

Reihe 12

Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. 799

37. Internationales Wiener Motorensymposium 28.-29. April 2016

veranstaltet vom
Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)
und vom Institut für Fahrzeugantriebe und
Automobiltechnik der Technischen Universität Wien

37th International Vienna Motor Symposium 28-29 April 2016

organized by
the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK)
and the Institute for Powertrains and
Automotive Technology, Vienna University of Technology

zusammengestellt von / presented by
Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz VDI

in zwei Bänden / in two volumes

USB-Stick
with all papers
in the original version
and in English

Band 1: erster Tag / Volume 1: first day

1



Bei AVL ist die Mobilität der Zukunft schon heute Realität.

WIR UNTERSTÜTZEN UNSERE KUNDEN MIT UMFASSENDEM KNOW-HOW UND MODERNSTEN TECHNOLOGIEN.

Als Partner der weltweiten Automobilindustrie entwickeln wir umweltfreundliche und sparsame Antriebssysteme. Unsere Ingenieure optimieren sowohl den klassischen Otto- und Dieselmotor als auch den elektrifizierten Antriebsstrang mit seinen fünf Elementen – Verbrennungs- und Elektromotor, Batterie, Steuerung und Getriebe. Mit den von uns entwickelten Mess- und Testsystemen sowie hochmodernen Simulationen ermöglichen wir unseren Kunden die effiziente Entwicklung zukunftsweisender Fahrzeuge.

www.avl.com, info@avl.com



Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 12

Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Nr. 799

37. Internationales Wiener Motorensymposium 28.-29. April 2016

veranstaltet vom
Österreichischen Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)
und vom Institut für Fahrzeugantriebe und
Automobiltechnik der Technischen Universität Wien

37th International Vienna Motor Symposium 28-29 April 2016

organized by
the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK)
and the Institute for Powertrains and
Automotive Technology, Vienna University of Technology

zusammengestellt von / presented by
Univ.-Prof. Dr. Hans Peter Lenz VDI

in zwei Bänden / in two volumes

USB-Stick
with all papers
in the original version
and in English

VDI verlag

Band 1: erster Tag / Volume 1: first day

1

Lenz, Hans Peter (Hrsg.)

**37. Internationales Wiener Motorensymposium 28.-29. April 2016
in zwei Bänden. Band 1: erster Tag; Band 2: zweiter Tag
37th International Vienna Motor Symposium 28-29 April 2016
in two volumes. Volume 1: first day; Volume 2: second day**

Fortschr.-Ber. VDI Reihe 12 Nr. 799. Düsseldorf: VDI-Verlag 2016.

750 Seiten, 705 Bilder, 67 Tabellen.

ISBN 978-3-18-379912-1, ISSN 0178-9449, € 220,00/VDI-Mitgliederpreis € 198,00.

Für die Dokumentation: Neue Ottomotoren – Neue Dieselmotoren – Real Driving Emissions (RDE) – Le Mans – Abgasreinigung – Höchstleistungsmotoren – Brennstoffzellen – Hybrid – Kraftstoffe / CO₂-Verminderung – NFZ-Motoren – Blick in die Zukunft

Dieser zweibändige Bericht macht die Vorträge des 37. Internationalen Wiener Motorensymposiums (28./29. April 2016) einer breiten Öffentlichkeit zugänglich.

Ziel der Wiener Motorensymposien ist es, Themen von besonderer Aktualität auf dem Gebiet des Verbrennungsmotors zu behandeln. Das Werk befasst sich u. a. mit den oben angeführten Themen. Der beiliegende USB-Stick enthält die Vorträge sowohl in der Originalversion als auch auf Englisch. Herausgeber: Univ.-Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing. H. P. Lenz, Vorsitzender des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK), Wien.

Keywords: New Otto Engines – New Diesel Engines – Real Driving Emissions (RDE) – Le Mans – Emission Control – High Performance Engines – Fuel Cells – Hybrid – Fuels / CO₂ Reduction – Commercial Vehicle Engines – View to the Future

Abstract: This two-volume report makes the presentations of the 37th International Vienna Motor Symposium (April 28-29, 2016) available to a wider audience.

The objective of the Vienna Motor Symposia is to examine current topics of particular interest. Among others, the work examines the above mentioned topics. Included is a USB flash drive containing the presentations in their original form and in English translation.

Edited by Univ.-Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing. H. P. Lenz, VDI, Chairman of the ÖVK (Austrian Society of Automotive Engineers, Vienna).

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Bibliothek

(German National library)

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at <http://dnb.ddb.de>.

© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2016

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISSN 0178-9449

ISBN 978-3-18-379912-1

VORWORT

Die beiden vorliegenden Bände geben die Vorträge, die anlässlich des 37. Internationalen Wiener Motorensymposiums am 28. – 29. April 2016 gehalten werden, wieder. Der neueste Stand der Motorenentwicklung wird damit von herausragenden Vortragenden präsentiert.

Allen Vortragenden und den sie entsendenden Unternehmen sei auch an dieser Stelle für ihre Beiträge herzlichst gedankt.

Alle Vorträge sind auf dem beigegeführten USB-Stick sowohl in der Originalversion als auch in Englisch enthalten.

Die „Literatursuche“ auf der Homepage des Österreichischen Vereins für Kraftfahrzeugtechnik (www.oevk.at) bietet die Möglichkeit, mit Hilfe von Suchbegriffen die Vortragstitel, Autoren und Firmen der vorangegangenen Motorensymposien seit 1981 (Englisch ab 1999) zu finden. Die Liste der Publikationen (Sammelbände der Vorträge der Internationalen Wiener Motorensymposien) 1979 – 2016, die auch die breitere Öffentlichkeit über die Inhalte der Symposien informieren sollen, finden Sie auf der folgenden Seite.

Das 38. Internationale Wiener Motorensymposium findet am 27. – 28. April 2017 statt, wozu schon jetzt herzlich eingeladen wird.

Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz
Vorsitzender des Österreichischen
Vereins für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK)

FOREWORD

These two volumes contain all the lectures given at the 37th International Vienna Motor Symposium, which took place on 28th and 29th April, 2016. In these lectures, outstanding automotive engineers presented various aspects of state-of-the-art of engine technology. At this point, I would like to express my heartfelt thanks to all lecturers, as well as the companies they represent, for their contributions to our conference.

The original version as well as the English translations of all lectures are available on the enclosed USB flash drive.

The word-search facility at www.oevk.at – the website of the Austrian Society of Automotive Engineers (ÖVK) – allows direct access to the titles of lectures, together with information on all the authors and companies that have participated in the International Vienna Motor Symposia since 1999 (in German since 1981).

The publications list – which is to be found on the following page – provides an anthology of all lectures presented at the International Vienna Motor Symposia between 1979 and

2016. It is intended to provide a broader public with additional information on the topics and subject matter dealt with by these conferences.

The 38th International Vienna Motor Symposium is to take place on the 27th and 28th April, 2017, and may I take this early opportunity to extend you an invitation.

Univ.-Prof. Dr. H. P. Lenz
Chairman of ÖVK
(Austrian Society of Automotive
Engineers)

INTERNATIONALE WIENER MOTORENSYMPOSIEN

Liste der Publikationen:

- | | |
|--|--|
| „1.Internationales Wiener Motorensymposium“,
ÖZ, 124.Jahrgang (1979) | „20.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.376 (1999) |
| „2.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 6, Nr.69 (1980) | „21.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.420 (2000) |
| „3.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 6, Nr.81 (1981) | „22.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.455 (2001) |
| „4.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 6, Nr.103 (1982) | „23.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.490 (2002) |
| „5.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 6, Nr.127 (1983) | „24.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.539 (2003) |
| „6.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 6, Nr.173 (1985) | „25.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.566 (2004) |
| „7.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.74 (1986) | „26.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.595 (2005) |
| „8.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.86 (1987) | „27.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.622 (2006) |
| „9.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.99 (1988) | „28.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.639 (2007) |
| „10.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.122 (1989) | „29.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.672 (2008) |
| „11.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.141 (1990) | „30.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.697 (2009) |
| „12.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.150 (1991) | „31.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.716 (2010) |
| „13.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.167 (1992) | „32.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.735 (2011) |
| „14.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.182 (1993) | „33.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.749 (2012) |
| „15.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.205 (1994) | „34.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.764 (2013) |
| „16.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.239 (1995) | „35.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.777 (2014) |
| „17.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.267 (1996) | „36.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.783 (2015) |
| „18.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.306 (1997) | „37.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.799 (2016) |
| „19.Internationales Wiener Motorensymposium“,
VDI-Fortschritt Berichte, Reihe 12, Nr.348 (1998) | |

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seiten</u>
Prof. Rupert Stadler , Vorsitzender des Vorstands, AUDI AG, Ingolstadt: Im Internet der Ringe: Wie Audi das Auto vernetzt On the Internet of Rings: How Audi Connects the Car	Beilage
Ken Washington PhD, Vice President, Research & Advanced Engineering, Ford Motor Company, Dearborn, MI, USA: Fahrzeug-, Mobilitäts- und Nachhaltigkeitsstrategien eines global agierenden Fahrzeugherstellers Vehicle, Mobility, and Sustainability Strategies of a Global OEM	Beilage
John Fuerst , Vice President Engineering, Delphi Powertrain Systems, Bascharage: Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben - Aus der Sicht eines Zulieferers Delphi's Approach to Real World Compliance	Beilage
Gilles Le Borgne , Mitglied des Vorstands, Forschung und Entwicklung, PSA Peugeot Citroën, Paris: Auswirkungen zukünftiger Automobilrends auf Antriebs-Strategien Impact of Future Automotive Trends on Powertrain Strategies	Beilage
Dipl.-Ing. F. Eichler , Dr. W. Demmelbauer-Ebner , Dr. J. Theobald , Dr. B. Stiebels , Dr. H. Hoffmeyer , Dipl.-Ing. (FH) M. Kreft , Volkswagen AG, Wolfsburg: Der neue EA211 TSI®evo von Volkswagen The New EA211 TSI®evo from Volkswagen	1 - 23
Dipl.-Ing. J. Königstedt , Dipl.-Ing. (FH) G. Bonn , Dipl.-Ing. C. Brinkmann , Dipl.-Ing. G. Fröhlich , Dr.-Ing. T. Heiduk , Dipl.-Ing. J. Jablonski , AUDI AG, Neckarsulm / Ingolstadt: Der neue 3.0l-V6-TFSI-Motor von Audi – der nächste Meilenstein der TFSI-Technologie The New 3.0l V6 TFSI Engine from Audi – the Next Milestone in TFSI Technology	24 - 48
Dipl.-Ing. J. Kerner , Dr.-Ing. T. Günther , Dipl.-Ing. M. Werner , Dr.-Ing. A. Kronich , Dipl.-Ing. M. Krämer , Dipl.-Ing. A. Kramer , Dipl.-Ing. C. Pleuß , Dipl.-Ing. S. König , Dr.-Ing. W. Liesen , Dr.-Ing. F. Maier , Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach: Der neue V8 Turbomotor von Porsche The New V8 Turbo Engine from Porsche	49 - 70
Dipl.-Ing. J. Kerner , Dipl.-Ing. T. Wasserbäch , Dipl.-Ing. M. Baumann , Dipl.-Ing. MBA T. Brandl , Dr.-Ing. B. Kistner , Dipl.-Ing. M. Werner , Dr.-Ing. R. Schmidt , Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG, Weissach: Die neue Boxermotorenfamilie von Porsche The New Family of Boxerengines by Porsche	71 - 93

- P. **Fillon**, V. **Beaumesnil**, Automobile Club de l'Ouest, Le Mans:
Die 24h von Le Mans und das WEC, ein Technologielabor für die Automobilindustrie
The 24 Hours of Le Mans and the WEC, a Technological Laboratory for the Automotive Industry 94 - 107
- Dr.-Ing. W. **Warnecke**, Dipl.-Ing. MSc B. **Poulet**, J. **Landschof**, A. **Dreyer**,
Dipl.-Ing. J. **Müller-Belau**, Shell Global Solutions (Deutschland) GmbH, Hamburg;
MEng. G. **Lovett**, Shell Global Solutions UK:
Innovationen von der Rennstrecke auf die Straße:
Die Rolle von Kraftstoffen im Motorsport
Innovation from Track to Road:
The Role Fuels Can Play in Motorsport 108 - 136
- L. **Sassi**, I. **Kitsopanidis**, Ferrari; G. **Lovett**, Shell:
Evolution der Formel 1 Technologie: Mehr Leistung durch verbesserten Wirkungsgrad im heutigen F1 Motor
Evolutions in Formula 1 Engine Technology: Pursuing Performance from Today's Power Unit through Efficiency Beilage
- Dr. B. **Fitzsimons** C.Eng FIMechE, B. **Husband** MSc,
S. **Leathers** C.Eng MIMechE, J. **McLean** C.Eng MIMechE,
I. **Minards** C.Eng FIMechE MBA, Aston Martin, Gaydon:
Der neue Aston Martin DB11 V12 Motor
The New Aston Martin DB11 V12 Engine 137 - 158
- Dipl.-Ing. Dr. techn. C. **Landerl**, Dipl.-Ing. J. **Miritsch**, Dipl.-Ing. (FH) M. **Brown**,
BMW Group, München:
Der neue BMW 12-Zylinder Ottomotor – überragender Komfort und souveräne Leistungsentfaltung
The New BMW12-Cylinder Petrol Engine – Outstanding Comfort and Superior Performance 159 - 169
- Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. W. **Dürheimer**, Dipl.-Ing. W. **Netuschil**,
Dipl.-Ing. G. **Gries**, Dipl.-Ing. H. **Schnell**, Dipl.-Ing. T. **Fürstenberg**,
Dipl.-Ing. A. **Kurowski**, Bugatti Engineering GmbH, Wolfsburg:
Das 16 Zylinder Hochleistungs-Triebwerk im neuen Bugatti – Wege zur erfolgreichen Leistungssteigerung
The 16 Cylinder High Performance Engine in the Next Bugatti – The Route to Further Improve Performance Beilage
- Dipl.-Ing. J. **Badur**, Dipl.-Ing. F. **Köhler**, Dipl.-Ing. H. **Schmidt**,
TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG, Essen:
Real Driving Emissions (RDE) – Stand der Diskussion und Umsetzung in die Praxis
Real Driving Emissions (RDE) – Status of Discussion and Practical Implementation 170 - 179
- M. R. **Olechiw**, Dr. E. **Nam**, R. **Moran**, K. **Bolon**,
United States Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI, USA:
USEPA Programm zur Senkung der CO₂-Emissionen von PKW und leichten Nutzfahrzeugen sowie Vorstellung des Evaluierungsprogramms der langfristigen CO₂-Standards
USEPA Light-Duty Greenhouse Gas Emission Programs and the Midterm Evaluation 180 - 188

- Dr. T. G. **Vlachos**, Dr. P. **Bonnel**, Dr. M. **Weiss**, Dr. B. **Giechaskiel**,
Dr. F. **Riccobono**, Dr. P. **Mendoza-Villafuerte**, Dr. A. **Perujo**,
European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra:
**Der Euro 6 RDE Abgastest für Kraftfahrzeuge:
Wirksamkeit und praktische Anwendung
The Euro 6 Real-Driving Emissions (RDE) Procedure for
Light-Duty Vehicles: Effectiveness and Practical Aspects** 189 - 208
- Dr.-Ing. H. **Baumgarten**, Dr.-Ing. J. **Scharf**, Dr.-Ing. M. **Thewes**,
Dr.-Ing. T. **Uhlmann**, Dipl.-Ing. A. **Balazs**, FEV GmbH, Aachen;
M.Sc. M. **Böhmer**, RWTH Aachen University:
**Simulationsbasierte Entwicklungsmethode für zukünftige
Abgasemissionsgesetzgebung
Simulation-Based Development Methodology for Future
Emission Legislation** 209 - 231
- Dipl.-Ing. P. **Lückert**, Dr. F. **Duvinage**, Dipl.-Ing. (FH) T. **Braun**,
Dr. A. **Mackensen**, Daimler AG, Stuttgart:
**Abgasnachbehandlung als integraler Bestandteil der
Diesel-Motoren-Entwicklung bei Mercedes-Benz
Exhaust Aftertreatment as an Integral Part of the Diesel Engine
Development of Mercedes-Benz** Beilage
- Dipl.-Ing. R. **Brück**, Dipl.-Ing. P. **Hirth**, Dipl.-Ing. B. **Hu**,
Dipl.-Ing. C. **Schorn**, Continental Emitec GmbH, Lohmar:
**Neue Katalysatorträger-Innovation für die Einhaltung der RDE-
und SULEV-30-Grenzwerte
New Catalyst Substrate Innovation for Achieving RDE and
SULEV 30 Emission Legislation** 232 - 247
- M. **Nakagawa**, DENSO EUROPE B. V., Weesp; K. **Yano**, I. **Yamauchi**,
DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH, Wegberg / Eching;
Dr.-Ing. M. **Stapelbroek**, Dr.-Ing. T. **Hülshorst**, FEV GmbH, Aachen;
Dipl.-Wirt.-Ing. A. **Nase**, FEV Consulting GmbH, Aachen:
**Neue Freiheitsgrade der Hybrid-Antriebsstrangdimensionierung
durch prädiktives Energiemanagement
New Degrees of Freedom for Dimensioning of Hybrid Powertrains
by Using Predictive Energy Management** 248 - 264
- Dipl.- Ing. M. **Klietz**, Dipl.-Ing. P. **Wilde**, Dr. oec. publ. A. **Kleczka**,
Dipl.-Ing. A. **Rücker**, Dr. M. **Jung**, BMW Group, München:
**Wasserstoff Brennstoffzellen Technologie als Schlüsselement
in der Energiewende
Hydrogen Fuel Cell Technology as a Key Element of the Energy
Transition** 265 - 276
- Dipl.-Ing. (FH) H. **Müller**, Dipl.-Ing. (FH) P. **Gutruf**, Dipl.-Ing. M. **Martin**,
MAGNA STEYR Engineering AG & Co KG, Graz:
**Brennstoffzellen Range-Extender als weiterer Lösungsansatz für
große Reichweiten im emissionsfreien Fahrbetrieb
Another Future Solution for Long Driving Range at Zero Emission –
Fuel Cell Range Extended EV** 277 - 293
- Dipl.-Ing. J. **Rechberger**, Dipl.-Ing. M. **Reissig**, Dipl.-Ing. J. **Mathe**,
AVL List GmbH, Graz:
**Brennstoffzellensysteme für konventionelle Kraftstoffe
Fuel Cell Systems for Conventional Fuels** 294 - 304