte Prof. Lenz, **BILD 1**, die Teilnehmer des 39. Internationalen Wiener Motorensymposiums.

Prof. Lenz führte einleitend zum Thema „Batterien und Verbrennungsmotoren liegen im Wettstreit, wer wird der Sieger sein?“ aus: „Seit 50 bis 60 Jahren vermessen wir immer wieder verschiedene Motorkomponenten oder Antriebskonzepte, ob sie besser geeignet sind als die bestehende Technik. Denken Sie an die Benzineinspritzung, Aufladung oder gänzlich neue Antriebssysteme wie Gasturbinen von Daimler oder Volvo. Erinnern Sie sich an den Parallel-Hybrid von VW, den Audi-Duo oder den Dampf-motor? Beim Wettbewerb batterieelektrisch – Verbrennungsmotor zeigen beide Vor- und Nachteile und beinhalten noch Herausforderungen, zum Beispiel die Kosten der Ladeinfrastruktur und deren Errichtung. Auch die Problematik, ob ausreichend Strom für E-Mobile regenerativ hergestellt werden kann, ist zu erwähnen.“

Im vergangenen Jahr wurden Otto-motoren vorgestellt, die abgasseitig alle erforderlichen Forderungen erfüllen. In diesem Jahr folgen entsprechende Dieselmotoren von vier Herstellern beziehungsweise Zulieferern.



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

Es ist sicher klug, alle Antriebsformen im Hinblick auf zukünftige Anwendungen zu untersuchen, aber soll man von einer Art auf die andere springen? Muss man dabei gleich die Fertigung in Millionenstückzahlen planen, ohne zu wissen, ob der Kunde die Entwicklung annimmt? Ist nicht die erfolgreiche Einführung oder Ablehnung einer neuen Antriebsart besser, wenn es sich zunächst um geringere Stückzahlen handelt? Das Rennen Diesel – E-Mobil läuft noch, keine vorzeitigen Schlüsse.“

Anschließend folgte die von Prof. Lenz geleitete Plenar-Eröffnungssektion, **BILD 2**.

PLENAR-ERÖFFNUNGSEKTION

Anders Nielsen, **BILD 3**, Chief Technical Officer, Volkswagen Truck & Bus, Södertälje, Schweden: „Wie Volkswagen Truck & Bus die Zukunft des Transports mitgestaltet.“

„Wir leben in einer von dramatischem Wandel gekennzeichneten Welt, in der Ineffizienzen nicht mehr zulässig sind. Wir sprechen nicht mehr von Evolution bei der Entwicklung von automatisierten, vernetzten und saubereren Fahrzeugen mit alternativen Antrieben. Die Nutzfahrzeugindustrie befindet sich inmitten

BILD 2 Plenar-Eröffnungssektion v. l. n. r.:

Prof. S. Wolf, Prof. H. P. Lenz, A. Nielsen, Prof. H. List, Prof. B. Geringer



BILD 3 A. Nielsen, Volkswagen Truck & Bus





BILD 4 Prof. KR Ing. S. Wolf, Russian Machines LLC

zu einem Drittel der Betriebskosten beim Langstreckentransport eingespart werden. Konnektivität stellt somit einen großen Schritt in Richtung Optimierung des Systems für unsere Kunden dar. Der Verbrennungsmotor wird noch viele Jahre lang eine bedeutende Rolle spielen, obwohl die elektrischen Antriebe im Laufe der Zeit aufholen werden. Die Kombination dieser drei Technologien – automatisiert, vernetzt und sauber – wird eine radikale Transformation bewirken. Eines steht jedenfalls fest: In der Welt des Transports werden massive Veränderungen stattfinden.“

Prof. KR Ing. Siegfried Wolf, BILD 4, Verwaltungsratsvorsitzender, Russian Machines LLC, Moskau, Russland: „Russland, ein schlafender Riese?“

„Ich freue mich sehr, dass ich mich mit Ihnen über ein Thema, das aktueller denn je ist, austauschen kann: Russland, ein schlafender Riese? Der russische Markt besitzt seit jeher für deutsche und österreichische Unternehmen einen sehr hohen Stellenwert. Sehr gerne werde ich Ihnen jetzt einen Überblick geben – über die Situation in Russland, welcher Markt eigentlich dahintersteckt, mit welchen Situationen wir uns auseinandersetzen müssen. Das heißt zum einen die Probleme

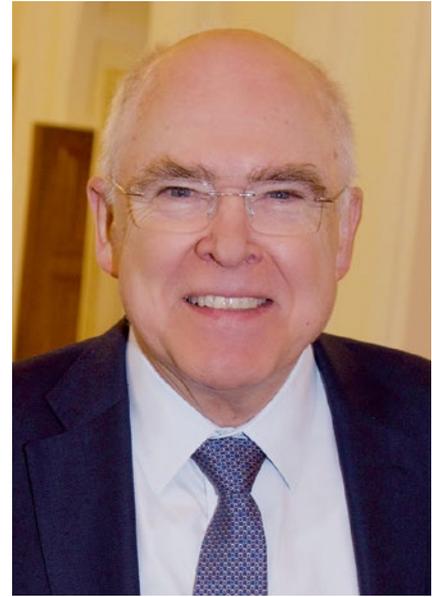


BILD 5 Prof. Dr. H. List, AVL List GmbH

in Russland selber, zum anderen die gesamte Sanktionspolitik. Sanktionen sind ein klassischer und ein politischer Risikofaktor für Unternehmen, direkt und indirekt sind wir davon betroffen.“

Prof. Dr. Helmut List, BILD 5, Vorsitzender der Geschäftsführung, AVL List GmbH, Graz, Österreich: „Antriebssysteme im Wandel.“

einer Revolution. Unsere Lkw können Daten sammeln und übertragen, was die Voraussetzung für die Entwicklung neuer Technologien darstellt. Diese zielen darauf ab, das gesamte Ökosystem zu optimieren. Dank Konnektivität können für automatisierte Fahrzeuge immer intelligentere Systeme geschaffen werden. Damit kann perspektivisch bis



BILD 6 Festsaal

„Der Verbrennungsmotor hat das klare Potenzial, durch Nutzung der Synergien insbesondere mit leistbarer Elektrifizierung – Stichwort milde Hybridisierung wie beispielsweise auf 48-V-Niveau – sowohl die CO₂-Emissionen noch weiter abzusenken als auch den Schadstoffausstoß so weit zu reduzieren, dass die Luftqualität auch in Ballungsgebieten wieder verbessert wird – ‚Zero Impact Emission‘.“

wendigen kurzen Entwicklungszeiten darstellbar. Hier sei eine wesentliche Verlagerung der Entwicklung, aber auch der Validierung in die virtuelle Welt erforderlich. Bestimmend sei an dieser Stelle eine effiziente Verknüpfung von realen und virtuellen Entwicklungsumgebungen, die ein nahtloses Springen zwischen den jeweils effektivsten Entwicklungsumgebungen erlaubt.

„Nicht nur der Antrieb selbst ist im Wandel, sondern auch die Entwicklungsmethodik des Antriebs“, so List.

Nach der gemeinsamen Plenar-Eröffnungssektion folgten in zwei Parallelsektionen, **BILD 6** und **BILD 7**, die Fachvorträge unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur, **BILD 8**, Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder, **BILD 9**,



BILD 7 Zeremoniensaal

List führt aus, dass Verbrennungsmotor, batterieelektrischer Antrieb und Brennstoffzelle weniger als konkurrierende Wettbewerber, sondern vielmehr als synergetisch kombinierbare Bausteine gesehen werden sollten, um die zukünftigen Anforderungen möglichst effizient zu erfüllen.

Für die zukünftige Technologieverteilung im Markt sei jedoch schlussendlich die praktische Umsetzbarkeit einer explodierenden Modellvielfalt in robuste Serienlösungen bestimmend – insbesondere unter der Randbedingung der von immer kürzeren und rascheren Änderungen der Gesetzgebung geprägten Entwicklungszyklen.

Dies sei mit traditionellen Entwicklungsansätzen weder in der erforderlichen Validierungstiefe noch in den not-



BILD 8 Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur



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



BILD 10 Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder



BILD 11 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer



BILD 12 Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann

Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder, **BILD 10**, Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, **BILD 11**, Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann, **BILD 12**, Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg, **BILD 13**, Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz, **BILD 14**, und Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger, **BILD 15**. Eine umfassende Ausstellung neuer Motoren, elektrischer Antriebssysteme, Komponenten und Fahrzeuge ergänzte die Vorträge **BILD 16**, **BILD 17**, **BILD 18**, **BILD 19**, **BILD 20** und **BILD 21**.

NEUE DIESELMOTOREN

Ing. F. Steinparzer, **BILD 22**, BMW Motoren GmbH, Steyr, Österreich: „Die Technik des neuen BMW Sechszylinder-Dieselmotors im X4 M40d.“

„Mit Einführung des neuen BMW 7er startete in 2015 das Ausrollen der neuen Sechszylinder-Dieselmotorenfamilie. Neben der 30d-Position wird auch eine 40d- und 50d-Leistungsstufe angeboten. Neu im Portfolio dieser Motorengeneration ist ein M-Performance-Modell unter der Bezeichnung M40d. Zielsetzung bei der Entwicklung des neuen Antriebs waren die M-typischen Leistungs- und Dynamikeigenschaften sowie die Befähigung auf die neueste EU-Emissionsgesetzgebung.

Es wird die Technik zur Erreichung der anspruchsvollen Gesamtzielsetzung beschrieben, und es werden die Funktionsergebnisse für Fahrleistung, Verbrauch und Emissionen gezeigt.“

Dr.-Ing. A. Kufferath, **BILD 23**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Deutschland:



BILD 13 Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg

„Der Diesel Powertrain auf dem Weg zu einem vernachlässigbaren Beitrag bei den NO₂-Immissionen in den Städten.“

„Seit September 2017 gilt in der EU die erste Stufe (Euro 6d temp) des Maßnahmenpakets zu Realfahrmissionen (RDE). Die zweite Stufe (Euro 6d final) tritt zum 1. Januar 2020 in Kraft. Die damit einhergehenden Anforderungen werden einen deutlichen Beitrag zur weiteren Reduktion der Luftbelastung durch Pkw-Emissionen in Städten leisten. Durch den flächendeckenden Einsatz von Partikelfiltern bei Dieselmotoren werden die Partikel nicht weiter als Handlungsfeld für diesen Antrieb



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



BILD 15 Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger



BILD 16 Ausstellung: Stand von Audi



BILD 17 Außenausstellung von AVL



BILD 18 Ausstellung: Stand von Bosch



BILD 19 Ausstellung: Stand von Daimler

BILD 20 Ausstellung: Stand von Miba



BILD 21 Ausstellung: Stand von VW



BILD 22 Ing. F. Steinparzer, BMW Motoren GmbH



BILD 23 Dr.-Ing. A. Kufferath, Robert Bosch GmbH



BILD 24 Dipl.-Ing. M. Köhne, Volkswagen AG

betrachtet, sondern der Fokus der Entwicklungsaktivitäten liegt auf der weiteren Senkung der Stickoxidemissionen und auf der robusten Absicherung eines niedrigen Emissionsniveaus auch unter kritischen Fahr- beziehungsweise Umgebungsbedingungen. Hierfür sind ein optimales Zusammenspiel von Verbrennungsmotor und Abgasnachbehandlungssystem sowie ein effizientes Temperaturmanagement unerlässlich. Eine konsequente Umsetzung dieser Maßnahmen steht ausdrücklich nicht im Widerspruch zu dem CO₂-Vorteil, den der Diesel Powertrain mitbringt. Die Auflösung dieses Zielkonflikts wird an einem Versuchsträger detailliert aufgezeigt. Weiterhin werden die Emissionsergebnisse dieser Untersuchungen als Eingangsparameter in eine Immissionsimulation am kritischen Hotspot ‚Am Neckartor‘ in Stuttgart verwendet. Es kann dargestellt werden, dass die These eines vernachlässigbaren Anteils des Diesel Powertrain zu den NO₂-Immissionen selbst an den kritischen Hotspots Realität werden kann.“

Dipl.-Ing. M. Köhne, BILD 24, Volkswagen AG, Wolfsburg, Deutschland: „Die neue Vierzylinder-Dieselmotoren- generation von Volkswagen.“

„Der Dieselantrieb stellt im Antriebs- portfolio der Volkswagen AG einen wichtigen Baustein zur Erfüllung der Kundenbedürfnisse und zur Erreichung der CO₂-Ziele des Unternehmens dar“, so Köhne. Der Beitrag beschreibt die Zielsetzungen für die neue Vier-

zylinder-Dieselmotoren- generation von Volkswagen und ihre wesentlichen technischen Merkmale. Der neue Motor wurde im Hinblick auf eine weitere deutliche Effizienzsteigerung, auf die Erfüllung sämtlicher, auch künftiger Abgasanforderungen im Bereich EU 28 und der Anwenderländer, auf die Verbesserung von Leistungsentfaltung sowie Komfort und auf eine deutliche Gewichtsreduzierung entwickelt. Köhne erläutert, dass der neue Vierzylinder- Dieselmotor von Volkswagen zunächst in den Fahrzeugen der Marke Audi mit längs eingebautem Motor und mit einer milden Hybridisierung zum Einsatz kommt. Der Motor wird in der Folge in den Konzernfahrzeugen mit quer eingebautem Motor eingesetzt werden und die Vorgängergeneration bis 2021 dort vollständig ersetzen.

Dr. M. Kemmner, BILD 25, Daimler AG, Stuttgart/Sindelfingen, Deutschland: „OM 654-1,6-l – Der verbrauchs- optimierte Vierzylinder-Einstiegs- motor aus der neuen Dieselmotoren- familie von Mercedes-Benz.“

„Die neue Dieselmotoren- familie von Mercedes-Benz wurde mit der Basis- variante des Vierzylinder- motors OM 654 und dem Sechszylinder- motor OM 656 erfolgreich eingeführt. Dazwischen hat sich der OM 654 Top Type mit zwei- stufiger Aufladung eingereiht.

Das Portfolio wird mit dem hier vorgestellten Einstiegs- motor OM 654 mit 1,6 l Hubraum, im Weiteren als OM 654 D16 bezeichnet, nach unten

abgerundet. Zentrales Entwicklungs- ziel dieses Motors war, neben der Realisie- rung eines sehr niederen Emissions- niveaus und der Erfüllung von RDE Stufe 1 beziehungsweise Euro 6d temp, eine deutliche CO₂-Reduzierung gegen- über der Basisvariante zu erreichen. Die Verbrauchsvorteile werden aus dem für den reduzierten Brennraum angepassten Stufenmuldenbrenn- verfahren, aus Maßnahmen zur Reibungs- minderung sowie aus der weiterentwikel- ten Aufladung und aus sehr geringen Ladungswechselverlusten generiert. Das Motorkonzept bedient sich aus den modularen Komponenten der Dieselmotoren-



BILD 25 Dr. M. Kemmner, Daimler AG

torenfamilie OM 654/656. Es beinhaltet aber auch Weiterentwicklungen mit Fokus auf Reibungsreduzierung.“

Der Vortrag beschreibt den Motoraufbau, die grundmotorischen Weiterentwicklungen dieser Variante, Applikation von Verbrennung und Abgasnachbehandlung sowie die erzielten Ergebnisse am Prüfstand und im Fahrzeug.

NEUE OTTOMOTOREN 1

Dr.-Ing. J. Hahn, BILD 26, BMW Group, München, Deutschland: „Der neue BMW Achtzylinder-Ottomotor.“

„In der Fahrzeugoberklasse stellen Achtzylindermotoren eine souveräne und global relevante Motorisierung dar. Zur Stärkung dieses Segments hat BMW einen charakterstarken neuen Achtzylinder-Ottomotor entwickelt. Neben der Erfüllung aller aktuellen Anforderungen hinsichtlich Effizienz und Emissionen stand dabei insbesondere die Emotionalisierung dieses Antriebs im Vordergrund.“

Hahn beschreibt in dem Beitrag das Motorkonzept und die konstruktive Ausführung sowie die funktionalen Eigenschaften des neuen BMW Achtzylinder-Ottomotors. „Die deutlich gesteigerte Dynamik bei gleichzeitig niedrigem Kraftstoffverbrauch vor allem in Kundenhand führt in Kombination mit dem typischen Klangbild dieser Motorbauart zu einem beeindruckenden und authentischen Gesamtpaket im brandneuen Sportfahrzeug.

Der neue BMW Achtzylinder-Ottomotor ist damit ein herausragender Vertreter des BMW-Efficient-Dynamics-Programms.“

Dipl.-Ing. J. Königstedt, BILD 27, Audi AG, Neckarsulm/Ingolstadt, Deutschland: „Die konsequente Weiterentwicklung des neuen V6 TFSI-Motors von Audi – Der nächste Meilenstein der TFSI-Technologie.“

„Der neue 2,9-l V6 TFSI des neuen Audi RS 5 ist das aktuelle Highlight der neuen V6 TFSI-Motorfamilie von Audi, deren Einführung Mitte 2016 mit dem 3,0-l V6 TFSI begann.

Das Aufladekonzept des neuen V6-TFSI mit zwei Turboladern im Innen-V steht für kurze Gaswege und ein sehr souveränes Ansprechverhalten.

Der Motor leistet 331 kW und entwickelt ein Drehmoment von 600 Nm im Bereich von 1900 bis 5000 min⁻¹. Neben den Audi-typischen Eigenschaften – Dynamik und Sportlichkeit – lagen die Entwicklungsschwerpunkte im konsequenten Downsizing, um auch in diesem Leistungssegment die Reduzierung der CO₂-Emissionen und den Leichtbau weiter voranzutreiben.

Die nun erweiterte V6 TFSI-Motorfamilie mit einem Leistungsspektrum von 210 bis 331 kW bietet die Möglichkeit, diverse Motoren der Volkswagen Group zu substituieren. Beim 2,9-l V6 TFSI besteht zudem die Möglichkeit, künftig um einen elektrisch angetriebenen Verdichter ergänzt und mit einem Riemen-Starter-Generator mit 48-V-Bordnetz zu

einem Mildhybridkonzept kombiniert zu werden. So ausgestattet wird aus dem ‚Sportmotor‘ des RS 5 ein sehr souveräner, komfortabler und sparsamer Antrieb.“

Dr. W. Demmelbauer-Ebner, BILD 28, Volkswagen AG, Wolfsburg, Deutschland: „Der neue 1,5-l EA211 TGI evo – Volkswagen gibt E-Gas.“

„Mit E-Gas (erneuerbarem CNG) betriebene Ottomotoren stellen einen wesentlichen Baustein des Antriebsportfolios für eine nachhaltige, CO₂-neutrale Mobilität dar. Damit sind mit gasförmigen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge als ideale Ergänzung zur Elektromobilität zu sehen. Volkswagen hat bereits 2017 in enger Abstimmung mit Versorgern, Netz- sowie Tankstellenbetreibern eine Offensive gestartet, welche sich zum Ziel gesetzt hat, das bestehende Tankstellennetz in Deutschland bis 2025 auf 2000 Tankstellen zu erweitern sowie eine Million CNG-betriebene Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen zu bringen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Offensive ist ein breites Angebot an CNG-Fahrzeugen entscheidend.

Das Unternehmen stellt den neuen 1,5-l EA211 TGI evo vor, der bereits durch die technischen Gene des 1,5-l EA211 TSI evo in idealer Weise auf den bivalenten Betrieb mit flüssigem und gasförmigem Kraftstoff vorbereitet ist. Hier ist neben einer hohen Verdichtung vor allem das effiziente TSI-Miller-Brennverfahren in Kombination mit der VTG-Aufladung zu nennen.“



BILD 26 Dr.-Ing. J. Hahn, BMW Group



BILD 27 Dipl.-Ing. J. Königstedt, Audi AG



BILD 28 Dr. W. Demmelbauer-Ebner, Volkswagen AG

NEUE OTTOMOTOREN 2

Dipl.-Ing. C. Weber, BILD 29, Ford-Werke GmbH, Köln, Deutschland: „Entwicklung eines speziell für den Betrieb mit Methan ausgelegten Verbrennungsmotors.“

Der Vortragende beschreibt die Entwicklung und Optimierung eines neuen Verbrennungsmotors, der mit Methan betrieben wird. Als Brennstoffe kommen Erdgas, Bio-Methan oder „Power-to-Gas“-Methan infrage.

Der Motor basiert auf dem neuen Ford 1,0-l GTDI Ecoboost-Motor. Die Grundkonstruktion wurde so überarbeitet, dass die thermodynamischen Eigenschaften von Methan durch sehr hohe zulässige Verbrennungsdrücke maximal ausgenutzt werden können.

Bei einer maximalen Leistung von 110 kW liefert der Motor einen sehr hohen effektiven Mitteldruck von 30 bar in einem weiten Drehzahlband. Um einerseits dieses hohe spezifische Drehmoment zu erreichen und andererseits Kraftstoff einzusparen, wurde der Motor mit einem Bündel an innovativen Technologien wie beispielsweise voll variablen, mechanisch betätigten Einlassventilen, einer parallel sequenziellen Registeraufladung sowie einer Methan-Direkteinspritzung ausgestattet, führt Weber aus.

Das Gesamtmotorkonzept und die Design-Merkmale der wesentlichen Motorkomponenten werden beschrieben und erste thermodynamische Untersuchungsergebnisse gezeigt.

Dipl.-Ing. C. De Marino, BILD 30, FCA EMEA Powertrain Engineering, Turin, Italien: „Der Global Drei- und Vierzylinder-Turbomotor: Die neue FCA-Familie von kleinen Hightech-Benzinmotoren.“

„Seit 2007 verfolgt FCA mit dem Fire 1,4-l-Turbomotor eine Strategie zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs, die auf der Umsetzung des Downsizing-Konzepts beruht.“

Infolge der globalen Markterfordernisse sowie der neuen Fahrzeug-Testzyklen ergibt sich insofern eine wesentliche Herausforderung für die modernen Verbrennungsmotoren. Es ist daher erforderlich, eine intelligente Kombination von Motortechnologien zu entwickeln, um bei allen Fahrbedingungen einen stöchiometrischen Betrieb zu ermöglichen und zugleich ein Rightsizing der Motoren sicherzustellen.



BILD 29 Dipl.-Ing. C. Weber,
Ford-Werke GmbH



BILD 30 Dipl.-Ing. C. De Marino,
FCA EMEA Powertrain Engineering



BILD 31 J. Y. Kim M.Sc.,
Hyundai Kia Motor Group

Die GSE-Motorenfamilie mit dem Dreizylinder-1,0-l- und dem Vierzylinder-1,3-l-Motor stellt eine absolute Neuerung dar, die folgende Merkmale aufweist: langer Hub, kleiner Lagerdurchmesser, Pleuelzapfenversatz und geringes Verhältnis von Kurbelradius und Pleuellänge, Motor mit Motorblock und Zylinderkopf aus Aluminium, kompakter Vierventilbrennraum mit hoher Tumbleströmung durch die Einlasskanäle sowie die seitlich angeordnete Hochdruck-Kraftstoffeinspritzdüse, ein Multi-Air-VVL-System (FCA-eigene Technologie) und ein im Zylinderkopf integrierter Auslasskrümmer. Zusätzlich wurde die Hybridisierung garantiert.

Alle diese Eigenschaften machen die GSE-Turbomotoren aufgrund ihres niedrigen Treibstoffverbrauchs, ihrer hohen Leistung, ihres niedrigen Gewichts, ihres Akustik- und Schwingungsverhaltens sowie ihrer Wärmeentwicklung zu wichtigen Akteuren in der Klasse der hubraumkleinen Motoren.“

J. Y. Kim M.Sc., BILD 31, Hyundai Kia Motor Group, Namyang, Korea: „Hyundai-Kias SmartStream 1,6-l DI-Turbomotor.“

„Hyundai-Kia plant, die nächste Generation von Antriebssträngen mit den neu entwickelten 1,6-l MPI- und Turbo-GDI-Motoren unter dem Markennamen ‚SmartStream‘ einzuführen. Das Unternehmen implementiert seine innovativen Technologien – kontinuierlich variable Ventilöffnungsdauer (CVVD) und Niederdruck-Abgasrückführung (LP-EGR) – in diese neuen Motoren, um Kraftstoffverbrauch und Emissionen zu senken.

Was den Kraftstoffverbrauch betrifft, reduziert die CVVD die Pumpverluste durch Verwendung langer Ventilöffnungszeiten. Auch wenn die CVVD den Kraftstoffverbrauch stark senkt, ist der Einfluss der CVVD-Technologie im Bereich niedriger Drehzahlen und (hoher) Aufladung aufgrund geringer Pumpverluste weniger ausgeprägt. Deshalb findet LP-EGR Anwendung, um den Kraftstoffverbrauch aufgrund niedrigerer Klopfneigung zu reduzieren.

Darüber hinaus hilft der integrierte Abgaskrümmer, den stöchiometrischen Betriebsbereich im Vergleich zur vorhergehenden Motorgeneration auszuweiten. Ein 350-bar-Kraftstoffeinspritzsystem wird verwendet, um die strengen Partikelgesetzgebungen zu erfüllen. Eine

variable Ölpumpe und niedrigviskoses Öl kommen zur Reibungsreduzierung zum Einsatz.

Konsequenterweise unterscheidet die Kombination einzigartiger Technologien in den ‚SmartStream‘-Motoren Hyundai-Kia von anderen Automobilherstellern. Sie ist bald in konventionellen und in besonders umweltfreundlichen Fahrzeugen (HEV/PHEV) erhältlich.“

KRAFTSTOFFE DER ZUKUNFT 1

Dr. W. Warnecke, BILD 32, Shell, Hamburg, Deutschland: „Der Weg zu nachhaltigen Kraftstoffen als Basis für Zero-Emission-Mobilität – Hat PtX eine Chance?“

„Niedrig- oder Nullemissionstechnologien sind erforderlich, um der drei verschiedenen Formen von Emissionen durch den Straßenverkehr, nämlich CO₂, NO₂ und Partikel, Herr zu werden. Bisher wurden batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und mit Brennstoffzellen betriebene (FCEV) als einzig relevante Antriebstechnologien betrachtet, da sie keine Abgase emittieren. Aber diese Antriebstechnologien werden nicht ausreichen, um für alle Arten von Fahrzeugen oder Transportmitteln sicherzustellen, dass eine Mobilität mit niedrigen oder Nullemissionen erreicht wird. Aus diesem Grund werden derzeit andere Optionen in der Kraftstofftechnologie untersucht, die sich als attraktive Lösungen erweisen könnten. Insbesondere haben Power to X- (PtX) oder E-Treibstoffe das Interesse von Fahrzeugherstellern und einigen Gesetzgebern in der EU geweckt. PtX- beziehungsweise E-Treibstoffe sind flüssige oder gasförmige synthetische Treibstoffe, die aus (idealerweise grünem) Strom erzeugt werden“, so Warnecke.

In seinem Vortrag beschäftigt er sich mit dem potenziellen Bedarf für solche Treibstoffe, aufgliedert nach Fahrzeugarten und Transportmitteln. Auch die Nachfrage nach Strom aus zusätzlichen PtX sowie die Verfügbarkeit ausreichender Mengen von grünem Strom auf der Basis von verfügbaren Quellen Dritter wurde erläutert.

Prof. Dr. R. Schlögl, BILD 33, Fritz-Haber-Institut (FHI) der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, Deutschland: „Erneuerbare Energien in der Mobilität: Das Potenzial synthetischer Kraftstoffe auf der Basis von CO₂.“



BILD 32 Dr. W. Warnecke, Shell



BILD 33 Prof. Dr. R. Schlögl, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft



BILD 34 Dr.-Ing. M. Härtl, Technische Universität München

„Es existieren heute viele Vorschläge für synthetische Kraftstoffe (SK). Sie stehen im Wettbewerb mit der Elektromobilität, die sich rasant entwickelt hat. Die Vielfalt der Optionen, die schlechte Verfügbarkeit der Stoffe und ein grundsätzliches Misstrauen gegenüber überzogenen Versprechungen behindern eine zügige und praxisnahe Erprobung der SK-Strukturen. Daher wird in einem ersten Teil des Beitrags ein Gerüst von Rahmenbedingungen skizziert, in dem das Potenzial der SK beurteilt werden soll. Fragen der systemischen Einbettung der stofflichen Energieträger in ein Versorgungssystem mit erneuerbaren Energien (EE) stehen im Vordergrund. Ergebnisse aus der Literatur legen nahe, dass die Vertreter der Klasse von C1-Kraftstoffen besonders günstige Verbrennungseigenschaften aufweisen, leicht darstellbar sind und eine noch tragbare Energiedichte aufweisen. Eine wissenschaftlich gestützte quantitative Beurteilung des Potenzials kann derzeit nicht gegeben werden. Aus rein chemischer Sicht kommen alle C1-Moleküle als Kandidaten für SK infrage, vor allem in Bereichen, in denen hohe Lastforderungen die Batterie nachteilig groß machen und strenge Anforderungen an die Vermeidung lokaler Schadstoffe Kohlenwasserstoffe nur mit sehr aufwendigen Nachbehandlungsmaßnahmen akzeptabel machen. SK sind keine Konkurrenz zur Elektromobilität, sondern ihre sinnvolle Ergänzung.“

Dr.-Ing. M. Härtl, BILD 34, Technische Universität München, Deutschland, Dr. E. Jacob, BILD 35, Emissionskonzepte Motoren, Krailling, Deutschland: „DMC+ als partikelfreier und potenziell nachhaltiger Kraftstoff für DI-Ottomotoren.“

„Im Vergleich zur Verwendung von Kraftstoffen auf KW-Basis minimieren C1-Oxygenate mit Ausnahme von Methanol das Gefahrenpotenzial für Gesundheit und Umwelt. Während bei Dieselmotoren bereits seit einigen Jahren die Stoffklasse der Oxymethylenether (OME) als emissionsgünstige Option für nachhaltig herstellbare synthetische Kraftstoffe untersucht wird, fehlen entsprechende Lösungen für Ottomotoren.

Die Entwicklung von DMC+ (Dimethylcarbonat + Methylformiat + Ethanol) auf Basis der C1-Chemie eröffnet die Chance für eine emissionsfreie Mobilität auch mit Ottomotoren.“

Die Vortragenden präsentieren die Methodik zur Definition einer zielfüh-



BILD 35 Dr. E. Jacob, Emissionskonzepte Motoren

renden Formulierung für DMC+ sowie Ergebnisse aus Versuchen mit DMC+ an einem Otto-DI-Einzylindermotor. Ein Rückgang der PN-Emissionen um zwei Größenordnungen sowie eine deutliche Senkung der Emission von NO_x und organischen Komponenten (VOC) im Rohabgas werden demonstriert. Es kommt ein Dreiwegekatalysator zum Einsatz, der im stöchiometrischen Betrieb niedrigste Emissionen luftverunreinigender Komponenten ermöglicht. Besonderes Augenmerk wird auf die



BILD 36 Dr. D. Savvidis, Europäische Kommission

Emission von Sub-23-nm-Partikeln gelegt, die durch den Oxygenat-Kraftstoff ebenfalls deutlich reduziert werden.

Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger, BILD 15, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland: „Power-to-Liquids – Kompensation variierender E-Fuel-Zusammensetzungen mittels Digital Rate Shaping.“

„Synthetische Kraftstoffe, beispielsweise sogenannte E-Fuels, bieten erhebliches Potenzial zur Lösung der Zielkonflikte zwischen CO₂- und Schadstoffemissionen von Dieselmotoren. Damit bieten sie eine sinnvolle Lösung für eine saubere und nachhaltige Mobilität“, führt Pischinger aus.

Durch die unterschiedlichen Kohlenstoffquellen und das fluktuierende Angebot von regenerativem Strom unterscheiden sich die Produktionsschritte zur Kraftstoffherstellung, und es treten Variationen in der Kraftstoffzusammensetzung auf. Diese Unterschiede stellen eine Herausforderung dar, da sie zu erheblichen Abweichungen des Verbrennungsverhaltens führen, welche typischerweise bei der Motorkalibrierung nicht berücksichtigt werden können.

Die Methode, die bei den in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchungen angewandt wurde, nutzt die digitale Einspritzratenformung. Die online generierten Einspritzprofile werden automatisch an das Soll-Verbrennungsverhalten angepasst, um die gewünschte Emissionierung und Effizienz des Motors sicherzustellen.

Alle Untersuchungen wurden an einem Einzylinder-Forschungsmotor durchgeführt, immer im Vergleich zu konventionellem Dieselmotorkraftstoff auf Erdölbasis.

Es konnte gezeigt werden, dass die ausgewählten Kraftstoffe großes Reduktionspotenzial bezüglich der Schadstoffemissionen bieten. Außerdem wurde das Regelungskonzept erfolgreich zusammen mit diesen Kraftstoffen demonstriert, wodurch sich neuartige Anwendungsgebiete erschließen lassen.

NEUE LKW-ANTRIEBE/-GETRIEBE

Dr. D. Savvidis, BILD 36, Europäische Kommission, Brüssel, Belgien: „CO₂-Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen in der EU: Strategien und regulatorische Maßnahmen.“

„Die Kommission hat inzwischen ein Simulationsinstrument mit dem Namen VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool) entwickelt, um die CO₂-Emissionen und den Treibstoffverbrauch von schweren Nutzfahrzeugen bestimmen zu können. In der EU wird die Zertifizierung von Kraftfahrzeugen entsprechend den Typengenehmigungsbestimmungen laut Rahmenrichtlinie 2007/46/EC, die derzeit in eine neue Verordnung abgewandelt werden soll, vorgenommen. Ein neuer Rechtsakt über die Zertifizierung entsprechend der bestehenden Verordnung 595/2009, welche die Schadstoffemissionen von schweren Nutzfahrzeugen regelt, wurde bereits vorbereitet und der Text wurde vom Technischen Ausschuss ‚Kraftfahrzeuge‘ (TCMV) angenommen. Die neue Verordnung wird am 1. Januar 2019 in Kraft treten. VECTO wurde von der Kommission in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Interessensgruppen ausgearbeitet.“

Der Vortrag gibt einen Überblick über die Struktur dieses Instruments, einschließlich der Details zu den Einsatzprofilen und der Klassifizierung von Fahrzeugen. Savvidis beschäftigt sich auch mit den Ergebnissen und Schlussfolgerungen des Wirksamkeitsnachweises.

Dr.-Ing. S. Klett, BILD 37, Ziehl-Abegg Automotive GmbH & Co. KG, Kupferzell,



BILD 37 Dr.-Ing. S. Klett, Ziehl-Abegg Automotive GmbH & Co. KG

Deutschland: „Hocheffizienter elektrischer Antrieb für Nutzfahrzeuge.“

„Die Schadstoffbelastung in den Städten Europas erzeugt Handlungsbedarf, um die Emissionen zu reduzieren. Im Bereich der Kraftfahrzeuge sind dies Abgasemissionen und Schallemissionen. Ein Lösungsansatz hierzu ist das emissionsfreie Fahren durch Elektrifizierung der Fahrzeuge.“

Der batterieelektrische Antriebsstrang, insbesondere in der Ausführung mit Radnabenmotoren für Stadtbusse und Nutzfahrzeuge, weist gegenüber verbrennungsmotorischen Antriebssträngen eine deutlich reduzierte Komplexität auf.

Das ZAwheel von Ziehl-Abegg Automotive bietet einen kompletten, hocheffizienten getriebelosen elektrischen Direktantrieb mit Radnabenmotortechnologie inklusive Steuerung aus einer Hand. Der speziell entwickelte Inverter ist in das Innere des Motors integriert und ermöglicht somit eine optimale und flexible Bauraumnutzung bei hoher Leistung und Sicherheit.

Die hohe Effizienz des Antriebs ergibt sich aus der Kombination des physikalischen Effizienzvorteils des Direktantriebs mit dem abgestimmten Design und der Regelung des Motors mit dem Inverter und der Antriebssteuerung.

ZAwheel bietet eine zukunftsweisende, hocheffiziente Lösung für

die Elektrifizierung von Bussen und Nutzfahrzeugen.“

Dipl.-Ing. M. Bahne, BILD 38, Getrag B.V. & Co. KG, Magna Powertrain, Untergruppenbach: „Beitrag von Getriebetechnologien zur CO₂-Reduzierung – Benchmark und Technologieausblick.“

„Unter dem Druck von Gesetzgebung und Endverbraucher wird eine schnelle Hybridisierung zur Senkung der CO₂-Emissionen weltweit unumgänglich, jedoch werden auch konventionelle Antriebsstrangvarianten zur Optimierung von Fahrzeugattributen, Kosten und CO₂-Ausstoß bei den Automobilherstellern in den nächsten zehn bis 20 Jahren eine wesentliche Rolle spielen. Bei der richtigen Auswahl der Getriebetechnologie wird deshalb für den Automobilhersteller neben der getriebeeigenen Effizienz und Flexibilität auch die Kompatibilität mit einer kompakten, günstigen und leistungsstarken Hybridtechnik immer wichtiger“, so Bahne.

Der Beitrag untersucht, neben den Wirkungsgraden und dem Einfluss der aktuellen konventionellen Getriebetechnologien auf die CO₂-Emissionen im WLTP-Zyklus und realen Fahrbetrieb, aus diesem Grund auch die nächste Generation der Getrag-DCT-Technologie und drei weitere Konzepte im Hybrid-Antriebsstrang: den 48-V-Mild-Hybrid, integrierte Hochvolt-Hybridssysteme und die Kombination des Hochvolt-Hybrids mit einem AWD E-Drive als P4-Hybrid.

Magna legt hierbei gemeinsam mit Getrag den Fokus auf die CO₂-Potenzialbetrachtung von Getriebetechnologien in Verbindung mit der Fahrzeugperformance. Dabei gilt es, kostenoptimale modulare Lösungsmöglichkeiten für die Zielkonflikte der Automobilhersteller aufzuzeigen.

NEUE BRENNVERFAHREN / MOTORSTEUERUNG

Dipl.-Ing. M. Sens, BILD 39, IAV GmbH, Berlin/Gifhorn, Deutschland: „Vorkammerzündung als Schlüsseltechnologie für hocheffiziente Ottomotoren – Neue Ansätze und Betriebsstrategien.“

Sens beschreibt in seinem Beitrag das Potenzial der Anwendung eines passiven und aktiven Vorkammerzündsystems an einem konventionellen Ottomotor.

„In Voruntersuchungen wurde mittels 3-D-CFD-Simulation der Einfluss relevan-

ter Designparameter auf die strömungsmechanischen und thermodynamischen Eigenschaften der Vorkammer analysiert. Weiterhin wurden neue Betriebsstrategien eingeführt und untersucht. Zudem konnte ein aktives Vorkammerkonzept mit Niederdruck-Einspritzung eines Kraftstoff-Luft-Gemischs, anstelle reinen Flüssigkraftstoffs, eine signifikante Reduktion der chemischen Verluste innerhalb der Vorkammer erzielen.

Die Nutzung einer passiven Vorkammer mit optimiertem Layout führt zu einer erheblichen Reduktion der Klopfneigung im Hochlastbetrieb und gestattet die Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses um circa zwei Einheiten. Der Kraftstoffverbrauch im relevanten Kennfeldbereich wird um 2 bis 4 % reduziert. Im WLTP-Zyklus verbleibt ein Vorteil von circa 3 %.

Der völlig neuartige Ansatz der Niederdruckeinspritzung eines Kraftstoff-Luft-Gemischs in die Vorkammer zeigt ein hohes Potenzial zur Anhebung des Luftverhältnisses im homogen-mageren Betrieb auf Luftverhältnisse von 2,2 und darüber hinaus, bei jedoch vergleichsweise geringen chemischen Verlusten. So konnte im homogen-mageren Betrieb bei niedrigsten spezifischen NO_x-Emissionen von circa 0,3 g/kWh ein Verbrauchsvorteil von circa 10 % gegenüber dem stöchiometrischen Betrieb erzielt werden.“

Dr. G. Rösel, BILD 40, Continental, Regensburg, Deutschland: „Systeman-



BILD 38 Dipl.-Ing. M. Bahne, Getrag B.V. & Co. KG, Magna Powertrain



BILD 39 Dipl.-Ing. M. Sens, IAV GmbH

satz für ein Fahrzeug mit Benzindirekt-einspritzung und Partikelfilter im RDE.“

„Die Regenerierung des GPF bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten ist vor allem bei der Anordnung des GPF in Unterflurposition eine Herausforderung.“ Rösel präsentiert ein System, das die Regenerierung des GPF auch bei geringen Fahrgeschwindigkeiten und gleichzeitig niedrigen gasförmigen Emissionen ermöglicht. Dieses System zur GPF-Regeneration dient darüber hinaus als neuartiges Tankentlüftungssystem. Damit sind eine schnelle und robuste Bestimmung der HC-Konzentration der Spülgase sowie eine Erhöhung der Spülrate darstellbar, die für Hybridfahrzeuge und wirkungsgradoptimierte Verbrennungsmotoren erforderlich sind.

Die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur wird in Zukunft einen weiteren Beitrag zur Verbrauchs- und Schadstoffverminderung sowie zur Komfort-erhöhung leisten. Der Verkehrsfluss und die Topologie der vorausliegenden Fahrstrecke können in der Regenerationsstrategie des GPF in Zukunft berücksichtigt werden, um Emissionen und Kraftstoffverbrauch zu reduzieren.

M. Younkins PhD, **BILD 41**, Tula Technology, San Jose, USA, A. Rayl MSEE, **BILD 42**, General Motors, Milford, USA: „Dynamic Skip Fire: Technologie für innovative Antriebe.“

„Nach einer intensiven Bewertung führt General Motors Tulas Dynamic Skip Fire (DSF)-Technologie als ein Dynamic Fuel Management (DFM)-System zur Zylinderabschaltung in Serie ein. Aufbauend auf dem Active Fuel Management (AFM), das im Jahr 2005 eingeführt wurde, erweitert DFM das System um die Zylinderabschaltung für alle Zylinder der 5,3-l- und 6,2-l V8-Motoren. Die Abgasgrenzwerte für ULEV50 wurden angestrebt und erreicht. Unter Einhaltung der für die Serie gültigen Grenzwerte für Geräusch und Vibrationen wurden erhebliche Kraftstoffreduzierungen erreicht.

In allen Märkten werden zusätzliche Technologien zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs eingeführt, wie die Elektrifizierung sowie Verbesserungen der Verbrennung und der Brennverfahren. Tulas DSF stellt eine Ergänzung dieser zusätzlichen Technologien dar. eDSF beispielsweise nutzt die Synergien zwischen DSF und der Hybridisierung.



BILD 40 Dr. G. Rösel, Continental



BILD 41 M. Younkins PhD, Tula Technology

Die Entwicklung hat gezeigt, dass eDSF die 48-V-Hybrid-Verbräuche um circa 8 % im WLTC verbessert.

Die Dynamic Skip Fire-Technologie wird weiterentwickelt in Verbindung mit Elektrifizierung, innovativen Verbrennungsstrategien und anderen Technologien. Erhebliche Synergievorteile werden dadurch erreicht und eingeführt.“

INNOVATIVE MOTORTECHNIK

J. J. Moon, **BILD 43**, GM Global Propulsion Systems, Pontiac, USA, *Dipl.-Ing.*

L. K. Cloos, **BILD 44**, Opel Automobile GmbH, Rüsselsheim, Deutschland:

„Das neue variable Ventiltriebsystem von GM/Opel.“

„Variable Ventiltriebe stellen einen wichtigen Baustein für die Effizienzsteigerung turbo-aufgeladener Ottomotoren dar. Im Spannungsfeld zwischen niedrigen CO₂-Emissionen einerseits und weiter steigenden Anforderungen an Fahrbarkeit und Ansprechverhalten aufgeladener Motoren andererseits ermöglichen variable Ventiltriebe die Umsetzung zielführender Betriebsstrategien. In der Vergangenheit haben sich im Markt zweistufige, mechanisch geschaltete Nockenwellen etabliert.

Bei GM Propulsion Systems ist in enger Zusammenarbeit mit der Opel Automobile GmbH für die neue Generation aufgeladener Vierzylinder-Ottomotoren eine neue, mehrstufig variable Ventilsteuerung ent-



BILD 42 A. Rayl MSEE, General Motors

wickelt worden. Hauptmerkmal dieses Schiebenockensystems ist eine dreistufige Variabilität einlassseitig.“

Nach der Erläuterung des generellen Systemaufbaus stellen die Vortragenden die hardwareseitige Realisierung, insbesondere der Schaltvariabilität, dar. Dabei gehen sie im Besonderen auf die Herausforderungen bei der Umsetzung der Dreistufigkeit ein. Anschließend wird die Systemregelung erläutert, wobei neben der Aktuatorik auch auf die Sensorik eingegangen wird. Abschließend werden fertigungstechnische Aspekte des Systems diskutiert und das System hinsichtlich des Kundennutzens bewertet.



BILD 43 J. J. Moon,
GM Global Propulsion Systems



BILD 44 Dipl.-Ing. L. K. Cloos,
Opel Automobile GmbH



BILD 45 Dr. G. Fraidl,
AVL List GmbH



BILD 46 Dipl.-Ing. U. Baretzky,
Audi AG

Dr. G. Fraidl, **BILD 45**, AVL List GmbH, Graz, Österreich: „Verbrennungsmotor 4.0.“
„Künftig erfordert die gleichzeitige Reduzierung der Schadstoff- und der CO₂-Emissionen signifikant erweiterte Funktionalitäten des Antriebs, die vom Verbrennungsmotor alleine nur mehr unzureichend dargestellt werden können. Sowohl automatisierte Getriebe als auch insbesondere die Elektrifizierung können dazu beitragen, diese erweiterten Erfordernisse in effizienter Weise abzudecken. Dabei werden diese Funktionalitäten nicht mehr ausschließlich im Verbrennungsmotor selbst (voll flexibler Verbrennungsmotor) abgebildet, sondern auf den gesamten

Antriebsstrang verteilt (voll flexibler Antriebsstrang). Zusätzlich wird der Antriebsstrang mit der Fahrzeugumgebung vollflächig vernetzt.

Verbrennungsmotor und Elektrifizierung ergänzen sich vielfach in synergetischer Weise. Vergleicht man nun die Anforderungen an einen solchen Verbrennungsmotor mit der Definition der Industrie 4.0, so ergeben sich umfangreiche Übereinstimmungen. Damit erscheint es durchaus opportun, einen solchen umfassend auf die zukünftigen Bedürfnisse ausgelegten voll vernetzten Verbrennungsmotor als Verbrennungsmotor 4.0 (ICE 4.0) zu bezeichnen.

Der Verbrennungsmotor 4.0 bietet nicht nur weitere Verbrauchsverbesserungen, sondern auch ein derart niedriges Niveau von Schadstoffemissionen, dass es sich am besten mit Zero Impact Emission beschreiben lässt. Das bedeutet, dass solche zukünftigen Verbrennungsmotoren keinen negativen Einfluss auf die Immissionsituation in Ballungsgebieten mehr haben werden. Damit bleibt der Verbrennungsmotor – auch beim Pkw – noch länger ein sinnvoller und notwendiger Grundstein zukünftiger Antriebsstrang-Portfolios.“

Dipl.-Ing. U. Baretzky, **BILD 46**, Audi AG, Neckarsulm/Ingolstadt, Deutschland: „Der 4,0-l V6 TDI für die 24 Stunden von Le Mans – Sieg der Effizienz.“

„Mit der Einführung eines neuen energiebasierten Reglements 2014 für

das 24-Stunden-Rennen von Le Mans konnte der neu entwickelte 4,0-l V6 TDI-Motor von Audi das volle Effizienzpotenzial des Dieselmotors zur Geltung bringen. Die Kombination aus intelligentem Leichtbau, optimaler Werkstoffnutzung und innovativen Technologien verhalf diesem Motor zu vielen Bestmarken, die als Maßstab für das Potenzial des Dieselmotors dienen. Der Motor besitzt durch das konsequent auf Effizienz entwickelte Brennverfahren einen sehr guten Wirkungsgrad und ermöglicht sogar den Einsatz von CO₂-neutralem Kraftstoff ohne Wirkungsgradeinbußen. Damit wurde seit dem ersten historischen Sieg des V12 TDI im Jahre 2006 in den folgenden zehn Jahren eine weitere Generation von Dieselmotoren geschaffen.

Der Sieg im ersten 24-Stunden-Rennen nach den neuen Regeln bestätigte damit erneut eindrucksvoll den Audi-Leitsatz ‚Vorsprung durch Technik‘ auch im Sinne der Umwelt.“

ZUKÜNFTIGE ELEKTRISCHE ANTRIEBE / HYBRIDE

Dipl.-Ing. S. Juraschek, **BILD 47**, BMW Group, München, Deutschland: „Die elektrische Antriebstechnologie der BMW Group.“

„Elektrische Antriebe sind überwiegend mit Schlagworten wie ‚lokale Schadstofffreiheit‘ und ‚umweltbewusstes Fahren‘ belegt. Ein Schattendasein fristen jedoch die emotionalen, charak-

terbildenden Eigenschaften des elektrischen Antriebs: die Drehmomentstärke und sofortige Drehmomentverfügbarkeit, die Spontaneität und Direktheit von elektrischen Antrieben.“

Juraschek erläutert in seinem Vortrag, dass BMW seine Entwicklungen besonders auf diese charakterbeeinflussenden Parameter der elektrischen Maschine fokussiert. „In der Entwicklung spielen die jeweiligen Typen der elektrischen Maschine eine entscheidende Rolle sowie die elektromagnetische Auslegung und die konstruktiven Herausforderungen hinsichtlich Leistung, Langlebigkeit, Robustheit, Gewicht, Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Akustik des elektrischen Antriebs.“

Die BMW Group hat den Anspruch einer Inhouse-Systemkompetenz für den E-Antrieb: Die Kernkompetenzen Entwicklungs- und Technologie-Know-how, Innovation und Produktion sind durchgängig im Haus verankert und lassen das Unternehmen seine Wettbewerbsvorteile ausbauen. Ein weiterer Meilenstein, der dieses Konzept bestätigt, ist die Entwicklung der integrierten elektrischen BMW-Antriebseinheit der fünften Generation als Teil der skalierbaren E-Baukästen, mit denen ab 2021 alle BMW-Modellbaureihen ausgestattet werden können.“

Dipl.-Ing. S. Pint, BILD 48, Audi AG, Ingolstadt, Deutschland: „Das neue vollelektrische Antriebssystem von Audi.“

„Für das erste serienmäßige vollelektrische Antriebssystem beschreitet Audi

mit der Eigenentwicklung von elektrischen Achsantrieben, Hochvoltspeichern und Ladesystemen ganz neue Wege. Mit je einem Antrieb pro Achse verkörpert das vollelektrische Antriebssystem die Kernkompetenz des Unternehmens – den Quattro-Antrieb – auf neue beeindruckende Weise.

E-Maschinen, Leistungselektroniken und Achsgetriebe mit einem hohen Gleichteileansatz bilden die Basis für einen komplett neuen Achsantriebsbaukasten. Die elektrischen Achsantriebe werden im eigenen Motorenwerk bei Audi Hungaria gefertigt.

Der 95-kWh-Hochvoltspeicher auf 400-V-Basis ist ebenfalls eine Audi-Eigenentwicklung. Für ein 360°-Systemangebot wurden zahlreiche Services und vielfältige Lademöglichkeiten entwickelt mit bis zu 150 kW Ladeleistung durch DC-Schnellladen.“

K. Oshima, BILD 49, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: „Neues Mehrstufen-Hybrid-System für den LC500h mit innovativen Fahreigenschaften des THSII.“

„Die erste Generation des Toyota-Hybrid-Systems (THS) feierte 1997 ihre Premiere im Prius und war damit die weltweit erste Serienanwendung eines Hybrid-Pkws.“

Die THS-Technologie wurde ständig weiterentwickelt und in verschiedenen Fahrzeugtypen angeboten, wobei immer eine Position unter den Spitzenplätzen in Bezug auf Verbrauch und Emissionen

erzielt wurde“, so Oshima. In seinem Vortrag beschreibt er die neueste Entwicklungsstufe der THS-Technologie:

„Mit dem LC500h hat Lexus 2017 ein Flaggschiff-Luxuscoupé eingeführt, das eindrucksvoll das Markenimage und die Wettbewerbsfähigkeit unterstützt. Bei der Entwicklung des LC500h wurde das Potenzial des Hybridsystems durch Hinzufügen des neu entwickelten Multi-Stage-Hybridsystems verbessert. Dieses neue Multi-Stage-Hybridsystem kombiniert einen 3,5-l V6 Saugmotor mit optimierten elektrischen Komponenten und verfügt über ein neu entwickeltes Getriebe mit mehrstufiger Untersetzung. Dieses Gesamtpaket bietet eine direkte und gleichmäßige Beschleunigung, die diejenige der vorherigen Variante mit 5,0-l V8 Benzinmotor übertrifft, und erfüllt die strengsten Abgasnormen Euro 6 in Europa, SULEV30 in den USA und J-SULEV in Japan.“

Dipl.-Ing. C. Billig, BILD 50, BMW Group, München, Deutschland: „Innovationen in elektrifizierten Antrieben und Herausforderungen für zukünftige Architekturen.“

„Eine schnelle Ausrollung von BEVs und PHEVs ist erforderlich, um die zukünftige CO₂-Gesetzgebung zu erfüllen und den globalen Trends folgen zu können.“

Das kompakte Design der derzeitigen, modular aufgebauten Antriebskomponenten führt zu höherer Leistungs- und Energiedichte bei geringeren Kosten.



BILD 47 Dipl.-Ing. S. Juraschek, BMW Group



BILD 48 Dipl.-Ing. S. Pint, Audi AG



BILD 49 K. Oshima, Toyota Motor Corporation

Der xEV-Antriebsbaukasten der fünften Generation, die sogenannte Gen5, ist der Enabler für ein breites, skalierbares Antriebsangebot in einem Fahrzeugportfolio mit Millionen Einheiten über Laufzeit. Unsere Kunden werden in jedem elektrifizierten Fahrzeug die Wahl zwischen unterschiedlichen Reichweiten und Leistungen haben und können so ihr maßgeschneidertes Fahrzeug auswählen. Die Lösungen generieren maximale Synergien zwischen BEV, PHEV und ICE und sind wesentliche Faktoren für den Erfolg der BMW Group.

Die nächste Generation der PHEV-Antriebsstränge muss aber noch höhere Ziele erfüllen: Da die PHEV-Antriebstopologie eine vorherrschende Rolle im Markt einnehmen wird, muss ihr Package noch weiter optimiert werden. Die Befähigung zu größerer elektrischer Reichweite und Leistung, intelligenteren Ladelösungen und optimalem Passagierkomfort in einem kompakten Fahrzeug sind die Hauptaufgaben für morgen.“

BRENNSTOFFZELLEN / ELEKTRISCHE ANTRIEBSSTRATEGIEN

J. Kim PhD, BILD 51, Hyundai Motor Company, Gyeonggi-do, Korea: „Die nächste Generation Brennstoffzellen-Auto von Hyundai Motor Company.“

„Die Nachfrage nach umweltfreundlichen Fahrzeugen von der Industrie, der Regierung und der Öffentlichkeit

war niemals so hoch wie heute. Brennstoffzellen-Fahrzeuge stellen eine vielversprechende Alternative zu konventionellen Fahrzeugen dar.

Die Hyundai Motor Company, die im Jahre 2013 das erste Brennstoffzellenauto der Welt, den Tucson ix35, herausbrachte, wird sich mit der Einführung der nächsten Generation von Brennstoffzellenautos 2018 weiterhin als Marktführer behaupten. Im neuen Brennstoffzellenauto wurden alle technischen Fortschritte, die in den letzten Jahren und davor erzielt wurden, umgesetzt, sodass seine Leistung in jeder Hinsicht die des Vorgängermodells übertrifft.

Der Wirkungsgrad konnte von 55,3 auf 60 % gesteigert und die Reichweite von 415 auf 600 km erhöht werden. Die PS-Leistung konnte um 20 % auf 163 PS angehoben werden. Darüber hinaus hat das Fahrzeug die Fähigkeit, bei -30 °C einen Kaltstart sicherzustellen.

Ebenso konnte das Brennstoffzellensystem erheblich verbessert werden.“

In diesem Vortrag werden neben den technischen Daten der nächsten Generation von Brennstoffzellenfahrzeugen auch das Konstruktionskonzept sowie die Einzelheiten der technischen Umsetzung beschrieben.

Prof. Dr. rer. nat. C. Mohrdieck, BILD 52, NuCellSys GmbH/Daimler Group, Kirchheim unter Teck/Nabern, Deutschland: „Das Brennstoffzellenaggregat des neuen Mercedes-Benz GLC F-Cell.“

„Die Brennstoffzellentechnologie ist integraler Bestandteil der Antriebsstrategie von Daimler. Über 12 Millionen Kilometer wurden bereits in Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb wie dem Mercedes-Benz B-Klasse F-Cell und dem Citaro FuelCell-Hybrid-Stadtbuss zurückgelegt. Jetzt steht der nächste Technologiesprung bevor: Zusammen mit den Partnern seines weltweiten Kompetenznetzwerks hat das Unternehmen ein komplett neues Brennstoffzellensystem entwickelt. Rund 30 % kompakter als bisher, kann es erstmals vollständig im Motorraum untergebracht werden. Weitere Fortschritte konnten die Brennstoffzellenentwickler bei Fahrleistungen und Reichweite erzielen. Zudem wurden die Kosten der innovativen Technologie deutlich verringert, zum Beispiel durch die Reduktion des Platinanteils im Brennstoffzellenstack um 90 %“, führt Mohrdieck aus.

Er erläutert den Aufbau des Systems sowie dessen Hauptkomponenten, darüber hinaus die maßgeblichen Fortschritte im Vergleich zum Vorgänger-Brennstoffzellensystem in der Mercedes-Benz B-Klasse F-Cell. Abschließend diskutiert er die Herausforderungen in der Entwicklung des Brennstoffzellensystems der nächsten Generation.

M. Toriumi, BILD 53, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: „Nissans elektrische Antriebsstrangstrategie.“

„Nissans Entwicklungsstrategie für einen Antriebsstrang, der nachhaltige Mobilität ermöglicht, beruht auf zwei



BILD 50 Dipl.-Ing. C. Billig,
BMW Group



BILD 51 J. Kim PhD,
Hyundai Motor Company



BILD 52 Prof. Dr. rer. nat. C. Mohrdieck,
NuCellSys GmbH/Daimler Group



BILD 53 M. Toriumi,
Nissan Motor Co., Ltd.



BILD 54 Dr.-Ing. I. Steinberg,
FEV Europe GmbH



BILD 55 Dr. C. Hilton MA PhD,
Protean Electric Ltd.

Säulen: Null-Emissionen und ICE-Evolution. Unsere Vision der E-Auto-Entwicklung basiert auf dem Ziel, ‚E-Autos für alle‘ anzubieten.

In der Komponentenentwicklung für E-Autos strebt das Unternehmen nach ‚Kompaktheit, leichtem Gewicht und hoher Effizienz‘. Elektrische Komponenten werden nicht nur mit der Teileentwicklung, sondern auch mit der Verbesserung der Designmethodik entwickelt. Um die Verschlechterung der Batteriekapazität von Lithium-Ionen-Akkumulatoren einzuschätzen, werden Telematikdaten genutzt.

Für Elektromotoren sind ein Rotor-design, das Wirbelströme und Eisenverlust reduziert, sowie die Optimierung des magnetischen Flusses effektiv für effizientes Fahren mit Hochgeschwindigkeiten.

Im Jahr 2016 hat das Unternehmen den neuen elektrischen Antriebsstrang ‚E-Power‘ vorgestellt, der 100 %-iges Fahren mit Elektromotor in E-Autos bietet. Elektrischer Strom für den Antriebsmotor wird durch konventionelle ICE-Motoren bereitgestellt. E-Power bietet die gleiche ausgezeichnete Beschleunigungsleistung wie ein Nissan-EV-Auto und soll das ‚E-Auto für alle‘ sein.

Nissan wird das Angebot an Autos mit elektrischem Antriebsstrang durch E-Autos und E-Power für verträgliche Mobilität auf den Weltmarkt erweitern und seine Leistungen durch Komponentenweiterentwicklung verbessern.“

ELEKTRISCHER ANTRIEBSSTRANG

Dr.-Ing. I. Steinberg, BILD 54, FEV Europe GmbH, Aachen, Deutschland: „Effizienter Getriebekasten für elektromotorisch angetriebene Fahrzeuge – Trends und Lösungen.“

Steinberg stellt eine Getriebefamilie für rein elektromotorisch betriebene Fahrzeuge (BEV, Battery Electric Vehicle) vor. Die Getriebefamilie eignet sich auch für den elektromotorischen Teil von P4-Hybridfahrzeugen wie HEV (Hybrid Electric Vehicle), bei denen in der Regel die Hinterräder elektromotorisch und die Vorderräder verbrennungsmotorisch angetrieben werden.

Der Vortragende zeigt Entwicklungstrends auf. Basierend auf seiner Erfahrung wird aktuell die Komplexität der Getriebe für elektromotorische Antriebsstränge gesteigert. Neben der das Volumen dominierenden Ein-Gang-Variante wird auch eine Zwei-Gang-Variante beschrieben, die sowohl Lastschaltfähigkeit als auch Segelbetrieb zusätzlich zur Rekuperation gewährleistet.

Ziel des Beitrags ist es, einen Getriebekasten mit geringer Bauteilkomplexität bis zu einem maximalen Elektromaschinendrehmoment von 600 Nm vorzuschlagen. Der Antriebsstrang ist quer zur Fahrtrichtung eingebaut. Der Baukasten erfüllt die Anforderungen unterschiedlicher Fahrzeugklassen, wie Mittelklasselimosine, SUV, Trans-

porter der 3,5-t-Klasse sowie auch von Anwendungen mit schmaler Spur, zum Beispiel Kehrmaschinen für den innerstädtischen Bereich.

Dr. C. Hilton MA PhD, BILD 55, Protean Electric Ltd., Farnham, Großbritannien: „ProteanDrive: ein digitales Antriebssystem in den Rädern.“

„Die Idee eines digital kontrollierten Antriebssystems hoher Bandbreite, direkt in den Rädern positioniert, ist spannend für Fahrzeugdesigner und Fahrdynamikingenieure. Sowohl für Mechanik als auch Kontrolle stellt das einfache Interface zum Fahrzeug eine attraktive Lösung für die modulare Fahrzeugarchitektur dar. Es ermöglicht Designern, das Fahrzeug vollkommen neu zu gestalten, frei von der Notwendigkeit, traditionelle Antriebskomponenten unterbringen zu müssen. Fahrdynamikingenieure haben Zugang zu unabhängiger Vier-Quadrant-Drehmoment-Kontrolle in den Rädern mit schnellen Reaktionszeiten für Torque Vectoring und Traktionskontrolle. Ohne Halbachsen, die den Antriebsmomenten in die Räder übertragen müssen, ist eine größere Manövrierfähigkeit möglich.

Das ProteanDrive-System verbindet einen Direktantriebsmotor mit Motorkontrolle, Inverter und Bremse in einer einzigen Komponente und bietet somit eine praktische Option eines Antriebssystems für Elektro- und Hybridfahrzeuge. Die Entwicklung des Systems für einen



BILD 56 Dipl.-Ing. R. Hintringer MBA, Miba AG



BILD 57 Dipl.-Ing. R. Brück, Continental Emitec GmbH



BILD 58 Dipl.-Ing. H. Schmidt, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG

begrenzten Raum und mit Überlebensfähigkeit in einer rauen Umgebung führte zu einem hohen Maß an Integration von Subsystemen, was Herausforderungen birgt, aber auch neue Möglichkeiten eröffnet. Das daraus resultierende Produkt bietet Vorteile in Masse, Trägheitsmoment und Leistungsfähigkeit gegenüber konventionellen elektrischen Antriebssystemen.“

Dipl.-Ing. R. Hintringer MBA, BILD 56, Miba AG, Laakirchen, Österreich: „Hoch-effiziente Elektromotoren mit Formstabwicklung für die Serienproduktion.“

„Elektromotoren mit Formstabwicklung stellen eine der wichtigsten Innovationsrichtungen im Bereich der Elektrifizierung von Automobilen dar. Im Vergleich zu Runddrahtwicklungen in Einziehtechnik haben Formstabwicklungen mitunter einen höheren Kupferfüllfaktor in der Nut und eine bessere thermische Anbindung. Dadurch ergeben sich Vorteile in der Effizienz und der Leistungsdichte. Erste Anwendungen von Formstabwicklungen (Hair-Pin) sind von amerikanischen und japanischen Automobilherstellern bekannt. Weitere Vorteile ergeben sich durch den Einsatz von geraden Formstäben (I-Pin). Insbesondere lässt sich durch die Verwendung von I-Pins die thermische und elektrische Effizienz verbessern. Die elektrische Effizienz erfolgt durch die Anwendung von parallelen Pins zur Senkung der auftretenden Stromverdrängungseffekte bei höheren Frequenzen.

Zusätzlich ist eine flexiblere Gestaltung von unterschiedlichen Leistungs- beziehungsweise Momentenklassen möglich durch den Einsatz von ungeradzahligem Pins. Darüber hinaus sind durch den einfacheren Prozess bei I-Pins Kosten- und Qualitätsvorteile in der Produktion erzielbar. Aufgrund der angeführten Vorteile ist das Unternehmen davon überzeugt, dass die nächsten Generationen von hocheffizienten und hochserientauglichen Elektromotoren auf I-Pin-Technologie basieren werden.“

ABGASREINIGUNG

Dipl.-Ing. R. Brück, BILD 57, Continental Emitec GmbH, Lohmar, Deutschland: „Verfahren und Auslegung von Abgassystemen zur Einhaltung aller Emissionsgrenzwerte im realen Fahrbetrieb: „In Use Conformity“.“

„Die aktuellen Diskussionen über die Zukunft des Verbrennungsmotors und im Besonderen über die Zukunft des Dieselantriebs führen zwingend zu der Entwicklung von ‚emissions-sicherer‘ Gesamtkonzepten.

Dabei müssen die Systeme in der Lage sein, den Fahrer-, Verkehrs-, Kraftstoff- und Umgebungseinfluss zu kompensieren. In der Entwicklungsphase ist die große Anzahl der Variablen jedoch nur schwer in einem zeitlichen und kostenmäßig vertretbaren Rahmen abzutesten. Aus diesem Grund wurde ein Verfahren

entwickelt, um aus einer Vielzahl von Fahrzeugtests einen Testzyklus zu entwickeln, der die ‚worst case‘-Fahrbedingungen widerspiegelt. Mithilfe von speziell entwickelten Algorithmen ist es möglich, diesen Test an verschiedene Antriebskonzepte und Motorengrößen anzupassen, ohne erneut Fahrzeugtests zu fahren. Weitere Validierungen zur Allgemeingültigkeit sind selbstverständlich notwendig.

Zusätzlich wurde ein Auswertetool zur Unterstützung bei der Analyse der Emissionsmessungen entwickelt, das dem Entwickler bei der Auslegung des Abgasnachbehandlungssystems hilft.

Das Tool zeigt aber auch Grenzen auf, ab denen es notwendig wird, über das Motormanagement aktiv einzugreifen. Daraus ergibt sich ein extrem sauberes Gesamtkonzept bei gleichzeitiger Verhinderung von ‚miss-use‘.“

Abschließend werden an Beispielen die Möglichkeiten zur Verbesserung der Abgasnachbehandlung dargestellt und ein mögliches ultimatives Abgassystem theoretisch erarbeitet.

Dipl.-Ing. H. Schmidt, BILD 58, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG, Essen, Deutschland: „Worldwide Harmonised Light-duty Vehicles Test Procedure (WLTP) in Europa – Gesetzgebung und praktische Umsetzung.“

„Bisher war der Neue Europäische Fahrzyklus (NEFZ) die Grundlage für die Abgastypprüfung von Pkws und leichten Nutzfahrzeugen in Europa. Der

NEFZ ist nicht mehr ausreichend, um die Emissionen und den Kraftstoffverbrauch im praktischen Fahrbetrieb realistisch wiederzugeben. Daher wurde 2007 bei der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) eine Arbeitsgruppe zur Entwicklung eines Prüfverfahrens für die Bestimmung von Abgasemissionen und des Energieverbrauchs von Pkws und leichten Nutzfahrzeugen ins Leben gerufen, die Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure (WLTP). Im Mittelpunkt stehen die Entwicklung des Fahrzyklus und der Prüfprozedur.“



BILD 59 Dr.-Ing. W. Wiese, Robert Bosch GmbH

Dr.-Ing. W. Wiese, BILD 59, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen, Deutschland: „Einfluss von Kraftstoffeigenschaften, Additivierung und Einspritzung auf die Partikelentstehung bei DI-Ottomotoren.“

Bosch und Shell haben eine gemeinsame Studie durchgeführt, um den Einfluss von Kraftstoffeigenschaften, Additivierung, Einspritzdruck und Einspritzstrategie auf die Partikelemissionen von DI-Ottomotoren zu bewerten.

Im ersten Teil der Studie wurde am Motorenprüfstand untersucht, wie sich Unterschiede in Kraftstoffzusammensetzung, Einspritzdruck und Einspritzstrategie auf die Partikelanzahl (PN) auswirken. Kraftstoffe, die im Vergleich zu einem europäisch marktüblichen Benzin einen hohen Anteil an schweren Aromaten enthalten (C9/C9+), erwiesen sich dabei als kritisch in Bezug auf die Ablagerungsbildung am Injektor (Injektor-PN-Drift) und ergaben folglich bei Dauerläufen höhere PN-Emissionen.

Im zweiten Teil der Studie wurde ein Fahrzeug mit einem baugleichen Motor auf einem Rollenprüfstand untersucht, um Übertragbarkeit und Zusammenhang zwischen Motorenprüfstands- und Fahrzeugergebnissen zu analysieren.

Wichtigste Erkenntnisse der Studie sind die Auswirkung der Kraftstoffzusammensetzung auf die PN-Emissionen und die Tatsache, dass durch die Verwendung von Kraftstoffen mit Reinigungsadditiven und/oder durch einen höheren Einspritz-

druck die infolge Injektor-PN-Drift verursachten PN-Emissionen deutlich reduziert werden können. Zudem kann ein optimierter Einspritzzeitpunkt die PN-Emissionen senken, die über eine Benetzung der Brennraumwand durch Kraftstoffe mit hohem Siedepunkt entstehen.

Dipl.-Ing. W. Müller, BILD 60, Umicore AG & Co. KG, Hanau-Wolfgang, Deutschland: „Integration der Drei-Wege-Funktionalität in den Ottopartikelfilter – Eine neue Technologie in der motornahen Abgasnachbehandlung.“

„Neue Gesetzgebungen weltweit erfordern auch beim Ottomotor die Absenkung der Partikelemissionen. Ein potenzielles Abgasreinigungskonzept für diese Reduktion ist der Ottopartikelfilter. Beim Einsatz eines katalytisch aktiven Ottopartikelfilters werden neben Partikeln auch die gasförmigen Schadstoffe HC, CO und NO_x konvertiert.

In diesem Beitrag wird auf die besonderen Herausforderungen eingegangen, die sich bei der Entwicklung eines Ottopartikelfilters mit katalytischer Aktivität für den Einbau in einer motornahen Position ergeben.

Das Spannungsfeld, in dem sich die speziell entwickelte Katalysatorstechnologie bewegt, erstreckt sich zwischen hoher Drei-Wege-Aktivität, hoher thermischer Belastung, hoher Filtrationsleistung und geringstmöglichem Staudruck.

In enger Zusammenarbeit mit Volkswagen wurde ein innovatives Abgasnachbehandlungssystem zur Serienreife entwickelt, das in der neuen Vierzylinder-TSI-Motorenfamilie von Volkswagen in verschiedensten Fahrzeugen für die Euro 6 AG-Gesetzgebung zum Einsatz kommt.“

KRAFTSTOFFE DER ZUKUNFT 2 / THERMO- UND ENERGIEMANAGEMENT

Dr. F. Will, BILD 61, Ino8 Pty Ltd., Jan Juc, Australien: „OVER8 – Erschwingliche Thermomanagementinnovationen zur Erreichung 2020 Kraftstoffverbrauchsgrenzen in China.“

„Es wird erwartet, dass der Kraftstoffverbrauchsstandard China-Phase IV ab 2020 einen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 5 l/100 km erfordert. Eines der meistverkauften Autos der Welt ist der Wuling Hong Guang S1 MPV, dessen Einstiegspreis dadurch um mehr als 17 % steigen würde. Thermo-



BILD 60 Dipl.-Ing. W. Müller, Umicore AG & Co. KG



BILD 61 Dr. F. Will, Ino8 Pty Ltd.

management-Technologien gehören zu den kosteneffektivsten Maßnahmen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs.

OVER8 ist ein Systemansatz, der neue Synergien generiert, indem bestehende Thermomanagement-Komponenten auf neuartige Weise kombiniert werden. Mit einem Pkw aus dem Modelljahr 2016 wurden NEFZ-Tests in einem nach ISO 17025 akkreditierten Abgaslabor durchgeführt, um eine neue Kombination von erschwinglichen Technologien wie Hochtemperaturkühlmittel, Evakuierung von Kühlmittel beim Kaltstart, Wärmespeicher und so weiter zu bewer-



BILD 62 Dipl.-Ing. H. Dismon, Rheinmetall Automotive AG



BILD 63 Dr. P. Saueremann, BP Europa SE

ten. Dabei wurden Verbrauchsreduzierungen von 9 % im ersten Teil, 6 % für den kombinierten Zyklus und überraschenderweise sogar 3 % für den zweiten Teil nachgewiesen.“

Dipl.-Ing. H. Dismon, BILD 62, Rheinmetall Automotive AG, Neckarsulm, Deutschland: „Innovative Elektrifizierungstechnologien für zukünftige konventionelle und alternative Fahrzeugantriebe.“

„Die sich hoch dynamisch verändernden Mobilitätsanforderungen der Weltbevölkerung und der global fortschreitende Klimawandel erfordern eine Anpassung der Mobilitätskonzepte durch modifizierte oder neue Fahrzeugarchitekturen. Neben den konventionellen verbrennungsmotorischen Antrieben gewinnen elektrifizierte und vollelektrische Fahrzeuge immer mehr an Akzeptanz und an Bedeutung. Letzteres gilt insbesondere vor dem Hintergrund weltweit voranschreitender legislativer Regularien“, so Dismon.

„Während es im Bereich konventioneller Antriebe bei der Elektrifizierung von Nebenaggregaten und auch teilweise des Fahrantriebs im Wesentlichen um eine gesamtheitliche Effizienzsteigerung geht, stehen bei elektrischen Antriebssystemen die generelle Verfügbarkeit der Funktion und die Reichweite im Vordergrund.“

Dem weltweiten Trend zu elektrischen Antriebssystemen folgend, hat die Rheinmetall Automotive AG unter anderem die Entwicklung eines modular aufgebauten elektrischen Energiespeichersystems realisiert und ergänzt dies mit der Entwicklung von elektrischen Fahrtriebssystemen.“

Neben der Vorstellung dieser Neuentwicklungen diskutiert der Vortragende anschließend Elektrifizierungsansätze für Nebenaggregate sowie eine daraus abgeleitete integrale Bewertung bezüglich Aufwand und Nutzen.

Dr. P. Saueremann, BILD 63, BP Europa SE, Bochum, Deutschland: „Kraftstoff-Technologien für emissionsarme Mobilität.“

„Mit dem Ziel, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen, haben sich auf der UN Klimaschutzkonferenz 2015 in Paris 195 Länder auf ein weltweites Klimaschutzabkommen geeinigt. Dieses anspruchsvolle Ziel stellt die Energie- und Automobilindustrie vor große Herausforderungen.“

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte ist eine mögliche Antwort auf diese Herausforderung. Dennoch ist es unbestreitbar, dass der Verbrennungsmotor noch ein beträchtliches Potenzial hat, für mehrere Jahrzehnte einen wesentlichen Beitrag für eine sauberere Mobilität zu leisten. Daher ist es notwendig, Wege zu entwickeln, um fossiles CO₂ mit alternativen Rohstoffen, neuen Verbrennungsprozessen und Herstellungswegen zu reduzieren.

Gezielte Forschung und die Entwicklung neuer Kraftstoffe, Verbrennungsmotoren sowie Elektrofahrzeug- und Hybridtechnologien sind erforderlich, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren und die Luftqualität auf sinnvolle, kostengünstige und anwenderfreundliche Weise zu verbessern.

BP steht vor der Herausforderung, solche Kraftstoffe bereitzustellen, die eine emissionsarme Mobilität ermöglichen.“

POSTERPRÄSENTATIONEN

Im Rahmen der Fachausstellung wurden die nachfolgenden Poster präsentiert. Die dazugehörigen Paper sind für Teilnehmerinnen und Teilnehmer in den Tagungsbänden und online erhältlich.

Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. M. Klell, HyCentA Research GmbH, Graz, Österreich, Technische Universität Graz, Graz, Österreich, Dipl.-Ing. Dr. techn. A. Trattner, HyCentA Research GmbH, Graz, Österreich: „Elektromobilität mit Brennstoffzellen – Potenzial und Beispiele.“

L. Konstantinoff M.Sc., T. Dornauer M.Sc., R. Stärz M.Sc., M. Pillei M.Sc., DDipl.-Ing. Dr. techn. L. Möltner, MCI Innsbruck, Innsbruck, Österreich, D. Mairegger M.Sc., PGES GmbH, Jenbach, Österreich, Mag. Dr. techn. S. Unterberger, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich, Dipl.-Ing. Dr. techn. U. Trattning, FH Joanneum, Kapfenberg, Österreich: „Untersuchungen zur Ausbildung und Bewegung von Zündfunken in Gasmotoren mit turbulenter Verbrennung.“

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. M. Lang, Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Almbauer, Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Kirchberger, Technische Universität Graz, Graz, Österreich: „Technologien zur Abwärmenutzung in verbrennungsmotorischen Antrieben und deren Prüfstandserprobung.“

Dipl.-Ing. A. Fischer, Technische Universität Graz, Graz, Österreich, *M. Theilliez M.Sc., Ing. Ind. M. Mérida Delgado*, AVL List GmbH, Graz, Österreich: „Messung und Simulation der Kraftstoffbenetzung einer GDI-Einspritzdüse als Ursache erhöhter Partikelemission.“

**PLENAR-SCHLUSSEKTION –
BLICK IN DIE ZUKUNFT**

Ola Källenius, **BILD 64**, Mitglied des Vorstands, Konzernforschung & Mercedes-Benz Cars Entwicklung, Daimler AG, Stuttgart, Deutschland: „Die Zukunft bewegen – Das Beste aus zwei Welten.“

„Die Automobilbranche verlässt zunehmend etablierte Pfade. Für Mercedes-Benz bedeutet dies, bei den traditionellen Technologien noch stärker zu werden und gleichzeitig bei neuen Antriebssystemen Fahrt aufzunehmen. Bis 2025 sollen bis zu 25 % des Pkw-Absatzes auf elektrische Antriebe entfallen. Der weitaus größte Teil setzt sich aus Hightech-Diesel- und modernen Benzinmotoren zusammen – mit dem Erfolg dieser Motoren muss die Entwicklung alternativer Antriebsformen mitfinanziert werden. Moderne Dieselmotoren bleiben dabei ein wichtiger Baustein der Antriebsstrategie – die aktuelle Generation der OM 654-Motoren erreicht derzeit mit innovativer Abgasmachbehandlung NO_x-Emissionen um die 40 bis 60 mg/km im Dauerbetrieb von vielen tausend Kilometern RDE-Fahrten – das interne weitere Entwicklungsziel liegt

sogar bei 20 mg/km. Bei der Erneuerung der Verbrennungsmotorpalette erfolgt eine schrittweise Elektrifizierung der Antriebe. Diese hochgradig elektrifizierten Motoren erhalten die Bezeichnung EQ Boost. Beispielsweise verfügt der neue Reihensechszylinder-Ottomotor M 256 über ein 48-V-Bordnetz, eine intelligente Aufladung mit elektrischem Zusatzverdichter sowie einen Integrierten Starter Generator (ISG). Damit werden die Fahrleistungen eines Achtzylinders bei viel geringerem Verbrauch erreicht.

Ein weiterer Ansatz der Elektrifizierung läuft unter dem EQ-Power-Label und umfasst Plug-in-Hybride mit gesteigerter Performance und Reichweite – sowohl mit Benzin- als auch Dieselmotoren. Daneben ist geplant, performance-orientierte Elektrifizierung unter der Bezeichnung EQ POWER+ für die Serie auszurollen.

Für die rein elektrischen Fahrzeuge bei Mercedes-Benz wurde eine eigene Marke eingeführt: EQ. EQ steht für Electric Intelligence. Die Bandbreite reicht von Kompakt- bis hin zu Luxusfahrzeugen. Dazu werden in den kommenden Jahren rund 10 Mrd. Euro in die Produktoffensive EQ investiert.“

Prof. Dr. Klaus F. Gärditz, **BILD 65**, Ordinarius für Öffentliches Recht, Universität Bonn, Deutschland: „Dieselverbot als Verfassungsproblem.“

„Dieselverbot ante portas? Nicht erst seit den beiden Entscheidungen des BVerwG vom 27. März 2018 zur Luftreinhalteplanung in Düsseldorf und Stuttgart elektrisiert kaum ein anderes Thema die

politische Öffentlichkeit in Deutschland so sehr wie mögliche Dieserverbote. Während das BVerwG lokale Verbote im Rahmen der auch unionsrechtlich gebotenen Verhältnismäßigkeit als letztes Mittel für möglich hält, um die Vorgaben des europäischen Luftreinhalterechts (konkret der Luftqualitätsrichtlinie) durchzusetzen, stehen Verbote der Produktion von Dieselfahrzeugen (Dieselausstieg) derzeit (noch) nicht auf der politischen Agenda. Die Debatte könnte freilich wieder aktuell werden, wenn sich namentlich der Druck der Europäischen Kommission auf Deutschland weiter erhöht, mehr für die Einhaltung unionsrechtlicher Luftreinhalteziele zu tun. Angesichts der ökonomischen, sozialen und ökologischen Kollateralschäden einer zunehmenden Konzentration von Wohnbevölkerung ist auch nicht zu erwarten, dass der Druck zu einer mittel- und langfristigen technopolitischen Trendwende nachlassen wird. Nachfolgend soll daher den verfassungsrechtlichen Grenzen möglicher Ausstiegszenarien nachgegangen werden.“

Oliver Blume, **BILD 66**, Vorstandsvorsitzender, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Stuttgart, Deutschland: „Sportwagenantriebe der Zukunft.“

„Elektrifizierung, Digitalisierung, Konnektivität – das sind die drei großen Zukunftstrends, welche die Mobilität aktuell radikal verändern.“

Angesichts der unterschiedlichen Entwicklungen in den Weltmärkten stellt sich Porsche derzeit möglichst



BILD 64 O. Källenius, Daimler AG



BILD 65 Prof. Dr. K. F. Gärditz, Universität Bonn



BILD 66 O. Blume, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG



BILD 67 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer

breit auf. Das Produktportfolio zeichnet sich durch eine große Spreizung aus: Es reicht vom Hochleistungssportwagen 911 GT2 RS bis zum Topmodell der Panamera-Baureihe, dem Panamera Turbo-S-E-Hybrid. Und im Jahr 2019 kommt der erste rein elektrisch betriebene Porsche, der Mission E, dazu. Weitere E-Modelle werden sukzessiv folgen. Dieser Mix aus Verbrennungsmotoren, Hybridantrieben und reinen Elektroantrieben gibt dem Unternehmen die nötige Flexibilität, um auch künftig den regional unterschiedlichen Marktgegebenheiten, den gesetzlichen Anforderungen und der Nachfrage der Kunden Rechnung zu tragen.

Langfristig führt kein Weg an der Elektromobilität vorbei. Porsche sieht darin eine große Chance. Die Aufgabe lautet, die neue Technologie Porschetypisch auf die Straße zu bringen – sei es im Design, in der Qualität oder bei der Fahrdynamik. Dafür verbindet das Unternehmen 70 Jahre Erfahrung im Sportwagenbau mit zukunftsweisenden, auf der Rennstrecke erprobten Innovationen – und schafft so die Basis für seinen weiteren Geschäftserfolg.“

Prof. Geringer, BILD 67, schloss das 39. Internationale Wiener Motorensymposium mit den Worten:

„Nach insgesamt 46 Vorträgen mit beeindruckenden Innovativen, ob bei den bewährten, aber in starker öffentlicher Diskussion befindlichen Verbrennungskraftmaschinen oder bei den elektrischen Antrieben und den immer mehr in den Fokus rückenden synthetischen Kraftstoffen, sind wir am Ende des Motorensymposiums angekommen.“

Viele neue Motoren und Antriebslösungen wurden vorgetragen und zum Teil auch in Hardware in den Ausstellungen vorgestellt. Extrem effiziente Abgasnachbehandlungen konnten gezeigt und sogar erstmals Radnabenantriebe, aber auch intelligente Motorsteuerungsideen mit beeindruckenden Ergebnissen vorgeführt werden.

Ein sehr turbulentes Jahr ist seit dem vorigen Wiener Motorensymposium vergangen: Die Elektrifizierung schreitet voran, wie wir in den vielen Beiträgen eindrucksvoll gesehen haben. Auch der in den Medien häufig verteu-

felte Dieselmotor zeigt sein weiteres Potenzial. Nicht zu vergessen das große CO₂-Einsparpotenzial durch Hybridisierung der breiten Masse an Motoren sowie die großen Chancen mit synthetischen Kraftstoffen.

Die Herausforderung der nächsten Jahre ist zweifelsfrei die Senkung der Treibhausgase im Verkehr: Die europäischen Regierungen haben der EU klare Zusagen gegeben, jetzt wird es schlagend. Österreich muss beispielsweise bis 2030 die verkehrsbedingten CO₂-Mengen um 36 % (zur Basis 2005) verringern. Eine Mammutaufgabe, die sicherlich nur mit Bündelung aller genannten Möglichkeiten bewältigt werden kann. Einfach ist dies nicht.

Wir müssen diese Aufgabe bewältigen: Ob dazu nur fahrzeugseitige Maßnahmen helfen, ist fraglich, ich bringe hier das Stichwort Emissionshandel im Straßenverkehr – wie bei Energiebereitstellung, Industrie oder Luftfahrt – ein.

Der Wettlauf um den besten Antrieb ist, wie von Prof. Lenz in der Eröffnungsrede beschrieben, noch nicht entschieden: Die Alternativen holen auf, die Platzhirsche geben nicht auf und kontern. Konkurrenz belebt die Innovationen, und am Schluss profitieren Kunde und Gesellschaft. Es bleibt also weiter sehr spannend.“

TAGUNGSBÄNDE

Die Vorträge des 39. Internationalen Wiener Motorensymposiums sind im vollen Wortlaut in den VDI-Fortschritt-Berichten, Reihe 12, Nr. 807, Band 1 und 2 (einschließlich USB-Stick auch in englischer Sprache), nebst Zusatzheften enthalten. Die Unterlagen sind beim Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK) erhältlich.

EINLADUNG

Das 40. Internationale Wiener Motorensymposium findet am 16. und 17. Mai 2019 im Kongresszentrum Hofburg Wien statt, wozu schon heute herzlich eingeladen wird. Rechtzeitige Anmeldung nach Programmbekanntgabe im Internet ab circa 10. Dezember 2018 wird dringend empfohlen. Vortragsvorschläge mit kurzer Zusammenfassung können ab sofort eingereicht werden.

KONTAKT

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



39th INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM



AUTHORS

On April 26th and 27th, 2018 more than 1100 leading engineers and scientists specialized in engine and drivetrain development from all over the world met at the 39th International Vienna Motor Symposium. This report contains the partly condensed summaries of the lectures of all the authors, as well as the speeches of the two organizers, Univ.-Prof. Dr. Bernhard Geringer, President of the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK), and Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz, Honorary President of the Austrian Society of Automotive Engineers. Participants can download all the lectures of this year's symposium and previous symposia from the website of the International Vienna Motor Symposium (vienna-motorsymposium.at).



Univ.-Prof. Dr. Bernhard Geringer
is President of the Austrian Society
of Automotive Engineers (ÖVK)
in Vienna.



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

INTRODUCTION

Prof. Lenz, **FIGURE 1**, started with an introduction to the topic: “Batteries and Internal Combustion Engines are Competing. Which one will win?”

“Since the 50ies and 60ies we have time and again evaluated various engine components and drivetrain concepts in order to find out whether they would be superior to the existing technology. Just think of gasoline injection, turbocharging or entirely new drive systems, such as the gas turbines developed by Daimler and Volvo. Do you remember VW’s parallel hybrid, the Audi Duo, or the steam engine? In the competition between battery-electric and internal combustion engines, both show advantages and disadvantages and still pose challenges, i.e. the costs of the refueling infrastructure and its creation. Another problem results from the open-ended question as to whether a sufficiently large amount of electricity can be generated for electric vehicles from renewable sources of energy.

At last year’s symposium, gasoline engines were presented that meet all demands in terms of exhaust gas emissions. This year, four manufacturers and suppliers will demonstrate their new low-emission diesel engines. It is certainly wise to examine all drive systems with a view to future applications,



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

but should we hastily move from one system to another? Do we really have to plan the manufacturing of millions of such vehicles without knowing whether customers will be willing to buy them? Is it not preferable to produce a smaller number before we know whether a new propulsion system can be successfully introduced or will maybe not be accepted? As the race between diesel engines and electric vehicles is still ongoing, we should not jump to conclusions.”

After this introduction, Prof. Lenz chaired the plenary opening session, **FIGURE 2**.

PLENARY OPENING SESSION

Anders Nielsen, **FIGURE 3**, Chief Technical Officer, Volkswagen Truck & Bus, Södertälje, Sweden: “Volkswagen Truck & Bus and the Future of Transportation.”

“We live in a rapidly changing world where inefficiencies no longer are accepted. We do not talk about evolution anymore when developing automated, connected and clean (electrified and alternative drives) vehicles. In the commercial vehicle industry, we are in the middle of a revolution. Our trucks continuously collect and transmit data

FIGURE 2 Plenary opening session, from left to right: Prof. S. Wolf, Prof. H. P. Lenz, A. Nielsen, Prof. H. List, Prof. B. Geringer



FIGURE 3 A. Nielsen, Volkswagen Truck & Bus





FIGURE 4 Prof. KR Ing. S. Wolf, Russian Machines LLC

customers. The internal combustion engine will continue to play an important role for many years to come even though TCO parity for electric drives will be coming closer in time. Combining these three technologies – automated, connected, and clean – will lead to a radical transformation. One thing is clear, the world of transport will change massively.”

Prof. KR Ing. Siegfried Wolf, FIGURE 4, Chairman of the Board of Directors, Russian Machines LLC, Moscow, Russia: “Russia – A Sleeping Giant?”

“I’m delighted to deal with a topic that is more relevant today than ever before: Russia, a sleeping giant? The Russian market has always been very important for German and Austrian enterprises. I’m pleased to give an overview of the current situation in Russia, analyzing the market and the circumstances that have to be taken into consideration. I will explain not only the problems with which Russia is struggling at present, but also the effects of the sanction policy.

As sanctions are a classic and political risk factor for companies, we are directly and indirectly affected by these as well.”

Prof. Dr. Helmut List, FIGURE 5, Chairman and CEO, AVL List GmbH,



FIGURE 5 Prof. Dr. H. List, AVL List GmbH

Graz, Austria: “Propulsion Systems in Transition.”

“The combustion engine clearly has the potential to lower the CO₂-emissions even further as well as the pollutant emissions to a level where the air quality in metropolitan areas can be improved again – the key word would

which is the foundation for developing new technologies designed to optimize the entire eco-system. Connectivity is the enabler for automated vehicles to make even smarter systems. It addresses about a third of the operating cost for long haulage business and will be a big step in optimizing the system for our



FIGURE 6 Aula

be mild hybridization, such as e.g. on a 48 V level – to come to ‘Zero Impact Emission’ solutions.”

List points out that combustion engine, battery and fuel cell should not be regarded as competing concepts, but rather as synergetic, combinable mod-

less back-and-forth movement between the relevant most effective development environments.

“It is not only the drivetrain itself that undergoes a change, but also the methods of developing drivetrains”, concludes List.

After the joint plenary opening, two parallel sessions, **FIGURE 6** and **FIGURE 7**, were held in which technical papers were presented under the chairmanship of *Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur*, **FIGURE 8**, *Univ.-Prof. Dr. H. Eichlseder*, **FIGURE 9**, *Univ.-Prof. Dr. W. Eichlseder*, **FIGURE 10**,



FIGURE 7 Ceremonial Hall

ules in order to meet future requirements most efficiently.

Eventually, however, the future distribution of technologies on the market will be decided by the practical feasibility of an exploding variety of models as robust serial solutions, especially against the backdrop of ever shorter and quicker legal changes dictating development cycles.

This cannot be realized with traditional development approaches, neither with the required depth of validation nor within the required short development time frames.

What is necessary is shifting both development and validation into a virtual world. It will be decisive to efficiently link real and virtual development environments that allow a seam-



FIGURE 8 Univ.-Prof. Dr. G. Brasseur



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



FIGURE 10 Univ.-Prof. Dr. W. Eichseder



FIGURE 11 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer



FIGURE 12 Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann

Univ.-Prof. Dr. B. Geringer, **FIGURE 11**, Assoc. Prof. Dr. P. Hofmann, **FIGURE 12**, Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg, **FIGURE 13**, Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz, **FIGURE 14** and Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger, **FIGURE 15**.

A comprehensive and impressive exhibition of new engines, electric drive systems, components and vehicles complemented the lectures **FIGURE 16**, **FIGURE 17**, **FIGURE 18**, **FIGURE 19**, **FIGURE 20**, and **FIGURE 21**.

NEW DIESEL ENGINES

Ing. F. Steinparzer, **FIGURE 22**, BMW Motoren GmbH, Steyr, Austria: “The Technology of the New BMW Six-Cylinder Diesel Engine for the X4 M40d.”

“The roll-out of the new six-cylinder diesel engine family began in 2015 with the introduction of the new BMW 7 series. In addition to the 30d model, a 40d and a 50d model will also be offered. An M-Performance model, the M40d, has been added to the portfolio of this engine generation. In the development of the new drivetrain, the objectives were to achieve the performance and dynamics typical of the M series and to ensure compliance with the most recent EU emission standards.

The technology used to achieve the demanding overall objectives is described in this work and the functional results in terms of driving performance, consumption and emissions are shown.”

Dr.-Ing. A. Kufferath, **FIGURE 23**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany: “The



FIGURE 13 Univ.-Prof. Dr. G. Hohenberg

Path to Negligible NO₂ Immission Contribution from the Diesel Powertrain.”

“Euro 6d temp, the first stage of the regulatory package on real driving emissions (RDE), became effective in the EU in September 2017. The second stage, Euro 6d final, will enter into effect on January 1st, 2020. The resulting requirements will contribute significantly to a further reduction of urban air pollution caused by vehicle emissions. Thanks to the widespread use of particulate filters in diesel vehicles, development efforts will no longer focus on particulates, but rather on a further reduction of nitrogen oxide emissions and on ensuring low



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



FIGURE 15 Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger



FIGURE 16 Exhibition: booth of Audi



FIGURE 17 Outside Exhibition: booth of AVL



FIGURE 18 Exhibition: booth of Bosch



FIGURE 19 Exhibition: booth of Daimler

FIGURE 20 Exhibition: booth of Miba



FIGURE 21 Exhibition: booth of Volkswagen



FIGURE 22 Ing. F. Steinparzer, BMW Motoren GmbH



FIGURE 23 Dr.-Ing. A. Kufferath, Robert Bosch GmbH



FIGURE 24 Dipl.-Ing. M. Köhne, Volkswagen AG

emission levels, even under critical driving and ambient conditions. In order to reach this goal, an optimum interaction between the internal combustion engine and the exhaust gas aftertreatment system, as well as efficient temperature management will be indispensable. The systematic implementation of these measures definitely does not conflict with the CO₂-benefit a diesel powertrain offers. The in-depth testing of an experimental vehicle has clearly shown that these initially conflicting targets can be reconciled. The emission data obtained in these studies were used as input parameters for a simulation of immisions at the 'Neckartor', a critical hot spot in Stuttgart. As this lecture demonstrates, the theory that diesel powertrains make only a negligible contribution to NO₂-emissions can become reality, even at critical hot spots."

Dipl.-Ing. M. Köhne, FIGURE 24, Volkswagen AG, Wolfsburg, Germany: "The New Generation of Four-Cylinder Diesel Engines from Volkswagen."

Diesel drives constitute an important element of Volkswagen AG's powertrain portfolio which helps to meet customer needs and reach the company's CO₂-targets. This lecture explains the objectives set for Volkswagen's new generation of four-cylinder diesel engines and illustrates their major technological features. The new engine was developed with a view to achieving a further significant efficiency increase, to complying with

all current and future emission requirements for the EU 28 region and user countries, to improving power delivery and comfort, and to dramatically reducing engine weight. Volkswagen's new four-cylinder diesel engine will first be installed in Audi vehicles with longitudinally mounted engines and mild hybridization. The engine will subsequently be used in Volkswagen Group vehicles with transversely mounted engines, and will entirely replace the predecessor generation by 2021.

Dr. M. Kemmner, FIGURE 25, Daimler AG, Stuttgart/Sindelfingen, Germany: "OM 654 1.6 l – The Four-Cylinder Entry Type of the New Mercedes-Benz Diesel Engine Family with Improved Fuel Efficiency."

"With the introduction of the base-type OM 654 four-cylinder engine and the OM 656 six-cylinder engine, Mercedes-Benz successfully launched its new diesel engine family. The OM 654 top-type engine with two-stage turbocharging and 180 kW occupies a position between these two engine models.

With the entry-type OM 654, which has a displacement of 1.6 l, referred to in the following as the OM 654 D16, the bottom end of the portfolio has been rounded off. In addition to very low emissions and compliance with RDE Stage 1 and EU 6d temp, a significant CO₂-reduction compared to the current base-type version represented a central development objective. The higher fuel efficiency results from the

stepped-recess combustion process, which was modified to match the smaller combustion chamber, from friction-reducing measures, turbo-charger improvement and very low pumping losses. The engine concept uses the modular components of the OM 654/656 diesel engine family. However, it also features further improvements focused on reducing friction."

The lecturer explains the engine design, the combustion and exhaust gas aftertreatment systems as well as the efficiency and performance improvements as confirmed by test-bench and vehicle data.



FIGURE 25 Dr. M. Kemmner, Daimler AG

NEW GASOLINE ENGINES 1

Dr.-Ing. J. Hahn, FIGURE 26, BMW Group, Munich, Germany: “The New BMW Eight-Cylinder Gasoline Engine.”

In the premium vehicle class, eight-cylinder engines represent a superior and globally relevant motorization. BMW has designed a new eight-cylinder gasoline engine with a distinctive character in order to consolidate this segment. Besides meeting all current efficiency and emission requirements, the development focused, in particular, on the emotional impact of this drivetrain.

Hahn describes the engine concept and structural design along with the functional properties of the new BMW eight-cylinder gasoline engine. Significantly improved dynamics and high fuel efficiency under realistic customer driving conditions, combined with the typical engine sound, have resulted in an impressive and authentic package for the brand-new sports car. As a result, the new BMW eight-cylinder gasoline engine is an outstanding representative of the BMW Efficient Dynamics Program.

Dipl.-Ing. J. Königstedt, FIGURE 27, Audi AG, Neckarsulm/Ingolstadt, Germany: “The Continued Development of the New Audi V6 TFSI Engine – The Next Milestone in TFSI Technology.”

“The new 2.9 l V6 TFSI in the new Audi RS 5 is the latest highlight of Audi’s V6 TFSI engine family, which was first launched in mid-2016 with the introduction of the 3.0 l V6 TFSI.

The charging concept of the new V6 TFSI, which features two turbochargers in the inner V, is based on short gas paths and delivers supreme responsiveness.

The engine has a power output of 331 kW and a torque of 600 Nm in the speed range from 1900 to 5000 rpm. In addition to the typical Audi attributes in terms of dynamics and sportiness, the development focused on downsizing in all areas in order to reduce CO₂-emissions and to ensure light-weight construction in this power segment, as well as in others.

The enlarged V6 TFSI engine family, which features power outputs from 210 to 331 kW, makes it possible to substitute a wide range of different Volkswagen Group engines.

With the 2.9 l V6 TFSI it will be possible in the future to fit an electric compressor called EAV (German abbreviation for: elektrisch angetriebener Verdichter), combined with a belt alternator starter (BAS) and a 48 V electric system, thus enabling the implementation of a mild hybrid concept. In such a configuration, the ‘sports engine’ of the RS 5 will be turned into a supremely safe, comfortable and fuel-efficient power unit.”

Dr. W. Demmelbauer-Ebner, FIGURE 28, Volkswagen AG, Wolfsburg, Germany: “The New 1.5 l EA211 TGI evo – Volkswagen steps on the e-gas.”

“Spark-ignition engines running on e-gas (renewable CNG) represent a major element of the powertrain

portfolio for sustainable CO₂-neutral mobility. Vehicles operated with gaseous fuels can thus be seen as the ideal complement to electric mobility. In close co-operation with suppliers as well as network and fuel-station operators, in 2017 Volkswagen launched an offensive with the dual aim of expanding the existing network in Germany to 2000 fuel stations and putting one million CNG-powered vehicles on German roads by 2025.

A broad range of CNG vehicles is crucial for the successful implementation of this offensive. An attractive powertrain portfolio constitutes the decisive prerequisite. Volkswagen is now presenting the new 1.5 EA211 TGI evo, which, since it features the technology genes of the 1.5 l EA211 TSI evo, is ideally suited for bivalent operation with liquid and gaseous fuels. In addition to the high compression ratio, the efficient TSI Miller combustion cycle with VGT turbocharging deserves special mention.”

NEW GASOLINE ENGINES 2

Dipl.-Ing. C. Weber, FIGURE 29, Ford-Werke GmbH, Cologne, Germany: “Development of a New Combustion Engine Dedicated to Methane Operation.”

The lecturer describes a new combustion engine concept for exclusive operation with methane as fuel. Natural gas, biomethane and power-to-gas methane can be used as fuels.



FIGURE 26 Dr.-Ing. J. Hahn, BMW Group



FIGURE 27 Dipl.-Ing. J. Königstedt, Audi AG



FIGURE 28 Dr. W. Demmelbauer-Ebner, Volkswagen AG

The engine is based on the new Ford 1.0 l GTDI Ecoboost engine. The basic design was modified in such a way as to withstand very high combustion pressures in order to fully benefit from the thermodynamic properties of methane.

The engine delivers a maximum power output of 110 kW and a brake mean effective pressure (BMEP) of 30 bar over a wide engine speed range.

In order to achieve this high specific torque on the one hand and to minimize fuel consumption on the other, the engine features an innovative technology bundle, e.g. a fully variable mechanical actuation of the intake and exhaust valves, a parallel sequential multi-stage turbocharger system and a methane direct injection.

Weber explains the overall engine concept, the design of the major engine components and presents the first thermodynamic results of the study.

Dipl.-Ing. C. De Marino, FIGURE 30, FCA EMEA Powertrain Engineering, Torino, Italy: “The Global Small Engine Three- and Four-Cylinder Turbo: The New FCA’s Family of Small High-Tech Gasoline Engines.”

“Starting in 2007, one of FCA’s strategies for fuel economy improvement has been the implementation of the powertrain downsizing concept with the Fire 1.4 l turbocharged engine.

Global market requirements, as well as the new vehicle test cycles, call for major efforts to design modern highly efficient internal combustion engines, since the areas of minimum specific fuel consumption are to be extended so as to cover all driving conditions.

Therefore, it is an absolute necessity to devise a smart combination of engine technologies which permit stoichiometric operation under all driving conditions and, at the same time, to ensure engine right-sizing in accordance with Vehicle Demand Energy (VDE).

The GSE engine family, consisting of three-cylinder 1.0 l and four-cylinder 1.3 l versions, is completely new and features a long stroke, small bearing diameters, crank-offset and low crank radius/conrod length ratios, an all-aluminium engine structure, a compact four-valve combustion chamber with high tumble flow through the inlet ports and flow through the high-pressure lateral fuel injector, MultiAir VVL system (FCA proprietary technology), and an exhaust



FIGURE 29 Dipl.-Ing. C. Weber, Ford-Werke GmbH



FIGURE 30 Dipl.-Ing. C. De Marino, FCA EMEA Powertrain Engineering



FIGURE 31 J. Y. Kim M.Sc., Hyundai Kia Motor Group

manifold integrated into the cylinder head. In addition, hybridization is guaranteed.

All these features make the GSE turbo engines a key player in the category of displacement engines, on account of their high fuel efficiency, excellent performance, low weight, acoustics and vibration behavior.”

J. Y. Kim M.Sc., FIGURE 31, Hyundai Kia Motor Group, Namyang, Korea: “Hyundai-Kia’s SmartStream 1.6 l Turbo GDI Engine.”

“Hyundai-Kia is planning to introduce the next generation of powertrains, branded as ‘SmartStream’, which comprises the upcoming new 1.6 l MPI and the 1.6 l turbo GDI engines. With a view to improving fuel efficiency and lowering emissions, Hyundai-Kia is implementing its innovative technologies, such as a continuously variable valve duration (CVVD) system and low pressure exhaust gas recirculation (LP-EGR).

For fuel efficiency, the CVVD system reduces pumping losses. Even though the CVVD substantially lowers fuel consumption, its effect on the low engine speed range and with high boosting rates is less pronounced due to lower pumping losses. Therefore, LP-EGR has been added to improve fuel efficiency by reducing knocking.

In addition, the integrated exhaust manifold head helps to expand the stoichiometric range in comparison with the previous generation engine. A 350 bar fuel injection system is employed in order to meet the stricter particulate number regulations. A variable oil pressure pump and low viscosity oil are used to reduce engine friction. Hence, the combination of unique technologies in its SmartStream engines distinguishes Hyundai-Kia from other automakers. Hyundai-Kia’s new vehicles and Eco cars (HEV/PHEV) will be equipped with this technology combination in the near future.”

FUTURE FUELS 1

Dr. W. Warnecke, FIGURE 32, Shell, Hamburg, Germany: “The Route of Sustainable Fuels as the Basis for Zero Emission Mobility – Has PtX a Chance?”

“Low or zero emission technologies are needed to cope with the threefold emission issue of road transport – CO₂, NO_x, and particulates. So far, battery

electric (BEV) and fuel cell electric vehicles (FCEV) have been considered the only relevant drivetrain technology which delivers zero tailpipe emissions. But BEVs and FCEVs alone will not be sufficient to reach low- or zero-emission mobility for all types of vehicles or means of transport. Therefore, other fuel technology options are being explored and may become attractive. Specifically, Power-to-X (PtX) or E-fuels are gaining interest in the industry and with some legislators in the EU. Power-to-X or E-fuels are liquid or gaseous synthetic fuels produced from (ideally green) electricity.” Warnecke discusses the potential need for such fuels for different types of vehicles and means of transport. He also estimates the additional demand for PtX-derived electricity and analyzes the availability of sufficient amounts of green electricity from third-party sources.

Prof. Dr. R. Schlögl, FIGURE 33, Fritz Haber Institute (FHI) of the Max Planck Society, Berlin, Germany: “Renewable Energies in Mobility: The Potential of Synthetic Fuels Based on CO₂.”

“Today, many proposals are made with regard to the production of synthetic fuels (SF). These SF are competing with electric mobility, which has developed at a very rapid pace. The large variety of options, the inadequate availability of the required materials and a fundamental distrust of exaggerated promises are hampering the fast and practical testing of SF structures. Therefore, the first part of this lecture outlines a framework of conditions under which the potential of SF can be assessed. Questions such as how these energy carrier materials can be systematically integrated into a supply system for renewable energies are of paramount importance. Results described in the technical literature suggest that substances of the class of C1 fuels possess very favorable combustion characteristics, can easily be produced and have an acceptable energy density. A scientifically reliable quantitative assessment of the potential of these fuels cannot be made at present. From a purely chemical perspective, all C1 molecules qualify as candidates for SF, especially in areas where, because of the required high loads, the battery would become excessively large, and strict environmental standards relating to the



FIGURE 32 Dr. W. Warnecke, Shell



FIGURE 33 Prof. Dr. R. Schlögl, Fritz Haber Institute of the Max Planck Society



FIGURE 34 Dr.-Ing. M. Härtl, Technical University of Munich

avoidance of local pollutants by application of hydrocarbon fuels could only be complied with by means of very complex aftertreatment measures. SF are not competitors for electric mobility but are complementary instead.”

Dr.-Ing. M. Härtl, FIGURE 34, Technical University of Munich, Germany, Dr. E. Jacob, FIGURE 35, Emissionskonzepte Motoren, Krailling, Germany: “DMC+ as Particulate Free and Potentially Sustainable Fuel for DI SI Engines.”

In comparison to the use of hydrocarbon-based fuels, C1 oxygenates – with the exception of methanol – reduce the potential danger to human health and the environment. While in the case of diesel engines, the substance class of oxymethylene ethers (OME) has been studied over recent years as a low-emission option for sustainably-produced synthetic fuels, appropriate solutions for spark-ignition engines are not in sight.

The development of DMC+ (dimethyl carbonate + methyl formate + ethanol) on the basis of C1 chemistry offers the opportunity for emission-free mobility with spark-ignition engines.

The methodology for defining a target-oriented formulation for DMC+ is presented, and the results of experiments using DMC+ in a DI SI single-cylinder engine are discussed. The lecturers point out that PN-emissions were reduced by two orders of magnitude, and NO_x-emissions and organic compounds (VOC) in the exhaust gases were drastically lowered. A three-way catalytic converter is used, ensuring the lowest of pollutant emissions in stoichiometric operation. Special attention was given to the emission of sub-23 nm particles, which was also markedly lower with oxygenate fuels.

Prof. Dr.-Ing. S. Pischinger, FIGURE 15, RWTH Aachen University, Aachen, Germany: “Power-to-Liquids – Compensation of Varying E-Fuel Compositions via Digital Rate Shaping.”

“Synthetic fuels, for example so-called E-Fuels, have a substantial potential for solving the trade-offs between CO₂ and pollutant emissions of diesel engines. Therefore, they offer a worthwhile solution for clean and sustainable mobility”, states Pischinger.

On account of the different carbon sources and the fluctuating supply of regenerative electricity, fuel production steps may differ, resulting in variations

of fuel composition with varying combustion properties. These variations are challenging, since they can result in significant deviations of the combustion behavior which cannot be taken into account during the engine calibration process. This acts as a motivation for developing self-adapting engine control structures that are capable of compensating these effects.

The method applied during the investigations presented in this lecture makes use of digital injection-rate shaping. The online generated injection profiles are automatically adapted to meet the target combustion behavior and ensure the desired emission and efficiency performance of the engine.

All investigations were conducted on a single-cylinder research engine and were compared with conventional petroleum-based diesel fuel.

It has been shown that the selected fuels offer great potential for reducing pollutant emissions. In addition, the control concept was successfully demonstrated together with these fuels, which opens up new application perspectives.

NEW POWERTRAINS / TRANSMISSIONS FOR HEAVY DUTY VEHICLES

Dr. D. Savvidis, **FIGURE 36**, European Commission, Brussels, Belgium: "CO₂-Emissions from Heavy Duty



FIGURE 36 Dr. D. Savvidis, European Commission



FIGURE 35 Dr. E. Jacob, Emissionskonzepte Motoren

Vehicles in the EU: Strategy and Regulatory Steps."

"The Commission has already developed a simulation tool called VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool) in order to determine CO₂-emissions and fuel consumption from Heavy Duty Vehicles (HDVs). In the EU certification of motor vehicles takes place under Type Approval Legislation as defined in the 2007/46/EC Framework Directive that is currently being transformed into a new regulation. A new legislative act on HDVs' certification under the existing Reg. 595/2009 that deals with HDVs' emission pollutants has been already prepared and the text was adopted by the Technical Committee of Motor Vehicles (TCMV) on May 2017. First date of implementation will be 1st of January 2019. VECTO has been developed by the Commission in close collaboration with various stakeholders." In this paper there is a short description of the tool's structure including details for mission profiles and vehicles' classification. The results and conclusions from the proof of concept activity are also presented.

Dr.-Ing. S. Klett, **FIGURE 37**, Ziehl-Abegg Automotive GmbH & Co. KG, Kupferzell, Germany: "High Performance Electric Drivetrain for Heavy Duty Vehicles."

"Air pollution in European cities calls for action to reduce the emissions, especially exhaust gas and noise emissions of motor vehicles. One possible solution

is the electrification of vehicles for emission-free driving.

Battery-electric drivetrains, especially in combination with wheel-hub motors for city buses and utility vehicles are significantly less complex than drivetrains for internal combustion engines. The ZAWheel by Ziehl-Abegg Automotive offers a complete, highly efficient gearless electric direct drive with wheel-hub motor technology, including a control unit from a single supplier. The newly developed inverter is integrated into the wheel-hub motor, which allows optimum and flexible packaging in the vehicle at high power output and supreme safety.

The high efficiency of the powertrain results from the combination of the physical efficiency benefit of the direct drive with the adjusted design and control of the motor, inverter and drivetrain.

The service concept focuses on quick solutions for highest customer satisfaction.

The ZAWheel offers a future-oriented, highly efficient solution for the electrification of buses and utility vehicles."

Dipl.-Ing. M. Bahne, **FIGURE 38**, Getrag B.V. & Co. KG, Magna Powertrain, Untergruppenbach/Cologne, Germany: "Transmission Technology Contribution to CO₂-Roadmap – A Benchmark."

"Under the pressure of new legislation and ultimate consumers, hybridization



FIGURE 37 Dr.-Ing. S. Klett, Ziehl-Abegg Automotive GmbH & Co. KG

will have to be embraced quickly and on a global scale in order to comply with carbon dioxide emission standards. However, conventional drivetrains will continue to play an important role for automotive manufacturers in the coming ten to twenty years in order to optimize vehicle attributes, costs, and carbon dioxide emissions. In selecting the best possible transmission technology, manufacturers will increasingly have to consider not only the efficiency and flexibility of transmission systems, but also their compatibility with compact, affordable, and powerful hybrid technologies.” The lecturer examines the efficiency and the impact of current conventional transmission technologies on carbon dioxide emissions in the WLTP cycle and real-world driving conditions and in this context he also presents the next generation of Getrag DCT technology as well as three additional concepts for hybrid drivetrains: the 48 V mild hybrid, integrated high-voltage hybrid systems, and the combination of the high-voltage hybrid with an AWD e-Drive as a P4 hybrid.

The lecturer emphasizes that Magna and Getrag have focused on analyzing the carbon dioxide emission potential of transmission technologies in connection with vehicle performance so as to be able to develop cost-optimized, modular options that overcome conflicting goals of automotive manufacturers.



FIGURE 38 Dipl.-Ing. M. Bahne, Getrag B.V. & Co. KG, Magna Powertrain

NEW COMBUSTION PROCESSES / ENGINE CONTROL

Dipl.-Ing. M. Sens, FIGURE 39, IAV GmbH, Berlin/Gifhorn, Germany: “Pre-Chamber Ignition as a Key Technology for Highly Efficient SI Engines – New Approaches and Operation Strategies.”

Sens describes the potential of using a passive and active pre-chamber system in a conventional spark-ignition (SI) engine.

“Preliminary investigations involved 3-D CFD simulations to analyze the influence of relevant design parameters on the fluid mechanics and thermodynamic properties of the pre-chamber. New operating strategies have also been introduced and examined. Instead of using all-liquid fuel, an active pre-chamber concept with low-pressure injection of a fuel-air mixture was developed which resulted in a drastic reduction of chemical losses in the pre-chamber.

Optimizing the layout of a passive pre-chamber significantly reduces the knocking tendency during high-load operation and makes it possible to increase the compression ratio by approximately two units. Fuel consumption in the relevant map range has been reduced by 2 to 4 %. In the WLTP cycle, fuel efficiency has been improved by approximately 3 %.

The entirely new approach that involves low-pressure air-fuel mixture injection into the pre-chamber shows a significant potential for increasing the air-fuel ratio in homogeneous-lean operation at air-fuel ratios of 2.2 and beyond, with relatively low chemical losses. During homogeneous lean operation with ultra-low specific NO_x-emissions of approx. 0.3 g/kWh, it was possible to improve fuel efficiency by approx. 10 % as compared to fuel consumption during stoichiometric operation.”

Dr. G. Rösel, FIGURE 40, Continental, Regensburg, Germany: “System Approach for a Vehicle with Gasoline Direct Injection and Particulate Filter for RDE.”

“GPF regeneration at low vehicle speeds poses a big challenge, especially when the GPF is installed underfloor.” Rösel presents a system that permits GPF regeneration at low vehicle speeds while keeping gaseous emissions at a low level. This GPF regeneration system also serves as a new type of canister purge system.

It assures a fast and robust determination of the hydrocarbon (HC) concentration of the purge gas and an increase of the purge rate which is required in hybrid vehicles and internal combustion engines that have been optimized for efficiency.

In the future, the networking between vehicles and the traffic infrastructure will make an additional contribution to minimizing fuel consumption and emissions while heightening comfort. Hence it will be possible in the future to consider the traffic flow and topology of the route ahead in devising GPF regeneration strategies aimed at reducing emissions and fuel consumption.

M. Younkings PhD, FIGURE 41, Tula Technology, San Jose, USA, *A. Rayl MSEE, FIGURE 42*, General Motors, Milford, USA: “Dynamic Skip Fire: New Technologies for Innovative Propulsion Systems.”

“General Motors is launching Tula’s Dynamic Skip Fire (DSF) technology as Dynamic Fuel Management (DFM) in the 2019 MY. Building on Active Fuel Management (AFM) that was introduced commercially in 2005, DFM extends cylinder deactivation to all cylinders in 5.3 l and 6.2 l V8 engines which allows for a large variety of firing sequences. Emission limits of ULEV50 were targeted and achieved. With production levels of noise and vibration, significant fuel economy improvement was achieved.



FIGURE 39 Dipl.-Ing. M. Sens, IAV GmbH

Across the industry, additional fuel economy technologies being pursued include electrification and improvements in combustion and combustion strategy.

Tula's DSF is synergistic with these strategies and more. For instance, eDSF realizes the synergies between DSF and hybridization. Development taking place has indicated that eDSF improves the baseline 48 V hybrid performance by 8 % on the WLTC.

As Tula's Dynamic Skip Fire technology is further developed with electrification, innovative combustion strategies and autonomous technologies, significant synergistic benefits are being realized and will be introduced."

INNOVATIVE ENGINE TECHNOLOGY

J. J. Moon, FIGURE 43, GM Global Propulsion Systems, Pontiac, USA, Dipl.-Ing. L. K. Cloos, FIGURE 44, Opel Automobile GmbH, Rüsselsheim, Germany: "The New Valvetrain System of GM/Opel."

"Variable valvetrain systems represent an important building block for increasing the efficiency of boosted SI-engines. In the area of tension between CO₂-emissions on the one hand and ever higher customer expectations regarding drivability and transient response on the other, thanks to variable valvetrain systems it is possible to conceive appropriate operation strategies. Two-step discrete variable systems were successfully launched in the market over the past few years.

General Motors Global Propulsion Systems developed a new tripower multi-discrete-variable valve lift system for future gasoline engine generations in close cooperation with Opel Automobile GmbH. The main feature of this system is a sliding cam functionality that allows multiple discrete lifts of the intake and exhaust valves."

The lecturers illustrate the mechanical design of the discrete variable valve lift system and also focus on challenges arising from multi-discrete variability. They also explain the control system including actuators and sensors. Finally, they deal with different aspects of the manufacturing process and evaluate the system with regard to customer benefits.

Dr. G. Fraidl, FIGURE 45, AVL List GmbH, Graz, Austria: "Internal Combustion Engine 4.0."



FIGURE 40 Dr. G. Rösel, Continental



FIGURE 41 M. Younkins PhD, Tula Technology

"In the future, the simultaneous reduction of pollutant and CO₂-emissions will require significantly enhanced powertrain functionalities that cannot be adequately represented by the ICE alone. Both automated transmissions and especially powertrain electrification can help to meet these more demanding requirements efficiently. These extended functionalities are no longer applied exclusively in the ICE ('Fully Flexible Internal Combustion Engine'), but are distributed across the entire powertrain ('Fully Flexible Powertrain'). In addition, powertrains will be fully networked with the vehicle environment and will therefore utilize all data that are necessary for the emission and consumption-optimized operation of the ICE.

The internal combustion engine and electrification often complement each other in a synergetic way. If the demands made upon such an ICE are compared with the definition of Industry 4.0, far-reaching correlations can be found. Thus it seems quite appropriate to call such a fully networked combustion engine designed to meet future needs 'Internal Combustion Engine 4.0 (ICE 4.0)'.

In addition to further improvements of fuel consumption, the ICE 4.0 produces such a low level of pollutant emissions that it can best be described as a zero impact emission engine. This means that such future ICEs will no longer have a negative impact on immission



FIGURE 42 A. Rayl MSEE, General Motors

levels in urban and metropolitan areas. In other words that the ICE – also in passenger cars – will continue to be a meaningful and essential cornerstone of future powertrain portfolios in the coming decades."

Dipl.-Ing. U. Baretzky, FIGURE 46, Audi AG, Neckarsulm/Ingolstadt, Germany: "The 4.0 l V6 TDI Engine for the 24 hours of Le Mans – Victory of Efficiency."

"Following the introduction of new energy-based regulations for the 24 hour Le Mans race in 2014, it was possible to fully exploit the efficiency potential of Audi's newly developed 4 l V6 TDI diesel



FIGURE 43 J. J. Moon,
GM Global Propulsion Systems



FIGURE 44 Dipl.-Ing. L. K. Cloos,
Opel Automobile GmbH



FIGURE 45 Dr. G. Fraidl,
AVL List GmbH



FIGURE 46 Dipl.-Ing. U. Baretzky,
Audi AG

engine. Owing to the combination of intelligent light-weight design and the use of optimized materials and innovative technologies, this engine set many records. Thanks to the consistent development of the combustion process for efficiency, the engine has a high power output and can be operated with CO₂-neutral fuel without efficiency losses. Since the V12 TDI engine's historic first victory in 2006, further generations of diesel engines appeared on the scene in the course of the following decade.

After the introduction of the new regulations, the victory in the first 24 hour

race once again impressively confirmed Audi's motto 'Leading through Technology' (Vorsprung durch Technik), also for the benefit of the environment."

FUTURE ELECTRIC DRIVES / HYBRIDS

Dipl.-Ing. S. Juraschek, FIGURE 47, BMW Group, Munich, Germany: "The Electrical Powertrain Technology of BMW Group."

"Electric powertrains are mainly associated with buzz words such as 'locally pollutant-free' and 'ecological driving'. However, the emotional and character-forming qualities of electric powertrains are often overlooked. These include their high torque, immediate torque availability, spontaneity and directness."

Juraschek explains that BMW Group has focused its development efforts mainly on these parameters which influence the character of the e-motor. The different types of e-motors play a decisive role in development, as do the electromagnetic design and construction challenges regarding the performance, longevity, robustness, weight, sustainability, efficiency and acoustics of the electric powertrain.

The company aspires to having in-house system competence for the E-drive: the core competences and technological know-how, innovation and production are anchored in-house,

enabling the BMW Group to strengthen its competitive edge. Another milestone confirming the validity of this concept is the development of the 5th generation of integrated electric BMW drivetrains as part of BMW's scalable modular E-drive systems. These modular designs will be available for all BMW model series from 2021 onwards.

Dipl.-Ing. S. Pint, FIGURE 48, Audi AG, Ingolstadt, Germany: "The New Full Electric Drivetrain from Audi."

"For the first mass-production fully electric drivetrain, Audi is following an entirely new path with its in-house development of electric axle drives and high-voltage storage and charging systems. Featuring one drive on each axle, the fully electric drivetrain embodies Audi's core competency – the quattro drive – in a new and impressive way.

Electric motors, power electronics and axle gears incorporating a high degree of component sharing form the basis for a completely new final drive kit. The electric axle drives are manufactured by Audi Hungaria, Audi's own engine/electric motor plant.

Likewise, the 95 kWh 400 V high-voltage storage system is an in-house product. To create a 360° system offer, numerous services and wide-ranging charging options were developed, with a charging power of up to 150 kW power based on DC quick-charging."

K. Oshima, FIGURE 49, Toyota Motor Corporation, Aichi, Japan: "New Multi

Stage Hybrid System for the LC500h with Innovative Drivability of the THSII.”

“The first Toyota Hybrid System (THS) was installed in the Prius, which was introduced in 1997 as the world’s first mass-produced hybrid passenger vehicle. The THS and its technologies have been continuously improved and implemented in a number of vehicle types. The THS has always been one of the best powertrain systems in terms of fuel economy and emission level.” Oshima describes the new THS, which has been further improved so as to meet more stringent requirements.

“In 2017, Toyota launched the new hybrid luxury coupé LC500h, which enhances the brand image and competitiveness of the new generation of Lexus. During the development of the LC500h, major improvements were made to the hybrid system by adopting the newly-developed Multi Stage Hybrid System. The new hybrid system combines a V6 3.5 l naturally aspirated gasoline engine with optimally designed electrical components and has a newly designed multi-stage transmission. The new system assures direct and uniform starting acceleration which surpasses the predecessor system by using a 5.0 l naturally aspirated gasoline engine and perceivable direct acceleration, and meets all the most stringent emission standards of Euro 6 in Europe, SULEV30 in the USA and J-SULEV in Japan.”

Dipl.-Ing. C. Billig, FIGURE 50, BMW Group, Munich, Germany: “Innovations in xEV Powertrains and Challenges for Future Architectures.”

“A rapid rollout of BEVs and PHEVs is necessary in order to comply with future CO₂-emission legislation and to keep up with global trends.

The compact design of the present BMW modular powertrain components has resulted in higher power and energy density at reduced costs.

The fifth-generation xEV modular e-drive concept, known as ‘Gen5’, will be an enabler for a broadly-based and scalable range of drive units for a vehicle portfolio with millions of units over the production term. With every electrified vehicle, our customers have the choice between different ranges and power outputs, allowing them to select a vehicle tailored to their needs. These solutions generate maximum synergies between BEV, PHEV and ICE and are critical factors for the success of the BMW Group.

The next generation of PHEV powertrains has to reach even more ambitious goals: as PHEV powertrains will have to play a dominant role in the market, their package will have to be optimized even further. The capability to extend the electric range and deliver more power, smarter charging solutions and optimum passenger comfort in a compact vehicle are the main challenges for tomorrow.”

FUEL CELLS / ELECTRIC DRIVE STRATEGIES

J. Kim PhD, FIGURE 51, Hyundai Motor Company, Gyeonggi-do, Korea: “The Next Generation Fuel Cell Electric Vehicle from Hyundai Motor Company.”

“The demand for environmentally friendly vehicles coming from industry, government, and the general public is stronger than ever. Fuel cell electric vehicles (FCEVs) represent one of the promising candidates for replacing conventional vehicles.

Hyundai Motor Company, which launched the world’s first mass-produced FCEV, the Tucson ix35 Fuel Cell, in 2013, has continued to lead the market by introducing the next generation of FCEVs in early 2018. The new FCEV features all the technological advances made during the past five or more years and shows better performance in every respect than its predecessor.

The efficiency of the fuel cell system has been improved from 55.3 to 60.0 %, and the driving range has been extended from 415 to 600 km. The power output has been increased by 20 % to 163 hp. In addition, the vehicle has a cold start capability at -30 °C. The durability of the fuel-cell system has also been considerably enhanced.” Along with the technical specifications of the next generation of FCEVs, the design concept, and the details of technology implementation are discussed.



FIGURE 47 Dipl.-Ing. S. Juraschek, BMW Group



FIGURE 48 Dipl.-Ing. S. Pint, Audi AG



FIGURE 49 K. Oshima, Toyota Motor Corporation

Prof. Dr. rer. nat. C. Mohrdieck, **FIGURE 52**, NuCellSys GmbH/Daimler Group, Kirchheim unter Teck/Nabern, Germany: “The Fuel Cell Engine of the New Mercedes-Benz GLC F-Cell.”

“Fuel cell technology forms an integral part of the Daimler drivetrain strategy. Over 12 million km have already been driven in vehicles with fuel cell drive, such as the Mercedes-Benz B-Class F-Cell and the Citaro FuelCell-Hybrid city bus. The next technological step lies directly ahead: together with the partners of its global expertise network, NuCellSys GmbH in Kirchheim/Teck, Germany and Automotive Fuel Cell Cooperation in Vancouver, Canada, Daimler AG has devised an entirely new fuel cell engine. About 30 % more compact than before, for the first time it can be housed in the engine compartment of a vehicle. Moreover, the cost of the innovative technology has been reduced significantly, e.g. by reducing the amount of platinum in the fuel cell stack by 90 %”, Mohrdieck explains.

He illustrates the system build-up of the fuel cell engine and its main components. In addition, he describes the main advances made, as compared to the predecessor fuel-cell system of the B-Class F-Cell. Finally, he describes the main challenges in the development of the next generation of fuel cell engines.

M. Toriumi, **FIGURE 53**, Nissan Motor Co., Ltd., Kanagawa, Japan: “Nissan’s Electric Powertrain Strategy.”

“Nissan’s strategy for powertrain development is aimed at sustainable mobility and rests on two pillars: zero emissions and the evolution of the internal combustion engine (ICE). In accordance with its vision of battery-electric vehicle (EV) development, Nissan seeks to offer affordable EVs for the mass market, i.e. vehicles that everyone can enjoy.

In developing components for EVs, Nissan is striving for compactness, light weight and high efficiency. The improvement of electric components does not only come from parts evolution but also from more sophisticated design methods; for example, telematics data were utilized to simulate Li-ion battery capacity deterioration.

For electric motors, a rotor design for reducing eddy current losses and optimizing magnetic flux is an effective measure to achieve efficient driving at high speeds.

In 2016, Nissan introduced a new electric powertrain called E-Power. E-Power uses an all-electric motor drive for 100 % driving in the electric mode. The electric power for the traction motor is supplied by an ICE-based power generation unit. E-Power offers the same excellent acceleration as a Nissan EV and is intended as the car for everybody in accordance with Nissan’s strategy for its EVs.

Nissan will expand its portfolio of electric powertrain vehicles in global markets through EVs and E-Power for sustainable mobility and to improve performance through the further development of its components.”

ELECTRIC POWERTRAIN

Dr.-Ing. I. Steinberg, **FIGURE 54**, FEV Europe GmbH, Aachen, Germany: “Efficient Transmission Kit for Battery Electric Vehicles – Trends and Solutions.”

Steinberg presents a transmission family for vehicles powered exclusively by an electric motor (BEV – battery electric vehicle). The transmission family is also suitable for the electric motor part of P4 hybrid vehicles (HEV – hybrid electric vehicle), in which the rear wheels are usually driven by an electric motor and the front wheels by an internal combustion engine.

The lecturer identifies development trends. Based on his experience, the complexity of transmissions for electric drivetrains is currently growing. Apart from the dominant single-speed variant, the lecturer also describes a two-speed variant that offers both power-shift capability and coasting, in addition to recuperation.

It is the intention of the lecturer to propose a transmission construction kit with low component complexity up to a maximum electric motor torque



FIGURE 50 Dipl.-Ing. C. Billig, BMW Group



FIGURE 51 J. Kim PhD, Hyundai Motor Company



FIGURE 52 Prof. Dr. rer. nat. C. Mohrdieck, NuCellSys GmbH/Daimler Group



FIGURE 53 M. Toriumi, Nissan Motor Co., Ltd.



FIGURE 54 Dr.-Ing. I. Steinberg, FEV Europe GmbH



FIGURE 55 Dr. C. Hilton MA PhD, Protean Electric Ltd.

of 600 Nm. The drivetrain is installed transversely to the direction of travel. The construction kit meets the requirements of different vehicle classes, such as middle-class limousines, SUVs, vans in the 3.5-ton class and narrow-track applications, such as road sweepers for inner-city areas.

Dr. C. Hilton MA PhD, FIGURE 55, Protean Electric Ltd., Farnham, Great Britain: “ProteanDrive: a Digital Propulsion System in the Wheels.”

“The notion of a high-bandwidth, digitally controlled propulsion system as a module housed within the wheels is attractive to vehicle designers and dynamics engineers. From both mechanical and control perspectives, the simple interfaces to the vehicle make this type of system attractive as a solution for modular vehicle architectures, enabling designers to reimagine the vehicle free of the need to accommodate traditional powertrain components. Vehicle dynamics engineers have access to independent four-quadrant torque control at the wheels with very fast response times for torque vectoring and traction control. Without halfshafts transferring drive from transmission to the wheels, greater maneuverability is possible.

The ProteanDrive system combines a direct-drive electric motor with motor control, inverter and friction brake into a single package that offers a practical powertrain option for electric and

hybrid vehicles. Developing the system to fit within such a confined space and to survive the harsh environment has led to a high level of integration of sub-systems, which brings challenges but also opportunities. The resulting product offers mass, inertia and efficiency advantages over conventional electric powertrains.”

Dipl.-Ing. R. Hintringer MBA, FIGURE 56, Miba AG, Laakirchen, Austria: “High Efficient Electric Motors with Bar Windings for Serial Production.”

“Electric motors with bar windings represent one of the most important innovation options in the electrification of vehicles. As compared to round wire windings, in most cases bar windings show a higher copper fill factor in the slot and a better thermal coupling. This results in higher efficiency and power density. American and Japanese OEMs were the first to apply bar windings (hair-pin). Other advantages can arise when straight bars (i-pin) are used. Especially the thermal and electrical efficiency can be improved. The thermal efficiency, in particular, is optimized by using a highly flexible winding head cooling for efficient heat dissipation behavior. The electrical efficiency is optimized by using parallel pins to lower existing AC resistance effects at higher frequencies. Additionally, more flexible variations of perfor-

mance and torque classes are possible with the use of uneven pins. Furthermore, cost and quality benefits are present when applying the simpler production process of i-pins. The undesirable and complex process steps of hair-pin forming, the insertion into the lamination core and cutting are not necessary. Because of the aforementioned advantages, it is obvious that the next generation of highly efficient electric motors suitable for high volume serial production will use i-pin technology.”

EMISSION CONTROL

Dipl.-Ing. R. Brück, FIGURE 57, Continental Emitec GmbH, Lohmar, Germany: “Procedure and Design of Exhaust Systems to Fulfill all Emission Limits During Real Driving Conditions: ‘In Use Conformity’.”

“Current discussions on the future of the combustion engine and, in particular, the future of diesel engines inevitably lead to the development of ‘emission-safe’ concepts.

Hence, the systems must be capable of compensating for the influence of the driver, traffic, fuel and ambient conditions. At the development stage, however, testing the great number of variables at affordable cost and within an acceptable timeframe can be achieved only with difficulty.



FIGURE 56 Dipl.-Ing. R. Hintringer MBA, Miba AG



FIGURE 57 Dipl.-Ing. R. Brück, Continental Emitec GmbH



FIGURE 58 Dipl.-Ing. H. Schmidt, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG

For this reason, a procedure was established for developing a test cycle out of the numerous vehicle tests which reflects ‘worst case’ driving conditions. With the aid of specially developed algorithms, it is possible to adapt this test to various drive concepts and engine sizes, without having to run fresh vehicle tests.

In addition, an evaluation tool, which aids developers in the design of the exhaust gas aftertreatment system, was conceived to support the analysis of emission measurements.

However, the tool has its limitations, which means that it is necessary to intervene actively through engine management. This produces an extremely clean overall concept which prevents ‘misuse’ at the same time.

Finally, generic examples are quoted to illustrate the possibilities of improving exhaust gas aftertreatment and a potential ultimate example of an exhaust gas system is theoretically worked out.”

Dipl.-Ing. H. Schmidt, FIGURE 58, TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG, Essen, Germany: “Implementing the Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP) in Europe – Legislation and Practical Realisation.”

“The exhaust emission type approval testing of passenger cars and light-duty trucks in Europe has been based on the New European Driving Cycle (NEDC). It has become evident that the NEDC is no longer adequate to represent real-

world emissions and fuel consumption. In November 2007, a working group at the United Nations Economic Commission for Europe was established to create the Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP). The task of this working group was to develop a harmonized measurement of exhaust emissions and energy consumption for passenger cars and light vehicles with different drivetrains. The work focused on a harmonized, representative driving cycle and a harmonized test procedure. Pursuant to Commission Regulation (EU) 2017/1151 of June 1st, 2017, supplementing Regulation (EC) no 715/2007, the WLTP was enshrined in the European emission legislation.”

Dr.-Ing. W. Wiese, FIGURE 59, Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen, Germany: “Effects of Fuel Composition, Additives and Injection Parameters on Particulate Formation of Gasoline DI Engines.”

Bosch and Shell conducted a joint study to understand the effects of fuel composition and properties, fuel-borne additives, injection pressure and injection strategy on the reduction of particulate emissions of gasoline DI engines.

In the first phase of the study, test bench investigations were performed to understand how different fuel compositions, injection pressures and injection strategies impact on parti-

culate number (PN)-emissions. Fuels containing a high proportion of heavy aromatics (C9+), as compared to the average fuels offered in the EU market, were found to be more critical for injector PN-drift (deposits on the injector tip) and consequently led to higher PN-emissions during endurance runs.

In the second phase of the study, a vehicle with the same engine was tested on a chassis dynamometer in order to understand the correlation between the engine test-bench and vehicle-based drive cycle results.

Key findings of the study are the impact of certain fuels on PN-emissions and that fuels with DCA and/or higher injection pressures can mitigate the PN-emissions due to injector PN-drift. Additionally, optimized injection timing can lower PN-emissions due to wall wetting from low-volatility fuels.

Dipl.-Ing. W. Müller, FIGURE 60, Umicore AG & Co. KG, Hanau-Wolfgang, Germany: “Integration of the Three-Way Functionality into the Gasoline Particulate Filter – A New Technology for the Closed-Coupled Exhaust Aftertreatment.”

New global legislations call for the reduction of particulate emissions, even in gasoline engines. The gasoline particulate filter is a potential exhaust gas cleaning concept for such a reduction. When a catalytically active gasoline particulate filter is used, the traditional

gaseous pollutants, such as HC, CO and NO_x, are also converted alongside the particulates.

The lecturer discusses the special challenges that arise in the development of a gasoline particulate filter with catalytic activity for installation in a closely-mounted position.

The field in which the specifically developed catalytic converter technology is used ranges from high three-way activity, high thermal load and high filtration output to the lowest possible dynamic pressure.

An innovative exhaust gas after-treatment system for serial production was devised in close cooperation with Volkswagen. This system is applied for the new four-cylinder TSI engine family in different vehicles and complies with the EU 6 AG legislation.

FUTURE FUELS 2 / THERMAL AND ENERGY MANAGEMENT

Dr. F. Will, FIGURE 61, Ino8 Pty Ltd., Jan Juc, Australia: “OVER8 – Affordable Thermal Management Innovations to Achieve the 2020 Fuel Consumption Limits in China.”

“It is expected that the Phase IV fuel consumption standard in China will require an average fleet fuel consumption of 5 l/100 km by 2020. According to forecasts, the costs per car will rise by over Euros 1348 (Li, 2013). Thus, the price for its entry model – the Wuling Hong Guang S1 MPV, one of the world’s bestselling cars – would go up by more than 17 %. Thermal management technologies rank among some of the most cost-effective measures to reduce fuel consumption.

OVER8 is a system approach that generates new synergies by combining existing thermal management components in novel ways. NEDC tests were run in an ISO17025-accredited emission laboratory using a 2016 model year car to evaluate a new combination of affordable technologies, such as a high temperature coolant, evacuation of the coolant during the cold start, a heat storage tank, etc. Fuel consumption was reduced by 9 % in part one of the cycle, by 6 % in the combined cycle, and, surprisingly, by 3 % in the second part of the cycle.”

Dipl.-Ing. H. Dismon, FIGURE 62, Rheinmetall Automotive AG, Neckarsulm,

Germany: “Innovative Technologies for the Electrification of Future Conventional and Alternative Vehicle Powertrains.”

“The rapidly changing personal mobility needs of the world population as well as global climate change call for new approaches to mobility, which should lead to modified or completely new vehicle architectures. Alongside conventional internal combustion engines, hybrid and battery-only vehicles are gaining ever greater acceptance and significance. Against the background of ever tighter legislation and regulation standards worldwide, this appears only logical”, explains Dismon.

Whereas, with conventional powertrains, the electrification of auxiliary systems and partly also drivetrains is essentially aimed at achieving an overall efficiency increase.

With electric powertrains the emphasis is on energy availability and range.

In response to the global trend towards electric powertrains, Rheinmetall Automotive AG is developing a modular battery system and, at the same time, electric drivetrains.

The lecturer illustrates these new developments, presents approaches to the electrification of auxiliary systems and makes an integrated assessment regarding costs and benefits.

Dr. P. Sauermann, FIGURE 63, BP Europa SE, Bochum, Germany: “Fuel Technologies for Low-Emission Mobility.”

“At the Paris UN Climate Change Conference held in 2015, 195 countries adopted the Paris Agreement with the aim of limiting anthropogenic global warming to well below 2 °C. This ambitious goal poses major challenges for the energy and automotive industries.

Although the electrification of the car fleet may be one possible solution to this problem, it is indisputable that the internal combustion engine will still have considerable potential to make a major contribution to cleaner mobility for several decades. There-



FIGURE 59 Dr.-Ing. W. Wiese, Robert Bosch GmbH



FIGURE 60 Dipl.-Ing. W. Müller, Umicore AG & Co. KG



FIGURE 61 Dr. F. Will, Ino8 Pty Ltd.

fore, it is necessary to develop methods to replace fossil CO₂ by alternative raw materials, new combustion processes and manufacturing pathways.

Targeted research and the development of new fuels, internal combustion engines, electric vehicles and hybrid technologies are required in order to reduce CO₂-emissions and improve air quality in a meaningful, cost-effective and user-friendly way.

BP recognizes and faces the challenges resulting from the need to reach low carbon emissions and green mobility.”



FIGURE 62 Dipl.-Ing. H. Dismon, Rheinmetall Automotive AG



FIGURE 63 Dr. P. Sauermann, BP Europa SE

POSTER PRESENTATIONS

At the technical exhibition, the following posters were presented.

Participants may read the relevant papers in the conference files or download them from the Symposium website.

Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. M. Klell, HyCentA Research GmbH, Graz, Austria, Graz University of Technology, Graz, Austria, *Dipl.-Ing. Dr. techn.*

A. Trattner, HyCentA Research GmbH, Graz, Austria: “Electromobility with Fuel Cells – Potential and Examples.”

L. Konstantinoff M.Sc., T. Dornauer M.Sc., R. Stärz M.Sc., M. Pillei M.Sc., DDipl.-Ing. Dr. techn. L. Möltner, MCI Innsbruck, Innsbruck, Austria, *D. Mairegger M.Sc.*, PGES GmbH, Jenbach, Austria, *Mag. Dr. techn. S. Unterberger*, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria, *Dipl.-Ing. Dr. techn. U. Trattnig*, FH Joanneum, Kapfenberg, Austria: “Investigations on the Formation and Motion of Ignition Sparks in Gas Engines with Turbulent Combustion.”

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. M. Lang, *Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Almbauer*, *Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Kirchberger*, Graz University of Technology, Graz, Austria: “Waste Heat Recovery Technology in ICE-based Propulsion Systems and its Experimental Investigation.”

Dipl.-Ing. A. Fischer, Graz University of Technology, Graz, Austria, *M. Thelliez M.Sc., Ing. Ind. M. Mérida Delgado*, AVL List GmbH, Graz, Austria: “Experimental and Numerical Investigation of Injector Tip Wetting in Modern Gasoline Engines as Predecessor for Particle Emissions.”

PLENARY CLOSING SESSION – VIEW TO THE FUTURE

Ola Källenius, **FIGURE 64**, Member of the Board of Management, Group Research & Mercedes-Benz Cars Development, Daimler AG, Stuttgart, Germany: “Driving the Future – The Best of Both Worlds.”

“The automotive industry is departing to an ever greater extent from its established paths. For Mercedes-Benz, this means becoming stronger with its traditional technologies and, at the same time, accelerating its efforts to conceive new drive systems. By 2025, electric drives should make up as much as 25 % of total car sales. The much larger part

will consist of high-tech diesel and advanced gasoline engines. Alternative drive systems will also have to be financed partly from the revenues from the successful sales of these engines. Diesel engines will continue to remain a vital element in drive technology – the current generation of OM 654 engines with innovative exhaust gas aftertreatment has NO_x-emissions of 40 to 50 mg/km in continuous RDE operation, covering many thousands of kilometers – and the Group’s internal development goal is 20 mg/km.

Mercedes-Benz is renewing its internal combustion engine range by gradually electrifying its drivetrains. These highly electrified engines are designated as EQ boost. The new in-line six-cylinder M 256 gasoline engine has a 48 V on-board network, an intelligent supercharging system with an additional electric compressor and an integrated starter-generator (ISG). With this configuration, the engine provides the same performance as an eight-cylinder engine but requires much less fuel.

Another approach to electrification is designated as EQ power and comprises plug-in hybrids with higher output and ranges – both for gasoline and diesel engines. In addition, the Company plans to roll out performance-oriented electrification called EQ Power+ for serial production.

For all-electric vehicles, Mercedes-Benz launched a new brand: EQ. EQ is the acronym for electric intelligence. The EQ bandwidth ranges from compact to luxury vehicles. Mercedes-Benz will invest approximately 10 billion Euros in its EQ product offensive in the coming years.”

Prof. Dr. Klaus F. Gärditz, **FIGURE 65**, Department Chair of Public Law, University of Bonn, Germany: “Constitutional Issues of a Prohibition of Diesel Vehicles.”

“Diesel ban ante portas? Since February 27th, 2018, when the German Federal Administrative Court (BVerwG) handed down two decisions regarding air pollution control planning in Dusseldorf and Stuttgart, the issue of possible diesel bans has stirred the political debate in Germany like none before. Whereas the Federal Administrative Court considers local bans a last resort, within the limits of proportionality, which is enshrined in European law, to enforce the provisions of EU air pollution control legislation



FIGURE 64 O. Källenius, Daimler AG



FIGURE 65 Prof. Dr. K. F. Gärditz, University of Bonn



FIGURE 66 O. Blume, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

(specifically the Air Quality Directive 2008/50/EC2), a ban on the manufacture of diesel vehicles (‘diesel phase-out’) is not yet on the political agenda. However, the debate could certainly be revived if the European Commission increased its pressure on Germany to better comply with the air quality objectives defined in European Union law. In view of the economic, social and ecological collateral damage resulting from an increasing concentration of the residential population and enterprises in agglomerations, it is not to be expected that the pressure to bring about a

medium-term and long-term technopolitical turnaround will ease again.” The lecturer subsequently explains the constitutional limits of possible scenarios for a diesel phase-out.

Oliver Blume, FIGURE 66, Chairman of the Executive Board, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Stuttgart, Germany: “Sports Cars Powertrains of the Future.”

“Electrification, digitalization, connectivity – these are the three big future trends that are radically changing mobility at the moment. But what exactly does this mean for the automotive industry? And, more specifically, for a sports car

manufacturer such as Porsche? With which drive concepts can the appeal of a sports car be carried forward into the age of electromobility?

In view of the different developments in the world markets, Porsche is positioning itself as broadly as possible. The production portfolio is characterized by a wide spectrum: It ranges from the high-performance 911 GT2 RS sports car to the top model in the Panamera model line, the Panamera Turbo S E-Hybrid. In 2019, the first fully electrically powered Porsche, the ‘Mission E’, will be launched. Further models will follow

FIGURE 67 Univ.-Prof. Dr. B. Geringer



successfully. This mix of combustion engines, hybrid drives and purely electric drives gives Porsche the necessary flexibility to meet the needs of regionally different market conditions, legal requirements and customer demand.

In the long term, there is no way around electromobility and Porsche sees a great opportunity in it. The task is to get the new technology on the road in Porsche style in terms of design, quality, and driving dynamics. To this end, the company combines 70 years of experience in building sports cars with future-oriented, race track-tested innovations – and thus lays the foundation for its continued business success.”

Prof. Dr. Bernhard Geringer, FIGURE 67, closed the 39th International Vienna Motor Symposium with the following words:

“After a total of 46 lectures dealing with impressive innovations for the time-tested internal combustion engines on which a heated public debate is still ongoing, for electric motors and synthetic fuels, which are gaining ever greater attention, we have now reached the end of this year’s Motor Symposium.

Many new engines and drive systems were shown at the exhibition. Extremely efficient exhaust gas aftertreatment systems were presented and, for the first time, even wheel hub motors as well as intelligent motor control electronics were demonstrated with impressive results.

Since last year’s International Vienna Motor Symposium, we have witnessed very turbulent times: electrification is progressing, as many lectures have demonstrated. But also the diesel engine, which is frequently vilified by the media, still has great potential. The great potential for lowering CO₂-emissions through the hybridization of the large majority of engines as well as the manifold opportunities offered by synthetic fuels should also not be forgotten.

Reducing greenhouse gases produced by traffic will no doubt be the greatest challenge in the years to come: European governments have clearly committed themselves to the EU to lower exhaust gas emissions. By 2030, Austria will have to lower CO₂-emissions from traffic by 36 %, as compared to the 2005 level. This is a Herculean task which can only be managed if all available options are combined.

We must master this challenge: it is questionable whether vehicle design measures alone will suffice. Let me just mention the buzzword ‘emission trading’ in traffic, as well as in energy generation, industry and aviation. The race for the best propulsion system, as mentioned by Prof. Lenz in his opening speech, is still open-ended: alternatives are appearing on the scene, whereas the dominant players do not give up, but defend their terrain. So life in our industry will remain very exciting.”

CONFERENCE DOCUMENTATION

All lectures presented at the 39th International Vienna Motor Symposium are contained, in their in extenso versions, in the VDI progress reports, series 12, no. 807, volumes one and two (including a memory stick in English), together with additional brochures. These documents can be obtained from the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK).

INVITATION

The 40th International Vienna Motor Symposium will be held on May 16th and 17th, 2019 in the Conference Centre of the Vienna Hofburg. We should like to invite you to the Symposium already now. We urgently recommend that you apply in good time once the programme has been published online (about mid-December 2018). Proposals for lectures, including a brief abstract, may be submitted forthwith.

CONTACT

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

WIENER
MOTORENSYMPOSIUM



SONDERBEILAGE ZUM 39. INTERNATIONALEN WIENER MOTORENSYMPIOSIUM

In Kooperation

Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)
Elisabethstraße 26
A-1010 Wien

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
Postfach 1546
65173 Wiesbaden

Amtsgericht Wiesbaden
HRB 9754
UST-IdNr. DE81148419

Geschäftsführer Stefanie Burgmaier | Joachim Krieger | Juliane Ritt

Chefredakteur Markus Bereszewski

Projektmanagement Christiane Imhof

Produktion & Layout Heiko Köllner

© Bilder: ÖVK | Doris Kucera
Redaktion: Johannes Konrad M.Sc.

Druck Kliemo, Eupen/Belgien

SPECIAL EDITION FOR THE 39TH INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM

In Cooperation with
Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK)
Elisabethstrasse 26
A-1010 Vienna

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
Postfach 1546
65173 Wiesbaden

Amtsgericht Wiesbaden
HRB 9754
UST-IdNr. DE81148419

Managing Directors Stefanie Burgmaier | Joachim Krieger | Juliane Ritt

Editor in Chief Markus Bereszewski

Editor Special Editions Markus Bereszewski

Project Management Christiane Imhof

Production & Layout Heiko Köllner

© Pictures: ÖVK | Doris Kucera
Editor: Johannes Konrad M.Sc.

Print Kliemo, Eupen/Belgien

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

Elisabethstrasse 26

A-1010 Vienna

Tel. +43/1/5852741-0

Fax +43/1/5852741-99

E-Mail: info@oevk.at

Homepage: www.oevk.at

