Forschungsbericht 2005

Institut für Maschinenmesstechnik und Kolbenmaschinen

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fakultät für Maschinenbau

Institut für Maschinenmesstechnik und Kolbenmaschinen

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel.: +49 (0)391 67 18714, Fax: +49 (0)391 67 12832
e-mail: imko@uni-magdeburg.de
http://www.uni-magdeburg.de/imko

1. Leitung

Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke (geschäftsführender Leiter)
Dr.-Ing. Lothar Schulze
Dipl.-Ing. Ulrich Patze
Gerd Bodenstein

2. Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke

3. Forschungsprofil

Kolbenmaschinen (Verbrennungsmotoren)

1. Ottomotoren
   - Direkteinspritzung
   - Saugrohreinspritzung
   - Gemischbildung
   - Zündsysteme
2. Dieselmotoren
   - Hochdruckeinspritzsysteme
   - Brennraumgestaltung
   - Abgaspartikeln
   - Partikelfilter und Regeneration
3. Instationäre Motorvorgänge
   - Zylinderdruck
   - Einspritzdruck
   - Temperaturen
4. Alternative Motorkraftstoffe
   - Pflanzenöle für Dieselmotoren
5. Berechnung und Simulation
   - Arbeitsprozessrechnung
   - Thermodynamische Analyse der Energieumwandlung
   - Strömungsvorgänge bei Gemischbildung und Verbrennung
   - Programm FIRE®
   - Programm PROMO®
6. Pumpen und Kompressoren
   - Auslegung
   - Pumpenkonzeptionen für Diesel- und Benzineinspritzsysteme

Maschinenmesstechnik

1. Abgasmesstechnik
   - Gas- und partikelförmige Abgaskomponenten
   - Größenverteilung und 3D-Darstellung von Partikeln
   - Bild-Triangulation
   - Fotogrammetrie
2. Akustische Messtechnik
   - Luft- und Körperschallmessungen
   - Maßnahmen zur Geräuschreduzierung
   - Modal- und Bewegungsformanalysen
3. Optische Messtechnik
   - Untersuchung der Gemischbildung
   - Erfassung von Bauteilschwingungen
   - Schattenverfahren
   - Schlierenverfahren
   - Laserinduzierte Fluoreszenz

4. Forschungsprojekte

Projektleiter: Dr. Hanns-Erhard Heinze
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Gunther Braungarten
Förderer: Bund; 01.05.2005 - 28.02.2006

Prüfstandsuntersuchungen zu Kraftstoffmischungen aus Diesel und Bioethanol (DBE)

Das zentrale Problem heutiger Dieselmotoren ist die Emission von Stickoxiden und Partikeln, die auf die Veränderung der Einspritzparameter und der Abgasrückführung gegenläufig reagieren. Durch den hohen Sauerstoffanteil im Ethanol-Dieselgemisch gegenüber reinem Dieselkraftstoff bestehen in Verbindung mit Hochdruckeinspritzsystemen sehr gute Chancen, die Emissionen zu reduzieren. An einem Pkw-Dieselmotor ohne Partikelfilterung und einem Nkw-Dieselmotor ohne Abgasnachbehandlung werden auf dem Motorprüfstand sowie an einem Diesel-Pkw auf dem Rollenprüfstand die limitierten und nichtlimitierten Abgas-, die CO2- und die Partikelemissionen sowie der Kraftstoffverbrauch für ein Ethanol-Diesel-Gemisch im Vergleich zu einem Dieselkraftstoff ermittelt. Darüber hinaus werden anhand eines Kurz-Dauerlauftests des Pkw-Motors die Veränderungen der Motorenölqualität sowie der Kolben-/Zylinder-Baugruppe untersucht. An dem Nkw-Dieselmotor erfolgen thermodynamische Vergleichsmessungen.

Projektleiter: Dr. Wilfried Henze
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Maik Liesegang
Förderer: Industrie; 01.04.2004 - 31.03.2005

Schalldämpfung durch Strukturmaßnahmen I

Im Projekt werden Untersuchungen zur Geräuschminderung von Pkw-Motoren fortgesetzt. Dabei werden mehrere Fallanalysen zur Erprobung verschiedener Vorgehensweisen bei der Schallquellenortung und -analyse durchgeführt. Ein Schwerpunkt sind Untersuchungen spezieller Geräuschprobleme mittels Schallintensitätsmessungen. Weiterhin erfolgen

Messungen zur Bewertung von verschiedenen Sensoren und Messsystemen bezüglich ihrer Genauigkeit zur Lokalisierung von Schallquellen in der Motorakustik. Parallel wird die Korrelation von Luft- und Körperschallmessungen untersucht. Die Untersuchungen erfolgen sowohl an einfachen Messobjekten (Punktschallquellen) als auch an Motoren. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten alternativer Konstruktionen und Werkstoffe für Geräuschminderungsmaßnahmen.

Projektleiter: Dr. Wilfried Henze
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Maik Liesegang
Förderer: Industrie; 01.07.2005 - 30.06.2006
Schalldämpfung durch Strukturmaßnahmen II
Im Projekt werden Untersuchungen zur Geräuschemission von Pkw-Motoren fortgesetzt. Dabei werden durch Simulationsrechnungen und Messungen verschiedene Maßnahmen zur Schwingungsdämpfung der Motorstruktur untersucht. Ein weiterer Untersuchungsgegenstand ist die psychoakustische Bewertung der Geräuschemissionen.

Projektleiter: Dr. Wilfried Henze
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Maik Liesegang
Förderer: Industrie; 01.12.2005 - 31.03.2006
Voruntersuchungen zur Entwicklung eines Schallabsorbers für Arraymessungen in Fahrzeuginnenräumen
Für die Messung mit Mikrofonarrays sind in der Regel Freifeldbedingungen erforderlich. Insbesondere ist der Einfall von Störgeräuschen direkt von hinten zu vermeiden. Beim Einsatz in Fahrzeuginnenräumen sind diese Anforderungen nicht erfüllt. Ziel von Voruntersuchungen ist es, einen Prototyp für eine Vorrichtung zu entwickeln, die den Einsatz von Mikrofonarrays auch in Fahrzeuginnenräumen ermöglicht.

Projektleiter: Dr. Lothar Schulze
Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Lothar Schulze
Förderer: Industrie; 01.12.2005 - 01.03.2006
Aufbau und Entwicklung einer Prüfstandsumgebung mit einem CR-Dieselmotor zur Erstellung von Applikationsunterlagen
Die Ausbildung zur Soft- und Hardwareapplikation von Verbrennungsmotoren gewinnt zunehmende Bedeutung. Dabei ist es wichtig, auf modernste Motorensysteme zurückgreifen zu können. Im Projekt werden die technischen Voraussetzungen geschaffen, eine effektive Ausbildung im Bereich der Softwareapplikation moderner Dieselmotoren mit elektronisch gesteuerter Einspritzung durchführen zu können. Es wird ein Prüfstand mit entsprechender messtechnischer Ausrüstung erstellt, mit dem die betriebs- und umweltrelevanten Größen gezielt variiert und in ihrer Wirkung nachgewiesen werden können.

Projektleiter: Dr. Lothar Schulze
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. János Kerékgyártó
Förderer: Industrie; 01.03.2005 - 28.02.2007
Untersuchung des Einspritzverlaufs durch Simulation und Experiment II

Bei den Dieseleinspritzsystemen ist das Wissen über den genauen Verlauf der Einspritzung über der Zeit sehr wichtig. Diese Kenntnis ermöglicht eine Anpassung des Einspritzverlaufs z. B. zur Reduzierung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs und zur Erhöhung der Leistung. Der Einspritzverlauf ist u. a. mit entsprechenden Einrichtungen messbar. Es wurde eine Laborvorrichtung entwickelt, mit der die wichtigen Parameter eines Einspritzverlaufs bestimmt werden können. Für die Untersuchung werden Simulationsmodelle für die Messeinrichtungen generiert, um eine Verifikation mit den Messergebnissen durchführen zu können. Diese Laborvorrichtung soll weiterentwickelt werden, um treffsichere Aussagen zum Verhalten von Einspritzausrüstungen zu erhalten.

Projektleiter: Dr. Lothar Schulze
Projektbearbeiter: Dipl.-Phys. Marco Adam
Förderer: Industrie; 01.09.2005 - 28.02.2006

Untersuchungen an Magnetventilen für CR-Injektoren

Es werden experimentelle Untersuchungen der Schwingungen und Bewegungsformen von Komponenten eines Magnetventils mittels optischer Bewegungs- und piezoelektrischer Druckmessung durchgeführt. Begleitend erfolgt eine Simulation einzelner Vorgänge. Hierzu wird ein Magnetventil so präpariert, dass ein laseroptischer Zugang zum Innenraum des Ventils möglich ist. Für die Vermessung der Bewegungen soll ein Laser-Vibrometer zum Einsatz kommen. Zum besseren Systemverständnis werden zusätzlich Drücke, Einspritz- und Absteuermengen sowie Temperaturen und Nadelhübe erfasst.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Marek Gomola
Förderer: Industrie; 01.09.2001 - 31.12.2005

Einfluss motorinterner Maßnahmen auf die Schadstoffbildung in einem schnelllaufenden Dieselmotor mit Direkteinspritzung

An einem 1-Zylinder-Forschungsmotor erfolgten experimentelle Untersuchungen zur Schadstoffreduzierung. Schwerpunkt waren die NOX-Bildung und der Rußpartikelausstoß. Als Versuchsträger diente ein Motor mit nachgerüsteter Niederdruck-AGR-Anlage und einem optischen Zugang zum Brennraum. Die optische Messtechnik wurde eingesetzt, um die Grundlagen des Ablaufs einer teilhomogenen Verbrennung zu erforschen. Durch die Untersuchungen sollen Erkenntnisse über den Einfluss innermotorischer Maßnahmen auf den Ablauf der Verbrennung, die thermodynamischen Kenngrößen und die Abgasemissionen gewonnen werden. Untersucht wurden verschiedene Brennraum- und Einspritzparameter, ein mittels Keramikbeschichtung partiell isolierter Brennraum sowie ein synthetischer Kraftstoff.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Marek Hojgr
Förderer: Industrie; 01.10.2003 - 31.12.2005

Grundsatzuntersuchungen zur Regeneration von Dieselpartikelfiltern

Der Einsatz von Partikelfiltern bei Dieselmotoren ist eine von mehreren Möglichkeiten zur Reduzierung der Partikelemission und somit zur Einhaltung der Abgasnormen EURO 4 und EURO 5. Ein Problem des Dieselpartikelfiltereinsatzes in der Serie ist die einfache und effiziente sowie energiesparende Regeneration, d. h. die Oxidation der auf dem Filter abgelagerten Rußpartikeln. Das Ziel dieser Arbeit ist die Klärung des Einflusses von

ausgewählten Parametern auf die Filterfunktion.
Im Rahmen des Projektes wurden Untersuchungen mit zwei Filtrationsmaterialien und zwei Kraftstoffen (Diesel, RME) durchgeführt. Für die beiden Filtrationsmaterialen wurde die Regenerationsfähigkeit bei Einsatz verschiedener Additive bestimmt. Zusätzlich wurde der Einfluss der Partikelmorphologie auf die Regeneration bewertet.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Ulrich Patze
Förderer: Industrie; 01.01.2005 - 31.12.2005
Systemuntersuchungen am Dieselmotor
Die Ladelufttemperatur und der Ladeluftdruck beeinflussen die AGR-Rate und damit die Abgasemissionen. Die Auslegung des Motorprüfstands erlaubt Untersuchungen bezüglich des Turboladerverhaltens, der Abgasrückführung und der Zylinderfüllung. Zielsetzung ist die Senkung des Kraftstoffverbrauchs und der Abgasemissionen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Bernd Naumann, Dipl.-Ing. (FH) Lars Hartkopf
Förderer: Industrie; 01.01.2005 - 31.01.2006
Untersuchung einer Messinstrumentierung an einer Pumpe-Düse-Einheit
Ziel des Projektes ist es, Möglichkeiten der Messinstrumentierung an einem Pumpe-Düse-Element zu untersuchen. Hierbei sind insbesondere die Vorteile bezüglich der Messgenauigkeit und Unempfindlichkeit gegenüber Störeinstreuungen unter der Randbedingung begrenzter Zugänglichkeit am Injektor darzustellen.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Gunter Braungarten
Förderer: Industrie; 01.05.2004 - 30.04.2005
Untersuchung von Partikelfiltern
Aufgrund der sich weltweit verschärfenden Abgasgesetzgebung und des Trends, das technisch Machbare auch gesetzlich umzusetzen, führen immer mehr Automobilhersteller die Abgasnachbehandlung mit Dieselpartikelfiltersystemen ein. Die Entwicklung von Abgasnachbehandlungssystemen für NOx und Partikel in Diesel-Pkw als wirkungsvolle Maßnahme zur Absenkung der Rußpartikelemission muss dauerhaltbares Filtermaterial, eine hohe Filtereffizienz, einen geringen Abgasgegendruckeinfluss, eine betriebssichere Rußregeneration sowie die Minimierung von Filterverstopfungen durch nicht regenerierbare Ascherückstände beinhalten. Auf einem dynamischen Motorprüfstand werden verschiedene Partikelfilter im Abgasstrang eines Dieselmotors bezüglich der o. g. Entwicklungsziele getestet. Mit unterschiedlichen Belastungszyklen, die den Praxiseinsatz des Dieselmotors widerspiegeln, werden die Partikelfilter beladen und dabei alle relevanten Motor- und Filterkennwerte gemessen und aufgezeichnet. Die Filterregeneration erfolgt bei erhöhten Abgastemperaturen, die durch verschiedene, über das Motormanagement gesteuerte Regenerationsstrategien und unterschiedliche Motorbelastungen erzeugt werden. Die Untersuchungen werden mit handelsüblichem Dieselkraftstoff und zwecks Senkung der erforderlichen Rußabbrandtemperaturen auch mit additiviertem Dieselkraftstoff durchgeführt.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dipl.-Phys. Marco Adam
Förderer: Industrie; 01.10.2005 - 31.12.2005
Untersuchung von piezoaktuierten Diesel-Common-Rail-Systemen in Simulation und Experiment
Die sich weiter verschärfende Abgasgesetzgebung verlangt von den Kraftfahrzeugherstellern eine ständige Anpassung der entsprechenden Systeme und Komponenten. Im Bereich der Common-Rail-Einspritzsysteme ist man bestrebt, die Schaltzeiten der einzelnen Injektoren erheblich zu verkürzen. Bei der Verwendung von Injektoren mit Piezo-Schaltelementen kann man die Schaltzeit, im Vergleich zu herkömmlichen Injektoren, halbieren. Pro Arbeitsspiel sind dadurch bis zu sechs Einspritzungen möglich. Die Untersuchungen werden mittels Simulation (AMESim) und Experiment durchgeführt.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Hans-Ulrich Franke
Förderer: Industrie; 01.11.2005 - 31.01.2006
Untersuchung von Rußsensoren mit verschiedenen Kraftstoffen bei Betrieb mit einem CR-Dieselmotor
Rußsensoren werden in unterschiedlichen Motorkonzepten in naher Zukunft zum Einsatz kommen. Aber auch verschiedene zukünftige Kraftstoffe gelangen in den kommenden Jahren auf den Markt. Aus diesem Grunde ist zu untersuchen, welchen Einfluss unterschiedliche Kraftstoffe auf die Rußleitfähigkeit des auf den Sensor abgelegten Rußes haben. Die Untersuchungen werden an einem Common-Rail-Dieselmotor für typische Betriebspunkte aus dem neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ), Stadtfahrt 50 km/h, Überlandfahrt 70 km/h und Autobahnfahrt 120 km/h sowie für einen Betriebspunkt mit hoher Drehzahl im Teillastbetrieb durchgeführt.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Quoc Phong Le
Förderer: Sonstige; 01.06.2003 - 31.05.2007
Untersuchungen zum Einfluss der Abgasrückführung (AGR) auf die Parameter eines NKW-Motors bei Betrieb mit Biokraftstoffen
An einem NKW-Motor wird in 5 stationären Betriebspunkten der Einfluss von AGR-Rate, AGR-Temperatur und Einspritzzeitpunkt auf die thermodynamischen Kenngrößen und die Abgasemissionen untersucht. Der Motor wurde mit äußerer AGR und AGR-Kühlung ausgerüstet und soll mit unterschiedlichen Kraftstoffmischungen betrieben werden. Durch die Untersuchungen sollen Erkenntnisse über den Einfluss alternativer Kraftstoffe auf die Motorkenndaten von Dieselmotoren gewonnen werden.

5. Eigene Kongresse und wissenschaftliche Tagungen

4. Magdeburger Symposium Motor- und Aggregateakustik am 15. und 16. Juni 2005 im Hotel Ratswaage Magdeburg (gemeinsame Veranstaltung mit dem Haus der Technik e. V. Essen)

6. Veröffentlichungen

Originalartikel in nationalen Zeitschriften

Tschöke, Helmut; Hieber, Detlef; Hartkopf, Lars; Raab, Frank
HC-Reduzierung im Warmlauf eines Ottomotors.
In: MTZ: motortechnische Zeitschrift [Wiesbaden] 66(2005), Nr. 12, S. 994 - 999

Originalartikel in zeitschriftenartigen Reihen

Tschöke, Helmut
Entwicklung bei Otto- und Dieselmotoren mit dem Versuch einer Bewertung.
In: VDI-Gesellschaft Werkstofftechnik (Veranst.): Gießtechnik im Motorenbau: Anforderungen der Automobilindustrie (Tagung Magdeburg, 1.-2.2.2005). Düsseldorf: VDI Verl., 2005, S. 1 - 25 (VDI-Berichte 1830)

Wissenschaftliche Monographien

Tschöke, Helmut
Diesel- und Benzindirekteinspritzung III: Einspritzsysteme: Potenziale, Anwendungen, Zukunftsentwicklungen. Renningen: expert, 2005, 348 S. (Fachbuch / Haus der Technik 40)

Tschöke, Helmut; Hieber, Detlef; Raab, Frank; Hartkopf, Lars
Gemischbildung im Ventilspalt II: SULEV-Potenzial durch Variabilität des Einlassventilspaltes; Abschlußbericht, Heft 791-2. Frankfurt am Main: FVV, 2005, 37 S.

Tschöke, Helmut; Naumann, Bernd; Schmidt, Monika
Einfluss der Mikro- und Makrogeometrie von Kanälen im Zylinderkopf unter besonderer Berücksichtigung der Gemischbildung und Motorkühlung: Schlußbericht FKZ 03i1217. Magdeburg: Univ., 2005, 183 S.

Herausgeberschaften

Tschöke, Helmut; Henze, Wilfried
Motor- und Aggregate-Akustik II. Renningen: expert, 2005, 352 S. (Fachbuch / Haus der Technik 51)

Buchbeiträge (einschließlich Lehrbuchbeiträge)

Haberland, Heiko (ext.); Schulze, Lothar; Tschöke, Helmut
Aspekte der Modellierung und Simulation von Diesel-Common-Rail-Einspritzsystemen.
In: Tschöke, Helmut (Verf.); ... (Verf.): Diesel- und Benzindirekteinspritzung III: Einspritzsysteme: Potenziale, Anwendungen, Zukunftsentwicklungen. Renningen: expert, 2005, S. 119 - 144 (Fachbuch / Haus der Technik 40)

Heinze, Hanns-Erhard; Tschöke, Helmut
Definition und Einteilung der Hubkolbenmotoren.
In: Basshuysen, Richard van (Hrsg.); Schäfer, Fred (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor:

Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 2005, S. 9 - 14

Henze, Wilfried; Liesegang, Maik; Oppermann, Norbert (ext.); Roepke, Peter (ext.)
Einfluss des Mikrofonarrays auf die Ortungsgenauigkeit: Messergebnisse eines Tests mit verschiedenen Mikrofonarrays.
In: Tschöke, Helmut (Hrsg.); Henze, Wilfried (Hrsg.): Motor- und Aggregate-Akustik II. Renningen: expert, 2005, S. 121 - 139 (Fachbuch / Haus der Technik 51)

Mollenhauer, Klaus (ext.); Tschöke, Helmut
Verbrennungsmotoren = international combustion engines.
In: Grote, K.-H. (Hrsg.); Feldhusen, J. (Hrsg.): Taschenbuch für den Maschinenbau - Dubbel. 21., neubearb. und erw. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2005, S. P49 - P92

Tschöke, Helmut
Einspritzdüsen und Düsenhalter.
In: Basshuysen, Richard van (Hrsg.); Schäfer, Fred (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 2005, S. 510 - 518

Tschöke, Helmut
Gemischbildung bei Dieselmotoren.
In: Basshuysen, Richard van (Hrsg.); Schäfer, Fred (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 2005, S. 490 - 504

Tschöke, Helmut; Hieber, Detlef
Verbrennungsverfahren für Dieselmotoren.
In: Basshuysen, Richard van (Hrsg.); Schäfer, Fred (Hrsg.): Handbuch Verbrennungsmotor: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 2005, S. 565 - 583

Tschöke, Helmut; Naumann, Bernd; Hartkopf, Lars
Measurement and simulation of intake port and in-cylinder air flow of diesel and gasoline engines.
In: Society of Automotive Engineers / Naples Section (Hrsg.): Engines for automobile (7th international Conference, Capri, Napoli, September 11-16 2005).- proceedings. Capri: SAE NA, 2005, 13 S., [Elektronische Ressource] (SAE technical paper series 2005-24-072). - Beitrag auf CD-ROM

Tschöke, Helmut; Naumann, Bernd; Hartkopf, Lars
Untersuchungen zum Einfluss von Einlasskanaltoleranzen und Einlassventilmaskierung auf die Zylinderinnenströmung mittels 3-dimensionaler Messung und Simulation = 3D-measurement and simulation of in-cylinder air flow - investigations into the effect of intake valve masking and intake port manufacturing tolerances.
In: Eichlseder, Helmut (Hrsg.): Der Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors = The working process of the internal combustion engine (10. Tagung, Graz, 22. und 23. September 2005).

Graz: Univ., 2005, S. 167 - 186 (VKM-THD Mitteilungen 86.1)

Artikel in Kongreßbänden

Tschöke, Helmut; Hieber, Detlef; Raab, Frank; Hartkopf, Lars
SULEV-Potenzial durch Variabilität des Ventilspaltes: Abschlußbericht über das Vorhaben Nr. 790 / 838 (AiF-Nr. 13126 BR/1).
In: Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. FVV (Veranst.): Informationstagung Motoren: Frühjahrtagung 2005; Abschluss- und Zwischenberichte der Forschungsstellen (Informationstagung Frankfurt am Main 6. April 2005). Frankfurt a. Main, 2005, Heft R 528, S. 141 - 165

Artikel in Fachzeitschriften der Industrie, Gesellschaften und Verbände

Raab, Frank; Hartkopf, Lars; Hieber, Detlef; Tschöke, Helmut
HC-Reduzierung im Warmlauf eines Ottomotors.
In: Mitteldeutsche Mitteilungen [Magdeburg] 14(2005), Nr. 4, S. 8 - 10