

BOOK OF ABSTRACTS

12. Tagung Einspritzung und Kraftstoffe

10. /11. Mai 2023, Dessau-Roßlau, Sachsen-Anhalt

12th Conference Injection and Fuels

May 10-11, 2023, Dessau-Roßlau, Saxony-Anhalt

Der Veranstalter/The Organizer: WTZ Roßlau gGmbH



Der Veranstalter The Organizer



Tagungsort Conference Venue

Veranstaltungszentrum Golfpark Dessau
Junkersstraße 52
06847 Dessau-Roßlau, Germany
www.veranstaltungszentrum-dessau.de

Zwischen den Hotels Radisson Blu Fürst Leopold sowie DORMERO und dem Veranstaltungsort ist ein Busshuttle-Service vorgesehen.
There will be a bus transfer between Hotel Radisson Blu Fürst Leopold and Hotel DORMERO and the venue.

Konferenzsprachen/Conference Languages

Die Konferenzsprachen sind Deutsch und Englisch.
Eine Simultanübersetzung wird angeboten.
Conference languages will be German and English.
Simultaneous interpretation will be arranged.

Konferenzdinner im Technikmuseum „Hugo Junkers“ Conference Dinner in Technikmuseum „Hugo Junkers“

Kühnauer Straße 161a
06846 Dessau-Roßlau
<https://technikmuseum-dessau.org>



Weitere Informationen
www.wtz.de/euk-tagung



Further information
www.wtz.de/euk-tagung/en/

**Wie schaffen wir die CO₂-Ziele?
How do we achieve the CO₂ targets?**

Wirksamer Klimaschutz ist eine der größten globalen Herausforderungen und die nachhaltige Reduktion der umweltschädlichen Treibhausgase, allen voran CO₂, eines der Hauptziele. Obwohl sich die Luftqualität in Deutschland im letzten Jahr auch dank Einführung von Umweltzonen und schadstoffarmen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren verbessert hat, gibt es im Verkehrssektor noch immer erhebliches Potenzial zum CO₂-Abbau. Die Ziele der Klimakonferenzen und, daraus abgeleitet, der Europäischen Union sind extrem ambitioniert. Die Hoffnung, dass diese Ziele allein durch eine Elektrifizierung der Antriebe erreicht werden könnten, trügt. Die BEV-Offensive wird sicherlich einen wichtigen und notwendigen Beitrag liefern müssen, aber genauso geboten ist eine Verbesserung des Wirkungsgrades von Verbrennungsmotoren. Letztere werden noch für Jahrzehnte das Hauptantriebssystem für den Personen- und vor allem Gütertransport darstellen, insbesondere bei einer weltweiten Betrachtung.

Nutzen Sie die Gelegenheit und diskutieren Sie mit uns die wichtigen Zukunftsfragen rund um das Thema Kraftstoffe. In zahlreichen Fachvorträgen widmet sich unsere Tagung den Möglichkeiten der CO₂-Reduzierung und -Neutralität durch alternative Kraftstoffe wie z. B. E-Fuels, PtX, OME, Erdgas und H₂. Dabei betrachten wir sowohl deren Gewinnung und Herstellung als auch ihre motorische Anwendung und die damit zusammenhängende Einspritz- bzw. Einblasetechnik. Wir wollen mit dieser Tagung beitragen, die Frage „Wie schaffen wir die CO₂-Ziele?“ zu beantworten und laden zu anregenden Diskussionen ein.

Effective climate protection is one of the greatest global challenges, and the sustainable reduction of environmentally harmful greenhouse gases, first and foremost CO₂, is one of the main goals. Although air quality in Germany improved last year thanks in part to the introduction of low emission zones and low-emission vehicles with ice engines. There is still considerable potential for CO₂ reduction in the transport sector. The targets set by the climate conferences and, derived from them, the European Union are extremely ambitious. The hope that these targets could be achieved through electrification of powertrains alone is deceptive. The BEV offensive will certainly have to make an important and necessary contribution, but an improvement in the efficiency of internal combustion engines is just as necessary. The latter will continue to be the main propulsion system for passenger and, above all, freight transport for decades to come, especially when viewed from a global perspective.

Take this opportunity to join us in discussing the important future issues surrounding the topic of fuels. In numerous technical presentations, our conference will be dedicated to the possibilities of CO₂ reduction and neutrality through alternative fuels such as e-fuels, PtX, OME, natural gas and H₂. We will look at their extraction and production as well as their engine application and related injection or injection technology. With this conference, we want to contribute to answering the question "How do we achieve the CO₂ targets?" and invite you to participate in stimulating discussions.



Prof. Dr.-Ing. Helmut Tschöke
Universität Magdeburg



Dr.-Ing. Christian Reiser
WTZ Roßlau gGmbH



Karsten Stenzel
WTZ Roßlau gGmbH

K1	<p>Wird die Einspritzung noch gebraucht? - Gedanken zu einer CO₂-neutralen Mobilität Is Fuel Injection still needed? - Thoughts on CO₂-neutral Mobility <i>Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirsten* ■ APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH</i></p>	→ 12
K2	<p>Erreichung der CO₂-Ziele aus der Kraftstoffperspektive - Status und Trends für erneuerbare Kraftstoffe Reaching CO₂ targets from the fuels perspective - current status and trends for renewable fuels <i>Dr. Franziska Müller-Langer; Jörg Schröder* ■ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH</i></p>	→ 14
K3	<p>Technologieoffener Ansatz in der Einspritztechnik von Verbrennungsmotoren unter Verwendung alternativer Kraftstoffe Technology-open approach in fuel injection technology of internal combustion engines with alternative fuels <i>Patrick Send* ■ Liebherr-Components Deggendorf GmbH</i></p>	→ 16
01	<p>Hydraulische, optische und motorische Untersuchungen mit einem Methanol HPDI Mehrkraftstoff-Injektor für mittelschnelllaufende Großmotoren Hydraulical, optical and combustion process investigations with a methanol HPDI multi-fuel injector for medium-speed large-bore engines <i>Petra Rektorik*; Dr. Johann Wloka ■ MAN Energy Solutions SE; Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz ■ Universität Rostock</i></p>	→ 18
02	<p>Experimentelle und simulationsgestützte Untersuchungen von PFI- und DI-Verbrennungskonzepten für wasserstoffbetriebene Großmotoren Experimental and simulation-assisted investigations of PFI and DI combustion concepts for hydrogen-fueled large-bore engines <i>Marcel Lackner*; Christof Gumhold; Dr.-Ing. Nicole Wermuth ■ LEC GmbH; Prof. Dr. techn. Andreas Wimmer ■ Graz University of Technology</i></p>	→ 20
03	<p>Bio- und Elektrolysekraftstoffe, ein notwendiger Beitrag zur Erreichung einer CO₂-freien Mobilität und Energieversorgung Bio- and e-fuels, a reasonable way to support mobility and energy supply <i>Kurt Schratlbauer*; Dr. Christoph Kendlbacher; Dr. René Schimon; Dr. Roland Fortenbach; Jens Olaf Stein ■ Robert Bosch Powertrain Solutions</i></p>	→ 22
04	<p>Kraftstofffiltration in modernen Nutzfahrzeugen - mehr als superfeines Filtermedium Fuel filtration in progressive commercial vehicles - more than ultrafine filtration media <i>Sebastian Pietruschka*; Mike Zacharzewski; Sieghard Pietschner; Dr.-Ing. Eike Stitterich ■ Hengst SE</i></p>	→ 24
05	<p>Tropfengrößenanalyse von Benzin-Wasser-Emulsionen im Hochdruck-Einspritzsystem - Einfluss von Systemdesign und Betriebsparametern auf die Emulsionsqualität Droplet Size Analysis of Gasoline-Water Emulsions in the High-Pressure Injection System - Influence of System Design and Operating Parameters on Emulsion Quality <i>Benjamin Blau*; Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinrich ■ Hochschule Trier; Prof. Dr.-Ing. Markus Klein ■ Universität der Bundeswehr München</i></p>	→ 26
06	<p>Kaltstartverhalten von regenerativen Benzinkraftstoffmischungen bis -15° C Cold start behaviour of regenerative gasoline fuel blends down to -15 °C <i>Thomas Weyhing*; Dr.-Ing. Uwe Wagner; Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch ■ Karlsruher Institut für Technologie</i></p>	→ 28
07	<p>Ammoniak Einspritzsysteme für Viertakt-Großmotoren Ammonia injection systems for large 4-stroke engines <i>Hartmut Schneider*, Dr. Michael Willmann; Dr. Enrico Bärow; Ingmar Berger ■ Woodward L'Orange GmbH; Dr. Gregory J. Hampson; Domenico Chiera ■ Woodward Inc.</i></p>	→ 30
08	<p>Entwicklung eines HPDF-Ammoniak-Brennverfahrens für schnelllaufende Schiffsmotoren Development of a HPDF ammonia combustion process for high-speed marine engines <i>Phillip Thorau*; Karsten Stenzel; Tim Tolubajew; Dr.-Ing. Christian Reiser ■ WTZ RoBlau gGmbH Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz ■ Universität Rostock</i></p>	→ 32

* Speaker / Referent

09	<p>Analyse von Einblasung und Gemischbildung bei Wasserstoffmotoren Analysis of Fuel Injection and Mixture Formation in Hydrogen Engines <i>Dr. Philippe Leick*; Dr. Paul Jochmann; Dr. Jan Niklas Geiler; Dr. Karl Georg Stapf; Matthias Mansbart ■ Robert Bosch GmbH; Magda Elvira Cassone Potenza ■ Politecnico di Bari</i></p>	→ 36
10	<p>Wasserstoffmotorkonzepte und deren Potentiale Hydrogen engine concepts and their potentials <i>Dr. Peter Grabner*; Prof. Helmut Eichlseder ■ Technische Universität Graz, ITNA</i></p>	→ 38
11	<p>Wasserstoff-Verbrennungsmotor - Emissionsfreie Technologie für nachhaltige Mobilität Hydrogen Internal Combustion engine - Zero-Impact Emission Technology for Sustainable Mobility <i>Johannes Ullrich*; Anton Wächter; Bernd Friedrichs; Stefan Hoffmann ■ Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH; Dr.-Ing. Yohan Chi ■ Hyundai Motor Company</i></p>	→ 40
12	<p>Analyse der Strahlausbreitung von Wasserstoff und Helium bei PFI und DI-Injektoren mittels BOS (Background Oriented Schlieren) Analysis of the jet propagation of hydrogen and helium of PFI and DI injectors using BOS <i>Jan Reimer*; Manuel Bucherer; Jürgen Pfeil; Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch ■ Karlsruher Institut für Technologie</i></p>	→ 42
13	<p>Analyse der Wasserstoffverbrennung eines Nutzfahrzeugmotors mittels 1D Simulation und darauf aufbauende CFD-Simulation Analysis of the hydrogen combustion for a commercial vehicle engine by means of 1D and CFD simulation <i>Aristidis Dafis*; Dmitrij Wintergoller*; Prof. Dr.-Ing. Hermann Rottengruber ■ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg</i></p>	→ 44
14	<p>Wasserstoff / Gasinjektor für On-Road- und Off-Road Anwendungen Hydrogen / Gas injector for On-Road- and Off-Road applications <i>Bernd Niethammer* ■ ITAZ GmbH; Christian Mayer ■ MCM; Christoph Weber ■ TC-Engineering</i></p>	→ 46
15	<p>Der Einsatz von maschinellem Lernen bei der Entwicklung der Kraftstoff-Direkteinspritzung: von Benzin- zu H₂-Anwendungen Machine learning algorithms applied to fuel direct injection development: from gasoline to H₂ engines <i>Dr. Robin Hellmann*; Massimiliano Botticelli; Dr. Paul Jochmann; Dr. Fabian Köppler, Ruben Schlüter ■ Robert Bosch GmbH</i></p>	→ 48
16	<p>Entwicklung und Charakterisierung eines Niederdruck-Methanol-Injektors für ein Saugrohr-Einspritzsystem Development and characterization of a low pressure methanol injector for port fuel injection system <i>Dr. Arianna Sorrentino*; Simon Serrer ■ Heinzmann GmbH; Mario Kornprobst; Enrico Frigati ■ DERC GmbH</i></p>	→ 50
17	<p>Methanol Brennverfahren für Heavy-Duty-Serienmotor mit angepasstem Liebherr-Serieneinspritzsystem A Methanol combustion system for a heavy duty series standard engine with a modified Liebherr series standard injection system <i>Joseph Dembler*; Thomas Komischke ■ IAV GmbH</i></p>	→ 52
18	<p>NCC Nemo - Diesel Injektor Regelung mit künstlicher Intelligenz - nochmals präziser unter realen Fahrbedingungen & fit für efuels NCC Nemo - Diesel injector controlling using artificial intelligence - even more precise under real driving conditions & e-fuel ready <i>Kilian Bucher*; Dr.-Ing. Martin Fethke; Vincent Lecas; Daniel Heitz; Traugott Degler ■ Robert Bosch GmbH</i></p>	→ 54
19	<p>Entwicklungsprozess der experimentellen und simulativen Charakterisierung von MD-/HD-DI-Gasinjektoren Development process of the experimental and simulative characterization of MD/HD DI gas injectors <i>Sebastian Cepelak*; Jules-Christopher Dinwoodie; Manuel Glauner; Niklas Gierenz; Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz ■ Universität Rostock; Erich Vogt ■ DUAP AG; Bernd Niethammer ■ ITAZ GmbH</i></p>	→ 56

Mittwoch, 10.05.2023/Wednesday May 10, 2023

08:30 Registrierung/Registration
09:00 Begrüßung/Welcome
Dr.-Ing. Christian Reiser;
Geschäftsführer WTZ Roßlau gGmbH

Keynotes Moderation: Professor Helmut Tschöke;
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

09:10 Wird die Einspritzung noch gebraucht? - Gedanken zu einer CO₂-neutralen Mobilität
K1 Is Fuel Injection still needed? - Thoughts on CO₂-neutral Mobility
Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirsten;*
APL Automobil-Prüftechnik Landau GmbH

09:30 Erreichung der CO₂-Ziele aus der Kraftstoffperspektive - Status und Trends für erneuerbare Kraftstoffe
K2 Reaching CO₂ targets from the fuels perspective - current status and trends for renewable fuels
Dr. Franziska Müller-Langer; Jörg Schröder;*
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH

09:50 Technologieoffener Ansatz in der Einspritztechnik von Verbrennungsmotoren
unter Verwendung alternativer Kraftstoffe
K3 Technology-open approach in fuel injection technology of internal combustion engines
with alternative fuels
Patrick Send;*
Liebherr-Components Deggendorf GmbH

10:30 Kaffeepause/Coffeebreak

Session 1 Großmotoren/Large Engines
Moderation: Professor Bert Buchholz;
Universität Rostock

11:00 Hydraulische, optische und motorische Untersuchungen
mit einem Methanol HPDI Mehrkraftstoff-Injektor für mittelschnelllaufende Großmotoren
01 Hydraulic, optical and combustion process investigations
with a methanol HPDI multi-fuel injector for medium-speed large-bore engines
Petra Reaktorik;* *Dr. Johann Wloka;*
MAN Energy Solutions SE;
Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz;
Universität Rostock

11:30 Experimentelle und simulationsgestützte Untersuchungen
von PFI- und DI-Verbrennungskonzepten für wasserstoffbetriebene Großmotoren
02 Experimental and simulation-assisted investigations
of PFI and DI combustion concepts for hydrogen-fueled large-bore engines
Marcel Lackner;* *Christof Gumhold;* *Dr.-Ing. Nicole Wermuth;*
LEC GmbH;
Prof. Dr. techn. Andreas Wimmer;
Graz University of Technology

12:00 Bio- und Elektrolysekraftstoffe, ein notwendiger Beitrag zur Erreichung
einer CO₂-freien Mobilität und Energieversorgung
03 Bio- and e-fuels, a reasonable way to support mobility and energy supply
Kurt Schrattbauer;* *Dr. Christoph Kendlbacher;* *Dr. René Schimon;* *Dr. Roland Fortenbach;* *Jens Olaf Stein;*
Robert Bosch Powertrain Solutions

* Speaker/Referent

Mittwoch, 10.05.2023/Wednesday May 10, 2023

12:30 Mittagessen/Lunch

Session 2 Konventionelle Kraftstoffe - Teil 1/Conventional Fuels - Part 1
Moderation: Professor Ulrich Walther;
Westfälische Hochschule Zwickau

14:00 Kraftstofffiltration in modernen Nutzfahrzeugen - mehr als superfeines Filtermedium
04 Fuel filtration in progressive commercial vehicles - more than ultrafine filtration media
Sebastian Pietruschka;* *Mike Zacharzewski;* *Sieghard Pietschner;* *Dr.-Ing. Eike Stitterich;*
Hengst SE

14:30 Tropfengrößenanalyse von Benzin-Wasser-Emulsionen im Hochdruck-Einspritzsystem
- Einfluss von Systemdesign und Betriebsparametern auf die Emulsionsqualität
05 Droplet Size Analysis of Gasoline-Water Emulsions in the High-Pressure Injection System
- Influence of System Design and Operating Parameters on Emulsion Quality
Benjamin Blau;* *Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinrich;*
Hochschule Trier;
Prof. Dr.-Ing. Markus Klein;
Universität der Bundeswehr München

15:00 Kaltstartverhalten von regenerativen Benzinkraftstoffmischungen bis -15° C
06 Cold start behaviour of regenerative gasoline fuel blends down to -15 °C
Thomas Weyhing;* *Dr.-Ing. Uwe Wagner;* *Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch;*
Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Kolbenmaschinen (IFKM)

15:30 Kaffeepause/Coffeebreak

Session 3 Alternative Kraftstoffe - Teil 1/Alternative Fuels - Part 1
Moderation: Professor Friedrich Wirz;
Technische Universität Hamburg

16:00 Ammoniak Einspritzsysteme für Viertakt-Großmotoren
07 Ammonia injection systems for large 4-stroke engines
Hartmut Schneider;* *Dr. Michael Willmann;* *Dr. Enrico Bärow;* *Ingmar Berger;*
Woodward L'Orange GmbH;
Dr. Gregory J. Hampson; *Domenico Chiera;*
Woodward Inc.

16:30 Entwicklung eines HPDF-Ammoniak-Brennverfahrens für schnelllaufende Schiffsmotoren
08 Development of a HPDF ammonia combustion process for high-speed marine engines
Phillip Thorau;* *Karsten Stenzel;* *Tim Tolubajew;* *Dr.-Ing. Christian Reiser;*
WTZ Roßlau gGmbH
Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz;
Universität Rostock

17:15 Rückfahrt der Busse zu den Hotels
Return to the hotels

18:30 Abfahrt der Busse zur Abendveranstaltung
Departure of the busses to the Evening Event

Abendveranstaltung/Evening Event

19:00 Konferenzdinner im Technikmuseum „Hugo Junkers“, Kühnauer Str. 161a, 06846 Dessau-Roßlau
Conference Dinner in Technik Museum „Hugo Junkers“, Kühnauer Str. 161a, 06846 Dessau-Roßlau

Donnerstag, 11.05.2023/Thursday May 11, 2023

Session 4 Wasserstoff - Teil 1/Hydrogen - Part 1Moderation: Dr.-Ing. Christian Reiser;
WTZ Roßlau gGmbH08:30
09**Analyse von Einblasung und Gemischbildung bei Wasserstoffmotoren**
Analysis of Fuel Injection and Mixture Formation in Hydrogen EnginesDr. Philippe Leick*; Dr. Paul Jochmann; Dr. Jan Niklas Geiler; Dr. Karl Georg Stapf; Matthias Mansbart;
Robert Bosch GmbH;
Magda Elvira Cassone Potenza;
Politecnico di Bari09:00
10**Wasserstoffmotorkonzepte und deren Potentiale**
Hydrogen engine concepts and their potentialsDr. Peter Grabner*; Prof. Helmut Eichlseder;
Technische Universität Graz, ITNA09:30
11**Wasserstoff-Verbrennungsmotor - Emissionsfreie Technologie für nachhaltige Mobilität**
Hydrogen Internal Combustion engine - Zero-Impact Emission Technology for Sustainable MobilityJohannes Ullrich*; Anton Wächter; Bernd Friedrichs; Stefan Hoffmann;
Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH;
Dr.-Ing. Yohan Chi;
Hyundai Motor Company

10:00 Kaffeepause/Coffeebreak

Session 5 Wasserstoff - Teil 2/Hydrogen - Part 2Moderation: Professor Hermann Rottengruber;
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg10:30
12**Analyse der Strahlausbreitung von Wasserstoff und Helium bei PFI und DI-Injektoren mittels BOS (Background Oriented Schlieren)**
Analysis of the jet propagation of hydrogen and helium of PFI and DI injectors using BOSJan Reimer*; Manuel Bucherer; Jürgen Pfeil; Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch;
Karlsruher Institut für Technologie11:00
13**Analyse der Wasserstoffverbrennung eines Nutzfahrzeugmotors mittels 1D Simulation und darauf aufbauende CFD-Simulation**
Analysis of the hydrogen combustion for a commercial vehicle engine by means of 1D and CFD simulationAristidis Dafis*; Dmitrij Wintergoller*; Prof. Dr.-Ing. Hermann Rottengruber;
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg11:30
14**Wasserstoff / Gasinjektor für On-Road- und Off-Road Anwendungen**
Hydrogen / Gas injector for On-Road- and Off-Road applicationsBernd Niethammer*;
ITAZ GmbH;
Christian Mayer;
MCM;
Christoph Weber;
TC-Engineering

12:00 Mittagessen/Lunch

Donnerstag, 11.05.2023/Thursday May 11, 2023

Session 6 Alternative Kraftstoffe - Teil 2/Alternative Fuels - Part 2Moderation: Karsten Stenzel;
WTZ Roßlau gGmbH13:30
15**Der Einsatz von maschinellem Lernen bei der Entwicklung der Kraftstoff-Direkteinspritzung: von Benzin- zu H₂-Anwendungen**Machine learning algorithms applied to fuel direct injection development: from gasoline to H₂ engines
Dr. Robin Hellmann*; Massimiliano Botticelli; Dr. Paul Jochmann; Dr. Fabian Köppler, Ruben Schlüter;
Robert Bosch GmbH14:00
16**Entwicklung und Charakterisierung eines Niederdruck-Methanol-Injektors für ein Saugrohr-Einspritzsystem**
Development and characterization of a low pressure methanol injector for port fuel injection systemDr. Arianna Sorrentino*; Simon Serrer;
Heinzmann GmbH;
Mario Kornprobst; Enrico Frigati;
DERC GmbH14:30
17**Methanol Brennverfahren für Heavy-Duty-Serienmotor mit angepasstem Liebherr-Serieneinspritzsystem**
A Methanol combustion system for a heavy duty series standard engine with a modified Liebherr series standard injection systemJoseph Dembler*; Thomas Komischke;
IAV GmbH

15:00 Kaffeepause/Coffeebreak

Session 7 Konventionelle Kraftstoffe - Teil 2/Conventional Fuels - Part 2Professor Helmut Tschöke;
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg15:30
18**NCC Nemo - Diesel Injektor Regelung mit künstlicher Intelligenz - nochmals präziser unter realen Fahrbedingungen & fit für efuels**NCC Nemo - Diesel injector controlling using artificial intelligence - even more precise under real driving conditions & efuel ready
Kilian Bucher*; Dr.-Ing. Martin Fethke; Vincent Lecas; Daniel Heitz; Traugott Degler;
Robert Bosch GmbH16:00
19**Entwicklungsprozess der experimentellen und simulativen Charakterisierung von MD-/HD-DI-Gasinjektoren**
Development process of the experimental and simulative characterization of MD/HD DI gas injectorsSebastian Cepelak*; Jules-Christopher Dinwoodie; Manuel Glauner; Niklas Gierenz; Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz;
Universität Rostock;
Erich Vogt,
DUAP AG;
Bernd Niethammer,
ITAZ GmbH

16:45

Schlusswort/Closing RemarksDr.-Ing. Christian Reiser;
Geschäftsführer WTZ Roßlau gGmbH

WTZ

INNOVATIVE SCIENCE & RESEARCH

Seit sechs Jahrzehnten steht WTZ Roßlau für höchste Kompetenz für die Förderung der Wissenschaft auf dem Gebiet des Motoren- und Maschinenbaus. Ein Erfolg, der sich leicht mit Begriffen wie Beständigkeit, Konstanz und gesammeltes Wissen in Verbindung bringen lässt und sicher auch zu einem großen Teil darauf beruht. Doch jede Tradition hat einmal als Neuheit begonnen, und Erfahrung wird nur dann zu einem Gewinn, wenn man sie für anstehende Aufgaben zu nutzen weiß.

Geschäftsgegenstand der WTZ Motorentechnik GmbH ist die Anwendung der Wissenschaft auf dem Gebiet des Motoren- und Maschinenbaus und verwandter Bereiche. Schwerpunkte der Geschäftstätigkeit sind u. a. die Forschung und die Entwicklung zur Verbesserung des Materialeinsatzes, der Energieeffizienz und der Umweltverträglichkeit in der Motorentechnik und in der Energieerzeugung.

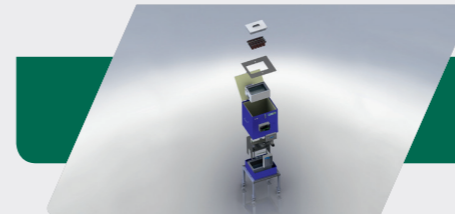


MOTORENFORSCHUNG

■ Vom Nutzfahrzeug bis zum Schiffsmotor.

■ Testen von Brennstoffen wie Erdgas, Biogas, Propan, Butan, Diesel, Methanol, Ammoniak, HFO, OME, DME und Wasserstoff.

■ Testen auf Emissionen, Wirkungsgrad und Betriebsverhalten der Motoren.



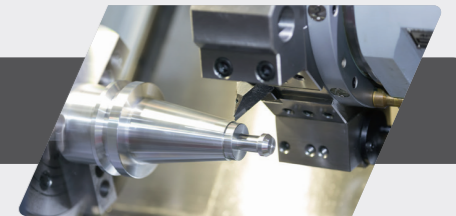
KONSTRUKTIVE ENTWICKLUNG

■ Antriebs- und Energieerzeugungsanlagen
■ Bauteile und Baugruppen
■ Motorumrüstungen

■ Vorrichtungen
■ Strukturanalysen
■ Simulationen
■ Berechnungsleistungen

■ Der kompetenter Partner für Prototypenbau, Einzelteilerfertigung und Kleinserien.

MUSTERBAU



LABORE

Spezialisten für
■ Werkstoffe, Werkstoffprüfung, Wärmebehandlung und Werkstofftechnik.

■ Schwingungen von Verbrennungsmotoren und rotierenden Maschinen sowie deren Abnahmeläufe.

Einsatz erneuerbarer Energien mit dem Ziel der
■ Verstromung von aus überschüssigem Wind- und Solarstrom gewonnenem Wasserstoff.

■ Senkung von Kohlendioxidemissionen und Steigerung der Energieeffizienz.
■ Entwicklung verbesserter Brennverfahren bei Gas- und Dieselmotoren.

ENERGIESYSTEME



Technologieoffener Ansatz in der Einspritztechnik von Verbrennungsmotoren unter Verwendung alternativer Kraftstoffe
Technology-open approach in fuel injection technology of internal combustion engines with alternative fuels

Patrick Send*;
 Liebherr-Components Deggendorf GmbH

Eine der wichtigsten gesellschaftlichen Herausforderungen der kommenden Jahre und Jahrzehnte ist die Reduktion der Treibhausgasemissionen. Um dieses Ziel zu erreichen, spart ein technologieoffener Ansatz am meisten Emissionen ein. Daher entwickelt Liebherr Einspritzsystemlösungen für CO₂-neutrale Verbrennungsmotoren, die in On- und Off-Highway-Anwendungen zum Einsatz kommen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Portfoliostrategie von Liebherr für Einspritzlösungen, die mit emissionsfreien Kraftstoffen betrieben werden.

Sowohl die Anforderungen der verschiedenen Anwendungen als auch infrastrukturelle und logistische Grenzen erfordern in Zukunft den Einsatz unterschiedlicher Kraftstoffe, um die oben genannten Ziele zu erreichen. Seit 2017 untersucht Liebherr die Möglichkeiten von E-Fuels und Methanol und hat 2019 mit der Entwicklung von Lösungen zur Wasserstoffeinspritzung begonnen. Die neuesten Testergebnisse und Verbesserungen an der Wasserstoff-Einspritzdüse und der Systemplattform werden hier gezeigt. Für Wasserstoff fordert der Markt sowohl Lösungen für die Direkteinblasung (DI) als auch für die Saugrohreinblasung (PFI). Die DI- und PFI-Lösungen von Liebherr basieren auf einem gemeinsamen Designkonzept und einer gemeinsamen Plattform, um Synergien im Produktdesign zu nutzen.

Neben Wasserstoff werden vor allem in der Schifffahrt und im Bergbau auch andere Kraftstoffe wie Ammoniak oder Methanol benötigt. Daraus ergibt sich die Nachfrage nach kraftstoffunabhängigen Motorplattformen. Durch den modularen Ansatz der Plattform für Wasserstoffinjektoren können neben Wasserstoff auch andere Kraftstoffe eingesetzt werden. Dieser Beitrag zeigt Einblicke in die ersten Komponententestergebnisse mit Kraftstoffen wie Methanol und Ammoniak.

One of the major societal goals for the coming years and decades is the reduction of green-house gas (GHG) emissions. In order to reduce emissions a technology-open approach abates the most emissions. Therefore, Liebherr is developing injection system solutions for greenhouse gas-neutral combustion engines in on- and off-road applications. This paper will provide an overview of the Liebherr portfolio strategy concerning fuel injection solutions powered by zero-emission fuels.

The demands of different applications as well as infrastructural and logistical boundaries will require the use of different fuels in the future in order to achieve the above-mentioned goals. Liebherr is studying the possibilities of E-Fuels and methanol since 2017 and started development activities for hydrogen fuel injection solutions in 2019. The latest test results and improvements on the hydrogen injection nozzle and system platform are shown here. For hydrogen, the market requests both direct injection (DI) and port fuel injection (PFI) solutions. Liebherr’s DI and PFI solutions are based on a common design concept and platform in order to benefit from synergies in the product design.

Besides hydrogen, other fuels such as ammonia or methanol are also required, especially in shipping and mining. This leads to the demand for fuel agnostic engine platforms. By means of the modular approach of the hydrogen injector platform also other fuels beside hydrogen can be used. This paper shows insights into the first component test results with fuels like Methanol and Ammonia.

[Empty lined area for notes]

* Speaker / Referent

Hydraulische, optische und motorische Untersuchungen mit einem Methanol HPDI Mehrkraftstoff-Injektor für mittelschnelllaufende Großmotoren
Hydraulical, optical and combustion process investigations with a methanol HPDI multi-fuel injector for medium-speed large-bore engines

Petra Rektorik; Dr. Johann Wloka;
MAN Energy Solutions SE;
Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz;
Universität Rostock*

In allen Transport- und Energiesektoren werden die Emissionen aufgrund des Klimawandels stets strikter reglementiert. Die Diskussion und die Analyse von alternativen Technologien sind damit unumgänglich. In der Schifffahrt sind Kraftstoffe mit hoher Energiedichte jedoch zwingend erforderlich. Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte mit den konventionellen Kohlenwasserstoffen, wie Diesel oder Schweröl, ist nur noch schwer oder gar nicht mehr möglich. Aus diesem Grund werden alternative Kraftstoffe wie Ammoniak, Wasserstoff oder Methanol diskutiert. In diesem Artikel liegt der Fokus auf Letzterem. Aufgrund der physikalischen und chemischen Eigenschaften des einfachsten Alkohols ist ein auf den Kraftstoff und die Einspritz- sowie Zündstrategie angepasstes Injektor- und Düsendesign unumgänglich. Die hier aufgezeigten Versuche sind mit einem hochdruckdirekteinspritzenden Injektor, welcher für zwei Kraftstoffe ausgelegt ist, durchgeführt worden. Diesel wird als Zündöl für die Zündung von Methanol und für den reinen Dieselbetrieb verwendet. Über eine zentral angeordnete Nadel mit um diese rotationssymmetrisch gestalteten Düsenlöchern wird der Kohlenwasserstoff eingebracht. Um diese zentrale Nadel sind weitere drei Nadeln angeordnet, worüber das Methanol eingespritzt wird.

In diesem Artikel werden die Ergebnisse von optischen Untersuchungen des Strahlbildes von dem Mehrstoffinjektor aus der gekoppelten Einspritzung von einer Zündölmenge und dem Haupteinspritzvolumen betrachtet. Die Untersuchungen sind an einer mit Druck beaufschlagten kalten Einspritzkammer mit der Mie-Streulichtmesstechnik durchgeführt worden, wobei Diesel das Testmedium darstellt. Weiter werden Ergebnisse aus den motorischen Untersuchungen der Verbrennung von Methanol, gezündet mit einer Dieselpilotmenge, an einem Einzylinderforschungsmotor vorgestellt. Der Vergleich von verschiedenen Düsengeometrien und Einspritzdrücken erlaubt die Beurteilung des Einflusses der variierten Einspritz- und Geometrieparameter auf das Spraybild und den Verbrennungsprozess. Abschließend erfolgt die hydraulische Charakterisierung des Mehrstoffinjektors für die unterschiedlichen Düsen, um die an der Einspritzkammer und dem Versuchsmotor erlangten Ergebnisse zu bewerten.

The more stringent emission regulations in every transport and energy sector lead to the requirement of analyzing possible alternative technologies to meet these limits. The shipping sector relies on fuels with high energy density, whereby the claimed emission targets are only barely or not at all reachable with conventional fuels like marine gas oil or heavy fuel oil. Therefore, different fuels like ammonia, hydrogen and methanol are discussed. This article focusses on methanol as alternative future fuel. Due to the physical and chemical properties of the simplest alcohol, new injector and nozzle designs have to be implemented, which fits to the fuel and the injection as well as the ignition strategy.

The investigations to which reference is made within this paper were performed with a high pressure direct injection multi-fuel injector, where two different fuel paths are combined within one component. The diesel, which is used as ignition source as well as for the pure diesel mode, is injected over a central located needle with around the needle rotational symmetric oriented nozzle holes. Three more needles are mounted around the central needle to inject the methanol into the combustion chamber.

This paper presents the results of optical investigations of the linked injection of a pilot and main injection volume. These studies were performed at a pressurized injection chamber at ambient temperature with diesel as test medium using the Mie scattering metrology. Furthermore, the results of the diesel pilot ignited methanol combustion at a medium-speed large-bore single cylinder research engine will be shown. Several nozzle geometries and injection pressures will be compared to the performance in respect to the spray generation and combustion results. In addition, the hydraulical characterization of the different nozzle designs will be presented in order to allow the assessment in related investigations on the spray chamber and the research engine respectively.

* Speaker / Referent

Lined area for notes.

Experimentelle und simulationsgestützte Untersuchungen von PFI- und DI-Verbrennungskonzepten für wasserstoffbetriebene Großmotoren
Experimental and simulation-assisted investigations of PFI and DI combustion concepts for hydrogen-fueled large-bore engines

Marcel Lackner*; Christof Gumhold; Dr.-Ing. Nicole Wermuth;
 LEC GmbH;
 Prof. Dr. techn. Andreas Wimmer;
 Graz University of Technology

Die Verwendung von Wasserstoff als Kraftstoff für Großmotoren, die in der Stromerzeugung oder in KWK-Anwendungen eingesetzt werden, ist ein vielversprechender Weg zur Verringerung von Treibhausgasemissionen. Da Wasserdampf das Hauptverbrennungsprodukt ist, entstehen bei der Verbrennung von Wasserstoff keine CO_2 -, SO_x - und Partikelemissionen, und im Abgas sind nur Spuren von unverbrannten Kohlenwasserstoffen aus dem Schmiermitteleintrag in den Brennraum zu detektieren. Die Bildung von NO_x kann durch den Betrieb des Motors mit relativ hohem Luftverhältnis unterdrückt werden.

Die Vorteile niedriger Emissionswerte gehen auf Kosten eines unkomplizierten Motorbetriebs, da einige physikalische und chemische Eigenschaften von Wasserstoff, z. B. eine hohe laminare Flammgeschwindigkeit und eine niedrige Zündenergie, Probleme im Hinblick auf abnormale Verbrennungsphänomene, wie Motorklopfen und Vorentzündungen, mit sich bringen.

In der vorliegenden Studie werden Ergebnisse experimenteller Untersuchungen an einem wasserstoffbetriebenen Einzylinder-Forschungsmotor mit externer (PFI) und interner (DI) Gemischbildung vorgestellt und verglichen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf Unterschieden im Motorbetrieb und den NO_x -Emissionen. Um tiefere Einblicke in die Gemischbildungsprozesse zu erhalten, werden 3D-CFD-Simulationen für ausgewählte Betriebspunkte durchgeführt.

Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass die NO_x -Emissionen bei externer Gemischbildung im Vergleich zur internen Gemischbildung geringer sind. Andererseits wurden beim PFI-Betrieb Vorzündungen und Rückzündungen in den Einlasskanal beobachtet. Die Ergebnisse der 3D-CFD-Simulationen bestätigen die vermutete höhere Gemischhomogenität des PFI-Konzepts gegenüber dem DI-Konzept und deren Auswirkung auf die NO_x -Emissionen. Darüber hinaus konnten Unterschiede im Gemischbildungsprozess identifiziert werden, die die anormalen Verbrennungsphänomene möglicherweise verursachen.

The use of hydrogen as a fuel in large-bore engines for power generation or CHP applications is a promising way to reduce greenhouse gas emissions. With water vapor being the major combustion product, the combustion of hydrogen yields no CO_2 , SO_x and particulate matter emissions and only traces of unburnt hydrocarbons from lubricant entering the combustion chamber can be detected in the exhaust gas. The formation of NO_x can be suppressed by operating the engine at relatively high excess air ratios. The advantages of low emission levels come at the expense of straightforward engine operation as some physical and chemical properties of hydrogen, for instance the high laminar flame speed and the low ignition energy, pose challenges regarding abnormal combustion phenomena, such as engine knock and pre-ignitions.

In the present study, results of experimental investigations of a hydrogen-fueled single cylinder research engine equipped with external (PFI) and internal (DI) mixture formation are presented and compared with regard to differences in engine operation and NO_x emissions. In order to gain a deeper understanding into the mixture formation processes, 3D CFD simulations of selected operating points are performed.

Experimental results show, that for external mixture formation NO_x emission levels are lower compared to internal mixture formation. On the other hand, pre-ignitions and backfiring into the intake manifold have been observed during PFI operation. Results of 3D CFD simulations confirm the presumed higher mixture homogeneity of the PFI over the DI concept and its impact on NO_x emissions. Moreover, differences in the mixture formation process could be identified that might contribute to the occurrence of abnormal combustion phenomena.

Bio- und Elektrolysekraftstoffe, ein notwendiger Beitrag zur Erreichung einer CO₂-freien Mobilität und Energieversorgung
Bio- and e-fuels, a reasonable way to support mobility and energy supply

Kurt Schratlbauer; Dr. Christoph Kendlbacher;
 Dr. René Schimon, Dr. Roland Fortenbach; Jens Olaf Stein;
 Robert Bosch Powertrain Solutions*

Zur Erreichung der Klimaziele aus dem Paris-Agreement haben schlussfolgernd sowohl die EU als auch die International Marine Organization eigene Ziele zur Treibhausgasreduktion definiert. Großmotoren emittieren einen nicht unbeträchtlichen Anteil von 6 - 7 % der WW CO₂-Emissionen. Sie müssen daher zwingend auch einen signifikanten Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgase und damit der Klimaziele beitragen. Großmotoren finden in den Segmenten Marine, Eisenbahnen, Industrie, Mienenbetrieb, Gas und Ölförderung als auch in der Stromerzeugung Anwendung. Großmotoren sind 30 Jahre und länger im Betrieb und werden während ihrer Lebensdauer mehrmals überarbeitet oder auch technisch angepasst. Großmotoren können auf Grund ihrer enormen Leistung nur sehr bedingt durch Batterien oder Brennstoffzellen ersetzt werden. Aus diesem Grund ist es notwendig, dass CO₂-frei bzw. CO₂-reduzierte Großmotoren bereits jetzt entwickelt werden, um die Treibhausgasziele 2040 und 2050 zu erreichen. Ab 2022 werden Pilotanwendungen und Felderprobungen mit alternativen Kraftstoffen gestartet und der Hochlauf der neuen Technologien beginnt spätestens mit 2030. CO₂-Reduktionen von Großmotoren können durch Wirkungsgradoptimierungen, durch Carbon Capture and Storage und durch e- bzw. Biokraftstoffe erreicht werden. Dieser Vortrag zeigt die Möglichkeiten der Umsetzung von e- und Biokraftstoffen und die dazu passenden Einspritztechnologien auf. Da zu erwarten ist, dass „dropp in fuels“ (Diesel und Benzin auf Basis von e- und Biokraftstoffen) hohe Kosten verursachen und von den PKW und Nutzfahrzeuganwendungen beansprucht werden und damit für Großmotorenanwendungen kaum zur Verfügung stehen wird, müssen sich die Großmotoren auf die Anwendungen von e- und Biokraftstoffen mit sehr geringem Umwandlungs- bzw. Raffinierungsgrad einstellen.

Aus heutiger Sicht bieten sich die Kraftstoffe Wasserstoff, Ammoniak und Methanol an. Diese haben sehr unterschiedliche Brennwerte, Dichten, Zündfähigkeiten, Siedepunkte, Verdampfungswärme und Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten. Sie sind auch mehr oder weniger toxisch. Aus obigen Gründen bedürfen diese Kraftstoffe zur Erreichung von hohen Wirkungsgraden und geringen Emissionen einer individuellen Optimierung der Gemischbildung und Verbrennung. Dies ist im speziellen bei Großmotoren unter dem Aspekt von Retro Fit und Dual Fuel Fähigkeit zu beurteilen. Der Vortrag zeigt analytisch die Vor- und Nachteile verschiedener Gemischbildner für alternative Kraftstoffe bei Großmotoren.

The Paris climate goals against global warming push the industry and society to take action. Large engines make a significant contribution of 6 - 7 % of the worldwide CO₂ emissions. This is why large engines are forced to reduce their greenhouse gas and CO₂ emissions significantly. The application areas of large engines are Construction and Industry, Power Generation, Marine and Railways. Large engines are because of several reasons difficult to replace batteries are fuel cells. That is the reason why CO₂ reduced or even CO₂ free large engines are already in development to achieve the greenhouse gas emission goals for 2040 and 2050. Pilot applications will enter the market even by 2022 and the ramp up of new technologies will happen latest by 2030. CO₂ emission reduction can be fulfilled by improved engine and vehicle efficiency, by carbon capture and storage technologies and by bio- and e-fuel application. This paper shows the application options for bio- and e-fuels. Due to the fact that electrolysis based drop in fuels (e-Diesel, e-Kerosine, e-Gasoline) are expensive and will be occupied by on highway and aeronautics alternative fuels will be required. Today Hydrogen, Methanol and Ammonia seem to be the most promising alternative fuels for large engine applications. These fuels have very different values in density, energy density, evaporation behavior, ignitability and flame propagation. Ammonia and Methanol are even toxic and corrosive.

All alternative fuels require individual mixture preparation and combustion systems for best fuel consumption and emissions. The capability of retro fit and dual fuel use has to be considered in all concepts. The paper is showing pros and cons of different mixture preparation systems for the alternative fuels of large engines.

Kraftstofffiltration in modernen Nutzfahrzeugen - mehr als superfeines Filtermedium
Fuel filtration in progressive commercial vehicles - more than ultrafine filtration media

Sebastian Pietruschka*; Mike Zacharzewski; Sieghard Pietschner; Dr.-Ing. Eike Stitterich;
 Hengst SE

Kraftstofffiltration wird gerne auf die reine Filtrationsaufgabe, also das Zurückhalten von Partikeln und Wasser zum Schutze des Einspritzsystems reduziert. Zweifelsohne bringen moderne Einspritzsysteme mit hohen System- und Einspritzdrücken hierbei besondere Anforderungen mit, allerdings berücksichtigen Vorgaben zur Reinheit des Kraftstoffes, welcher am Einspritzsystem vorliegt, selten die realen Betriebsbedingungen. Kraftstoffqualitäten sind verunreinigungsmäßig und zusammensetzungsseitig regional und zeitlich verschieden. Neue Filter verhalten sich anders als Filter nahe dem Standzeitende. Fahrzeuge und Motoren müssen auch bei widrigen Umgebungsbedingungen start- und lauffähig sein. Filtrationssysteme müssen äußeren Schwingungen und Druckpulsationen widerstehen.

Folglich besitzen moderne Kraftstofffiltrationssysteme neben Filterlösungen zur nahezu vollständigen Abreinigung von Partikeln (> 99 %) und Wasser (> 90 %) über die gesamte Nutzungszeit des Filters auch Einrichtungen zur Beheizung, Entlüftung, Förderung und Überwachung des Kraftstoffes. Einige dieser Komponenten bedingen die Implementierung von elektrischen und elektronischen Bauteilen, welche je nach Ausführung auch den Vorgaben der funktionalen Sicherheit (ISO26262) genügen müssen.

Durch geeignete Balancierung gestufter Partikel- und Wasserrückhaltesysteme kann beim Austausch von Filtereinsätzen ein geringstmöglicher Materialaufwand erreicht werden. Eine starke räumliche Integration der Filtersystemkomponenten birgt das Potential für eine Massenreduzierung. Zudem wird durch geeignete Strömungsführung und Druckverlustauslegung der notwendige Energieaufwand für die Fluidförderung minimiert, was sich positiv auf die Nebenaggregateleistung und damit auf den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs auswirkt.

Pretty often fuel filtration is simply seen as a pure filtration task characterized by retention of solid particles and water droplets in terms of protection of the fuel injection system. Undoubtedly future Diesel fuel injection systems featuring very high system and injection pressures result in special requirements, but those requirements defining fuel cleanliness in the injection system rarely consider real operation conditions. Fuel qualities are in the perspective of contamination level and fuel composition regionally and temporally variable. New fuel filters behave different than filters close to their end of lifetime. Even in weird boundary conditions engines start and operation need to be possible. Filtration systems and performance has to withstand external vibrations as well as internal pressure pulsations.

Thus, modern fuel filtration systems consist of filter solutions for almost complete retention of particles (> 99 %) and water (> 90 %) throughout the use time of the filter, as well as systems for heating, deaeration, conveying and sensing of fuel. Some of those components require the implementation of electric and electronic components, which have to comply with functional safety requirements (ISO26262) depending on their conception.

Balancing of multi-stage particle filtration and water separation systems enables minimum material value for filter services and reductions in engine down-time. Clever integration of filter system components offers potential for mass reduction of the system. In addition, an appropriate channeling and pressure drop layout minimizes the energy consumption required for the fuel supply giving a positive impact on the energy consumption of the auxiliary drives and consequently of the complete vehicle.

***Tropfengrößenanalyse von Benzin-Wasser-Emulsionen im Hochdruck-Einspritzsystem
- Einfluss von Systemdesign und Betriebsparametern auf die Emulsionsqualität
Droplet Size Analysis of Gasoline-Water Emulsions in the High-Pressure Injection System
- Influence of System Design and Operating Parameters on Emulsion Quality***

Benjamin Blau; Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinrich;
Hochschule Trier;
Prof. Dr.-Ing. Markus Klein;
Universität der Bundeswehr München*

Die Wassereinspritzung ist eine wirkungsvolle Methode zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen bei Ottomotoren. Auf Grund der zwingend notwendigen Minimierung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor sind in den letzten Jahren zahlreiche Forschungsarbeiten zur Wassereinspritzung entstanden. Die Mischungs- oder Emulsionseinspritzung, dessen thermodynamisches Potential bereits in mehreren Untersuchungen bestätigt wurde, ist einer der verfolgten Ansätze. Dabei erfolgt die Emulsionserzeugung direkt im Einspritzsystem durch geeignete Mischeinrichtungen. Die Eigenschaften solcher nicht stabilisierten Emulsionen wurden bisher nur unzureichend erforscht. Der im Rahmen dieser Arbeit gezeigte experimentelle Aufbau ermöglicht es, nach Kenntnisstand des Autors, erstmals die Struktur der im Einspritzsystem strömenden Emulsion optisch zu erfassen und als Tropfengrößenverteilung der inneren Phase zu quantifizieren. Dies ermöglicht einen Vergleich verschiedener Emulsionserzeugungsansätze sowie die Analyse möglicher Beeinflussungen von Systemkomponenten und Betriebsparametern auf die Emulsionsqualität. Die entsprechenden Untersuchungen erfolgten an einem Einspritzsystem-Prüfstand unter realistischen Betriebsbedingungen. Als optischer Zugang zum Hochdrucksystem diente eine speziell entwickelte Durchflusszelle. Bildaufnahmen der Emulsion wurden mit einem Shadowgraphy Messsystem, bestehend aus einer Digitalkamera mit Fernfeldmikroskop und einer LED-Lichtquelle, generiert. Tropfendetektion und Größenbestimmung erfolgten automatisiert mittels entsprechender Auswertesoftware. Es wurden verschiedene Betriebspunkte untersucht. Variiert wurden unter anderem das Wasser-Kraftstoff-Verhältnis und der Raildruck. Zudem wurden zwei Arten der Emulsionserzeugung analysiert: Wasserzumischung vor der Hochdruckpumpe (Single-HPP-Ansatz) sowie eine Emulsionserzeugung durch Zumischung vor dem Kraftstoffinjektor im Hochdrucksystem (On-Injector-Ansatz). Die erzielten Ergebnisse bestätigen die These, dass die Emulsionseigenschaften durch die Betriebsparameter beeinflusst werden. Eine Steigerung des Wasseranteils führt zu Tropfengrößenverteilungen mit größeren Sauterdurchmessern. Ein Vergleich beider Emulsionserzeugungsansätze zeigt lediglich geringe Unterschiede bei den Größenverteilungen für übereinstimmende Betriebspunkte.

Water injection is a powerful method to reduce fuel consumption and CO₂-emissions of gasoline engines. Due to the imperative need to minimize greenhouse gas emissions in the transportation sector, a great amount of research has been published under the topic of water injection in recent years. One of the approaches pursued is mixture or emulsion injection, whose thermodynamic potential has already been demonstrated in various studies. In such systems, the emulsion is formed in the injection system by means of suitable mixing devices. Up to now, the resulting properties of such non-stabilized emulsions have not been studied throughout. In this work an experimental setup is presented which, to the author's knowledge, allows for the first time to determine the structure of the emulsion flow in the injection system as a droplet-size distribution of the internal phase. This facilitates a comparison between different emulsion formation concepts as well as an analysis on possible influences of system components and operating parameters on emulsion quality. The investigations were conducted at an injection test bench maintaining realistic operating conditions. Optical access was provided by a specially developed flow-through cell. A shadowgraphy system, consisting of a digital camera attached to a long-distance microscope, and a LED illumination unit, was used to take pictures of the emulsion. An image analysis software was utilized for droplet detection and sizing. Both water-fuel ratio and rail-pressure were varied in the experiments. Moreover, two emulsion formation concepts were analyzed. The Single-HPP approach, in which water is metered to the fuel-flow upstream of the high-pressure pump and the On-Injector approach, in which water is introduced to the high-pressure system close to the fuel-injector. The results achieved confirm the theory that the emulsion properties are affected by operating parameters; In fact, an increase in water-content leads to droplet-size distributions with larger Sauter mean diameters. Comparing the results of both emulsion formation concepts, only minor differences were detected between the size distributions for corresponding operating points.

Ammoniak Einspritzsysteme für Viertakt-Großmotoren
Ammonia injection systems for large 4-stroke engines

Hartmut Schneider, Dr. Michael Willmann; Dr. Enrico Bärow; Ingmar Berger;*
Woodward L'Orange GmbH;
Dr. Gregory J. Hampson; Domenico Chiera;
Woodward Inc.

Ammoniak als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren stellt zahlreiche Herausforderungen, bietet jedoch auch großes Potential hinsichtlich der Reduktion von Treibhausgasemissionen. Die Kraftstoffeigenschaften von Ammoniak ermöglichen verschiedene Brennverfahren von fremdgezündeten Otto-Konzepten mit Saugrohreindüsung oder Direkteindüsung bis hin zu Diesel-ähnlichen Hochdruck-Dual-Fuel Konzepten. Die Auswahl des Konzeptes hängt stark von den Anforderungen der Zielanwendung ab. Diese Veröffentlichung gibt einen Überblick über die verschiedenen Einspritz- und Verbrennungs-Strategien mit Ammoniak. Die Kraftstoffeigenschaften von Ammoniak werden mit denen anderer Treibhausgas-neutraler Kraftstoffe verglichen. Der Fokus der Veröffentlichung liegt auf den aktuellen Entwicklungsaktivitäten bei Woodward hinsichtlich Einspritzsystemen und Regelungs-Strategien sowohl für homogene (Otto-Prozess) als auch für inhomogene (Diesel-Prozess) Verbrennungsmotor-Konzepte.

WWD hat in den vergangenen Jahren eine HPDF-Injektor-Familie entwickelt. Das etablierte 3-1 Nadel-Design wird zur Ammoniak-Einspritzung genutzt. Zusätzlich wird die Familie durch ein 1-1 Nadel-Konzept ergänzt, das ein robusteres und wirtschaftlicheres Injektor-Design ermöglicht. Trotz der erhöhten Komplexität des Einspritzsystems, ist HPDF die bevorzugte Lösung für Motoren, die höchste Effizienz und Leistungsdichten anstreben. Mit seiner 100 % Diesel-Fähigkeit bietet das System eine inherente Redundanz. Im Gegensatz zur Hochdruck Einspritzung ermöglichen für den Ammoniak-Betrieb angepasste SOGAV Ventile die Einspritzung von gasförmigem Ammoniak mit verhältnismäßig geringen Drücken in die Ansaugluft des Motors. Diese Ventile werden direkt-elektrisch betätigt. Da sie außerhalb des Zylinderkopfs angeordnet werden, sind sie ideal dafür geeignet, bestehende Motoren nachzurüsten. Die Veröffentlichung gibt Einblick in die Erfahrungen, die WWD mit der Einspritzung und Verbrennung von Ammoniak gesammelt hat. Außerdem werden Versuchsergebnisse mit einem RCCI (Reaktivität controlled compression ignition) Verfahren präsentiert. Dabei wird die Ammoniak-Verbrennungsrate durch eine zusätzliche Diesel-Pilot-Einspritzung erhöht. Da die Piloteinspritzung früh im Verdichtungsstakt eingespritzt wird, vermischt es sich homogen mit dem Ammoniak-Luft Gemisch und ermöglicht eine Selbstzündung. Die „Real Time Combustion Diagnostics Control (RT-CDC)“ der WWD Motorsteuerung LECM ist ein Schlüssel für dieses Brennverfahren.

The use of Ammonia as a fuel in internal combustion engines is related to numerous challenges but has a high potential towards the reduction of greenhouse gas emissions. The fuel properties of Ammonia allow a wide range of feasible combustion concepts from spark ignited Otto-cycle concepts with port fuel injection PFI or direct injection to Diesel-like high pressure Dual Fuel concepts. The best choice is strongly depending on the target application.

This publication will give an overview of the different strategies of the injection and combustion of ammonia. Its chemical and physical properties will be compared with other carbon neutral fuels. The publication focuses on the current development activities at Woodward regarding injection systems and control strategies for both, homogeneous (Otto like) and inhomogeneous (Diesel like) combustion engines.

WWD has developed a whole family of high pressure dual fuel injectors in the recent years. The well established 3-1 needle design is used for the injection of ammonia. In addition, it will be complemented by a 1-1 nozzle design that allows a more robust and economical injector design. Despite the slightly higher complexity of the injection system, HPDF is the preferred solution for engines that aim for very high efficiencies and power densities. With its 100 % Diesel capability it offers inherent redundancy.

In contrast to the high pressure injection, ammonia hardened SOGAV valves allow the injection of the gaseous ammonia at comparatively low rail pressures into the air intake. These valves have a direct electric actuation. Since they are placed outside the cylinder head, they are an ideal solution for the retrofitting of engines.

The publication gives an insight into the experiences WWD has gathered with the injection and combustion of ammonia. In addition, some results are presented that show the combustion of ammonia in a Reactivity Controlled Compression Ignition (RCCI) concept. Here, the burn rates of ammonia are increased by an additional injection of a diesel pilot. Because the pilot is injected early in the compression phase, it is able to mix with the air and ammonia and allows an auto-ignition of the fuel. The Real Time Combustion Diagnostics Control (RT-CDC) functionality of the LECM is a key feature for this combustion process.

* Speaker / Referent

Lined area for notes.

Entwicklung eines HPDF-Ammoniak-Brennverfahrens für schnelllaufende Schiffsmotoren
Development of a HPDF ammonia combustion process for high-speed marine engines

Phillip Thorau*; Karsten Stenzel; Tim Tolubajew; Dr.-Ing. Christian Reiser;
WTZ RoBlau gGmbH
Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz;
Universität Rostock

Im weltweiten Energie- und Transportsektor ist es für die Erreichung der Klimaziele zwingend notwendig auf CO₂-neutrale Kraftstoffe umzustellen. Die besonders im Schiffsverkehr erforderlichen hohen Energiedichten lassen Ammoniak als zukünftiger Kraftstoff in den Fokus rücken. Um diesen Brennstoff in Verbrennungsmotoren einsetzen zu können, besteht hoher Entwicklungsbedarf, um Emissionen wie den Ammoniakschlupf oder das umweltschädliche Treibhausgas Lachgas zu reduzieren, sowie mithilfe des entwickelten Brennverfahrens einen vollumfänglichen Motorbetrieb im gesamten Leistungskollektiv darzustellen.

In diesem Beitrag werden grundlegende Einflussparameter auf das HPDF-Ammoniakbrennverfahren beleuchtet und die Auswirkung auf die Motorperformance und Emissionsbildung im motorischen Betrieb analysiert. Die Brennverfahrensuntersuchungen finden dabei an einem schnelllaufenden Einzylinderforschungsmotor mit einer Nenndrehzahl von 1800 min⁻¹ und einem Verdichtungsverhältnis von 19,1 : 1 statt. Für die direkte Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum kommt ein Hochdruck-Injektor zum Einsatz, mit dem Ammoniakdrücke bis 500 bar und Dieseleinspritzdrücke bis 1000 bar im Dual-Fuel-Betrieb möglich sind. Im Nachfolgenden werden motorische Größen wie die Drehzahl, Last und das Luftverhältnis untersucht und der Einfluss auf das Brennverfahren bewertet. Weiterhin finden umfangreiche Variationen der Einspritzparameter für Ammoniak und Diesel mit Blick auf die Einspritzzeitpunkte, Einspritzmengen und Mehrfacheinspritzungen statt.

In the global energy and transport sector, it is essential to switch to CO₂-neutral fuels in order to achieve the climate targets. The high energy densities required, especially in shipping, mean that ammonia is coming into focus as a future fuel. In order to be able to use this fuel in combustion engines, there is a great need for development in order to reduce emissions such as ammonia slip or the environmentally harmful greenhouse gas nitrous oxide, as well as to represent a fully comprehensive engine operation in the entire power spectrum with the aid of the developed combustion process.

In this paper, fundamental influencing parameters on the HPDF ammonia combustion process are highlighted and the effect on engine performance and emission formation in engine operation is analysed. The combustion process investigations are carried out on a high-speed single-cylinder research engine with a nominal speed of 1800 min⁻¹ and a compression ratio of 19.1 : 1. A high-pressure injector is used for direct fuel injection into the combustion chamber, with which ammonia injection pressures of up to 500 bar and diesel injection pressures of up to 1000 bar are possible in dual-fuel operation. In the following, engine parameters such as speed, load and air ratio are investigated and the influence on the combustion process is evaluated. Furthermore, extensive variations of the injection parameters for ammonia and diesel with regard to the injection times, injection quantities and multiple injections take place.

We invite you to the
Evening Event
Conference Dinner on
Wednesday May 10th, 2023 - 07:00 pm

The conference fee includes attendance at the evening event of the congress.



Technikmuseum „Hugo Junkers“

Kühnauer Str. 161a, 06846 Dessau-Roßlau

Photo © Support association Technik Museum „Hugo Junkers“ Dessau e.V.

Wasserstoffmotorkonzepte und deren Potentiale ***Hydrogen engine concepts and their potentials***

Dr. Peter Grabner; Prof. Helmut Eichlseder;*
Technische Universität Graz, ITNA

Im Beitrag werden unterschiedliche Wasserstoff-Verbrennungsmotorkonzepte dargestellt und die wesentlichen Vor- und Nachteile erläutert. Mögliche Konzeptvariationen betreffen zum Beispiel den Einblaseort (äußere bzw. innere Gemischbildung), die Gemischzusammensetzung im Brennraum (homogen, geschichtet) und die Entzündung des Kraftstoff-Luftgemisches (Zündkerze, Glühkerze, Kompressions- oder Zündstrahlzündung). Aber auch Themen wie Aufladung und Abgasrückführung spielen eine wichtige Rolle.

Die Umsetzung der verschiedenen Verbrennungskonzepte erfordert sehr unterschiedliche Einblasedruckniveaus, die wiederum die nutzbare Energie aus dem Wasserstoffspeicher erheblich beeinflussen, aus dieser Sicht als so gering als möglich sein sollen. Die Erzielung hoher Wirkungsgrade und geringer Rohemissionen sowie die Vermeidung von Verbrennungsanomalien führen meist zu einer recht mageren Motorbetriebsauslegung. Dieser Umstand stellt jedoch im realen, transienten Betrieb hohe Anforderungen an das Aufladesystem. Eine Elektrifizierung des Antriebs (eBooster, Hybridisierung) kann dieses Problem wesentlich entschärfen. Weitere Herausforderungen bei der Wasserstoffmotorentwicklung betreffen das Gemischbildungssystem, das Zündsystem, die Kurbelgehäuseentlüftung sowie die Wahl der richtigen Werkstoffe (z. B. im Hinblick auf Wasserstoffversprödung und Korrosion). Ein Großteil dieser Fragestellungen wurde in den vergangenen Jahren am IVT in zahlreichen Projekten untersucht. Der Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand dieser Untersuchungen und mögliche zukünftige Entwicklungsschwerpunkte.

The article presents different hydrogen combustion engine concepts and explains the main advantages and disadvantages. Possible concept variations concern, for example, the injection location (external or internal mixture formation), the mixture composition in the combustion chamber (homogeneous, stratified) and the ignition of the fuel-air mixture (spark plug, glow plug, compression or pilot ignition). But topics such as turbocharging and exhaust gas recirculation also play an important role.

The implementation of the various combustion concepts requires very different injection pressure levels, which in turn have a considerable influence on the usable energy from the hydrogen storage, and from this point of view should be as low as possible. Achieving high efficiencies and low raw emissions, as well as avoiding combustion anomalies, usually leads to a rather lean engine operation design. However, this circumstance places high demands on the turbocharging system in real, transient operation. Electrification of the drive system (eBooster, hybridization) can significantly mitigate this problem. Other challenges in hydrogen engine development relate to the mixture formation system, the ignition system, crankcase ventilation and the choice of the right materials (e. g. with regard to hydrogen embrittlement and corrosion).

A large part of these issues has been investigated in numerous projects at the IVT in recent years. The article gives an overview of the current status of these investigations and possible future development focuses.

Wasserstoff-Verbrennungsmotor - Emissionsfreie Technologie für nachhaltige Mobilität
Hydrogen Internal Combustion engine - Zero-Impact Emission Technology for Sustainable Mobility

Johannes Ullrich*; Anton Wächter; Bernd Friedrichs; Stefan Hoffmann;
Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH;
Dr.-Ing. Yohan Chi;
Hyundai Motor Company

More stringent Greenhouse Gas regulations are being enforced or proposed to address global warming and climatic catastrophe caused by rising atmospheric CO₂. European Commission has proposed, as a part of 'European Green Deal', to reduce fleet averaged CO₂ emission from new passenger cars registered in 2030 by 55 % (formerly 37.5 %) from that of 2021.

Key strategy of most automakers is to increase share and degree of electrification with Battery and Fuel Cell Electric Vehicle as ultimate solutions. Nonetheless, Internal Combustion Engine (ICE) based technology using low and neutral CO₂ energy carriers should be considered for robust compliance of regulations.

Hydrogen (H₂) is an attractive energy carrier for ICE due to its unique properties. It can contribute to realize CO₂ neutral mobility because it is carbon free. Far wider flammability limit and higher burning velocity than conventional gasoline fuel are main enablers for high efficiency and low emission through lean combustion. Moderate effort for conversion to H₂ ICE will provide a possibility to strengthen Zero CO₂ vehicle portfolio using current ICE line-up and production facility. Synergic effect with FCEV by sharing H₂ dedicated parts and charging infrastructure is another benefit.

In this research, series production 4 cylinder 1.6 l T-GDI engine is converted to H₂ ICE by introducing dedicated parts, such as injectors, rail and boosting system. H₂ jet visualization and CFD simulation are performed to optimize injector configuration, secure air mass flow and mixture homogeneity crucial for enhanced efficiency and reduced NO_x emission. Therefore the holistic layout and the matching of the hydrogen injector - not only for position but also for proper functionality and gas metering as well as securing its durability is one of the main future challenges.

However, since it is developed as dedicated engine for hybrid electric vehicle (HEV), combustion system and calibration optimization are focused on medium load between BMEP 9 to 13 bar and below 3000 rpm where engine operation is concentrated.

Along with Zero CO₂, only detectable level of HC, CO, PM emission, significant potentials in efficiency and NO_x emission at hybrid main area are validated. Comparable specific torque and power with base T-GDI engine indicates that H₂ ICE can be a promising complementary technology to BEV and FCEV during the transition phase to full electrification.

**Analyse der Wasserstoffverbrennung eines Nutzfahrzeugmotors
mittels 1D-Simulation und darauf aufbauende CFD-Simulation**
**Analysis of the hydrogen combustion for a commercial
vehicle engine by means of 1D and CFD simulation**

Aristidis Dafis; Dmitrij Wintergoller*; Prof. Dr.-Ing. Hermann Rottengruber;
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*

Um die Einhaltung der Emissionsziele zu gewährleisten, kommt alternativen Kraftstoffen eine immer wichtigere Rolle bei der Reduzierung von Abgasemissionen zu. Eine Möglichkeit, die Emissionen schnell, nachhaltig und kostengünstig zu minimieren, stellt ein moderner Verbrennungsmotor dar, welcher mit Wasserstoff (H₂) betrieben werden kann. Im Rahmen der Energiewende, sind CO₂-neutrale Lösungen für alle Sektoren, aber vor allem für den Mobilitätssektor von enormer Wichtigkeit. Wasserstoff, als kohlenstofffreier Kraftstoff, ist dabei eine sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Kraftstoffen. Dementsprechend liegt Wasserstoff als Energieträger schon seit geraumer Zeit im Fokus der Wissenschaft und Forschung. Die Entwicklung von Wasserstoff-Verbrennungsmotoren ist jedoch in vielerlei Hinsicht noch in der Konzeptionsphase.

Grundlage für diese Konzeptstudie ist ein direkteinblasender, von Diesel auf Wasserstoffbetrieb umgerüsteter Verbrennungsmotor eines Nutzfahrzeugs. Dieser wird anhand von Prüfstandsdaten an einem 1D-Simulationsmodell validiert. Zur Validierung wird ein prädiktives Verbrennungsmodell verwendet. Einer der Hauptvorteile eines solchen prädiktiven Verbrennungsmodells ist die Möglichkeit der Analyse von Betriebspunkten, die nicht Bestandteil der zur Verfügung stehenden Messreihe sind.

Aufbauend auf die 1D-Simulation, wird im weiteren Schritt die Wasserstoffverbrennung in einer 3D CFD-Simulation mittels AVL FIRE® durchgeführt. Hierbei diente eine Kombination aus Prüfstandsdaten und 1D-Simulationsergebnissen als Randbedingungen, um das Modell zu parametrieren. Ziel dieser Studie ist es, die Gemischbildung, die Temperaturverteilung und die Emissionsbildung zu modellieren und zu analysieren.

Vorgelegt sollen die Ergebnisse dieser Konzeptstudie. Erste Erkenntnisse und Schlüsse werden aufgezeigt und Problematiken und Hindernisse diskutiert. Diese Studie soll eine sehr gute Grundlage für weiterführende Projekte bilden.

To ensure compliance with emission targets, alternative fuels are playing an increasingly important role in reducing exhaust emissions. One way to minimize emissions quickly, sustainably and cost-effectively is to use a modern combustion engine that can run on hydrogen (H₂). In the context of the energy transition, CO₂-neutral solutions are of enormous importance for all sectors, but especially for the mobility sector. Hydrogen, as a carbon-free fuel, is a sensible alternative to conventional fuels. Accordingly, hydrogen as an energy carrier has been the focus of science and research for quite some time. However, the development of hydrogen combustion engines is in many respects still in the conceptual phase.

The basis for this concept study is a direct-injection combustion engine of a commercial vehicle converted from diesel to hydrogen operation. This is validated using test bench data on a 1D simulation model. A predictive combustion model is used for validation. One of the main advantages of such a predictive combustion model is the possibility of analyzing operating points that are not part of the available measurement series.

Building on the 1D simulation, the next step is to perform hydrogen combustion in a 3D CFD simulation using AVL FIRE®. Here, a combination of test bench data and 1D simulation results served as boundary conditions to parameterize the model. The aim of this study is to model and analyze mixture formation, temperature distribution and emission formation.

The results of this conceptual study will be presented. First findings and conclusions will be shown and problems and obstacles will be discussed. This study should form a very good basis for further projects.

Der Einsatz von maschinellem Lernen bei der Entwicklung der Kraftstoff-Direkteinspritzung: von Benzin- zu H₂-Anwendungen
Machine learning algorithms applied to fuel direct injection development: from gasoline to H₂ engines

Dr. Robin Hellmann; Massimiliano Botticelli; Dr. Paul Jochmann; Dr. Fabian Köppler, Ruben Schlüter; Robert Bosch GmbH*

Obtaining an optimal combustion with low emissions and high efficiency requires an optimal fuel mixing in gasoline and H₂ engines. The mixture formation is mainly determined by the inner nozzle injector flow in conjunction with the charge motion of the engine. New emission regulations, goal of CO₂ neutrality, the demand for high power output and specific customer requirements lead to a continuous development task.

The complex interaction of a direct injection, the corresponding spray pattern (gasoline) or the gas jets (H₂) and charge motion represents a high-dimensional parameter space. Due to multidimensional dependencies with a strong non-linear character, modern methods for analyzing flow and combustion phenomena are required.

The present paper highlights the exploitation of computational fluid dynamics (3D-CFD) data from a high number of nozzle flow as well as of internal combustion engine simulations. For this purpose, a semi-automated in-house machine-learning framework is applied to analyze the very large data sets.

First, the origin of the investigated data is described and the parameter structure is analyzed. Applying advanced and innovative data-preprocessing steps enable the creation of general and reliable surrogate models. By use of these models interdependencies between injector geometry, spray characteristics and engine simulation results are identified. Finally, the established surrogate models prove their capabilities by fast prediction of flow parameters with high accuracy.

Lined area for notes.

* Speaker / Referent

Entwicklung und Charakterisierung eines Niederdruck-Methanol-Injektors für ein Saugrohr-Einspritzsystem
Development and characterization of a low pressure methanol injector for port fuel injection system

Dr. Arianna Sorrentino*; Simon Serrer;
Heinzmann GmbH;
Mario Kornprobst; Enrico Frigati;
DERC GmbH

In der breiten Palette verfügbarer alternativer Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren hat sich Methanol in kurzer Zeit als wirtschaftlicher alternativer Kraftstoff erwiesen, der in der Lage ist, die Schadstoff-emissionen zu verringern, da er bei niedrigen Temperaturen verbrennt und aufgrund seiner hohen Verfügbarkeit in den meisten Häfen als flüssiger Kraftstoff bei Umgebungsbedingungen relativ einfach zu handhaben ist.

Während die meisten Diesel-Infrastrukturen leicht an die Verwendung von Methanol als Kraftstoff angepasst werden können, müssen das Einspritzsystem und der Motor selbst neu konstruiert werden, um eine gute Leistung im Methanolbetrieb zu gewährleisten. Die Verbrennungsleistung wird stark von der Qualität des in den Brennraum eintretenden Luft-Kraftstoff-Gemischs beeinflusst, wobei die Eigenschaften des Kraftstoffsprays und insbesondere die Tröpfchengröße eine entscheidende Rolle spielen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Untersuchung der Sprühcharakteristik eines Saugrohr-Kraftstoffeinspritzventils, das mit einem niedrigen Versorgungsdruck von maximal 20 bar arbeitet, und der erforderlichen konstruktiven Änderung des Bauteils, um die vorgegebenen Anforderungen zu erfüllen. Untersucht werden die Auswirkungen verschiedener Düsengeometrien auf die Sprüheigenschaften wie Eindringtiefe, Sprühwinkel und Tröpfchengröße. Die Bewertung der Konstruktions- und Betriebsparametervarianten erfolgte anhand von Sprühbildern, die mit einer optischen Kammer mit einem konstanten Volumen gemessen wurden. Für die experimentellen Untersuchungen wurde der Prüfstand an die Anforderungen des Kraftstoffs Methanol angepasst und ein Sicherheitskonzept erstellt. Die Einstellparameter für die optischen Untersuchungen, z. B. die Beleuchtung, wurden für Methanol Sprays optimiert. Außerdem wurden die Bildverarbeitung und das Postprocessing angepasst.

In the wide portfolio of available alternative fuels for internal combustion engines, methanol proved to be in short time an economical alternative fuel able to reduce pollutant emission, as a non-sooting fuel burning at low temperature, and relatively easy to handle, due to its high availability in most ports today and its status of liquid fuel at ambient condition.

While most of the diesel infrastructures can be easily adapted to use Methanol as medium, the injection system, along with the engine itself, requires components re-design to be able to keep good performances during methanol operation.

Combustion performances are strongly influenced by the quality of the air fuel mix entering in the combustion chamber, where fuel spray characteristics and especially the droplets size have a crucial role.

Main focus of this paper is exploring the spray characteristics of a port fuel injector working with a low supply pressure, not exceeding 20 bar, and the required design modification applied to the component to achieve the specified requisites. It is under investigation the effect of different nozzles geometries on spray features such as penetration depth, spray angle and droplets size. The design and operating parameter variants were evaluated on the basis of spray images, which were measured with an optical constant volume chamber. For the experimental investigations, the spray test stand was modified for the requirements of the fuel methanol, and a safety concept was created. The setting parameters for the optical investigations, e. g. illumination, were optimised for methanol sprays. In addition, the image processing and post-processing were adapted.

Lined area for taking notes.

Methanol Brennverfahren für Heavy-Duty-Serienmotor mit angepasstem Liebherr-Serieneinspritzsystem
A Methanol combustion system for a heavy duty series standard engine with a modified Liebherr series standard injection system

Joseph Dembler*; Thomas Komischke;
IAV GmbH

Die aktuellen Trends in der Gesetzgebung erzwingen eine signifikante Reduktion der CO₂-Emissionen von Nutzfahrzeugen. In der EU z. B. ist eine Reduktion der Flottenemissionen von 15 % und 30 % als Ziel vorgeschrieben, die es jeweils bis 2025 und 2030 zu erreichen gilt. Der Einsatz von kohlenstoffneutralen Kraftstoffen eröffnet Möglichkeiten netto Nullemissionen hinsichtlich CO₂ zu erzielen, wird aktuell jedoch noch nicht von der Gesetzgebung berücksichtigt. Ein weiterer herausfordernder Aspekt zukünftiger Gesetzgebung ist die drastische Reduktion der NO_x Grenzwerte, wie aktuell für die USA und EU diskutiert. Diese Anforderungen verhalfen Kraftstoffen zu höherer Attraktivität, die weniger CO₂ produzieren, auch bei einer Tank-To-Wheel-Betrachtung, und gleichzeitig NO_x und PM Rohemissionen senken. Methanol hat eine günstiges Heizwert-zu-Kohlenstoff-Verhältnis, verbrennt nahezu rußfrei (geringe Molekülgröße mit hohem Sauerstoffanteil), reduziert die NO_x-Entstehung (hohe Verdampfungsenthalpie und vergleichsweise geringe adiabate Flammentemperatur) und erfüllt diese Anforderungen.

Ein methanolbasierter Kraftstoff, der als Dieselerersatz gedacht ist, wurde an einem Heavy-Duty Dieselmotor für mobile Arbeitsmaschinen getestet. Die geringe Cetanzahl von Methanol macht es untauglich für Selbstzündungskonzepte. Der getestete Kraftstoff ist daher eine variable Mischung aus Methanol, Wasser und Dimethylether (DME). Er ist entworfen, um als Nachrüstlösung für Dieselmotoren mit kompressionsgezündeter, diffusiver und überstöchiometrischer Verbrennung zu funktionieren.

IAV wurde von Gane Energy, den Entwicklern des Kraftstoffs, damit beauftragt, einen HD-Dieselmotor auszuwählen, die Komponenten für die Umrüstung zu entwickeln, das System aufzubauen und die Eigenschaften des Kraftstoffs hinsichtlich Leistung und Emissionen zu bewerten. Um dies zu erreichen, wurde am Brennverfahren lediglich das Einspritzsystem modifiziert, um die geringere Energiedichte des Kraftstoffs zu kompensieren. Dazu wurden Injektoren mit deutlich erhöhtem Durchfluss verwendet. Das modifizierte Einspritzsystem wurde von Liebherr-Components Deggendorf GmbH zur Verfügung gestellt. Im zweiten Teil des Projekts wurde ein maßgeschneidertes Abgasnachbehandlungssystem getestet. Der Motor wurde für Gane Fuel appliziert mit dem Ziel, die Roh-NO_x-Emissionen unter 2 g/kWh zu halten und dabei den Wirkungsgrad zu optimieren. Die Roh- und Endrohremissionen wurden hinsichtlich einer großen Bandbreite von Schadstoffen bewertet, wie NO_x, HC, CO, PM, PN, HCHO, MeOH und den Treibhausgasen CO₂ sowie CH₄.

The newest legislative trends enforce a significant decrease in CO₂ emissions for commercial vehicles. For instance, in Europe a drop in fleet consumption of 15 % and 30 % is set as target by the regulation by 2025 and 2030, respectively. The use of carbon-neutral fuels offers possibilities regarding net-zero CO₂ emissions - although not yet considered by the rules. Another challenging aspect is the drastic tightening of NO_x emissions limits for future legislations, which is approved or being discussed both for the United States and the EU. These requirements make fuels attractive that produce less CO₂ even under tank-to-wheel considerations and reduce NO_x and PM raw emission at the same time. Methanol, having a favorable carbon-to-heating-value-ratio, burning virtually soot free (low molecule size with high share of oxygen), and reducing NO_x formation (high specific heat of evaporation and comparatively low adiabatic flame temperature) fits to these requirements.

A Methanol based fuel that is intended to replace Diesel fuel was tested on a non-road heavy-duty Diesel engine. The low cetane number of Methanol renders it inappropriate for compression ignition (CI) engine concepts. However, the tested fuel, Gane Fuel, is a variable blend of Methanol, Water, and Dimethyl ether (DME). It is designed as a possible retrofit for Diesel engines with CI diffusive lean combustion.

IAV was tasked by Gane Energy, the designers of the fuel, to choose a heavy-duty Diesel engine, develop and retrofit it with necessary components to run on Gane fuel, and assess the properties of the fuel regarding performance and emissions. To achieve that, the only modification to the combustion system of the engine was made to the injection system to compensate the lower energy density of the fuel. Injectors with significantly increased flow were used. The modified injection system was provided by Liebherr-Components Deggendorf GmbH. In a second project stage, a tailor made after treatment system was tested with Gane Fuel. The engine was calibrated to run on Gane Fuel while targeting a raw NO_x emission level of less than 2 g/kWh while optimizing its thermal efficiency. The raw and tailpipe emissions were assessed regarding a wide range of pollutants including NO_x, HC, CO, PM, PN, HCHO, MeOH and also the greenhouse gases CO₂ and CH₄.

* Speaker / Referent

NCC Nemo - Diesel Injektor Regelung mit künstlicher Intelligenz
- nochmals präziser unter realen Fahrbedingungen & fit für efuels
NCC Nemo - Diesel injector controlling using artificial intelligence
- even more precise under real driving conditions & efuel ready

Kilian Bucher; Dr.-Ing. Martin Fethke; Vincent Lecas; Daniel Heitz; Traugott Degler;*
Robert Bosch GmbH

Stand der Technik:

Für die EU6-Dieselmotor-Generation hat Bosch das „NCC - Needle Closing Control“ genannte Diesel-Injektor Regelsystem entwickelt, welches auf der Common-Rail-Technologie basiert und mithilfe eines Piezosensors im Injektor sowie einer neuen Software-Architektur die Regelung der Einspritzdauer in einem geschlossenen Regelkreis ermöglicht. Das NCC-System erfordert jedoch zusätzlich eine präzise Erfassung des Düsenverkokungsgrads als Führungsgröße für die Einspritzdauerregelung. Das aktuell in die Software implementierte Verkokungsmodell interpretiert die gemessene Änderung der Düsennadeldynamik über die Lebensdauer als Änderung der Verkokung. Die Herausforderung ist, dass die grundsätzlich gute Korrelation zwischen Nadeldynamik und Verkokung durch Störeffekte wie beispielsweise Kraftstoffeigenschaften beeinflusst wird.

Innovation:

Um für die EU7-Dieselmotoren-Generation insbesondere die Genauigkeit der Verkokungserkennung deutlich zu erhöhen, entwickelt Bosch das NCC System grundlegend weiter. In der neuen, „NCC-Nemo“ genannten Generation, werden erstmals neuronale Netze, also künstliche Intelligenz, in ein Bosch Motorsteuergerät implementiert. Davon leitet sich auch der Name „Nemo“ = „Neural Network Models“ ab.

Die zentrale Funktion der NCC-Nemo Generation ist die neue und innovative Verkokungserkennungs- und Kompensationsfunktion, namens „CCN“ = „Coking Compensation“ by Neural Network. Das Funktionsprinzip beruht auf der Kopplung von verschiedenen, voneinander unabhängigen verkokungssensitiven Parametern in einem neuronalen Netzwerk. Entscheidend ist die Unabhängigkeit mindestens eines Parameters von der Nadeldynamik, im Gegensatz zur klassischen NCC-Funktion. Statistische Simulationen und erste Messungen zeigen die hohe Wirksamkeit des Konzepts.

Weiterhin wird eine neue, ebenfalls auf einem neuronalen Netz basierende Funktion namens „FCD“ = „Fuel Compressibility Detection“ zur Erkennung von wichtigen Kraftstoffeigenschaften implementiert. Diese Kraftstoffinformationen werden anderen Teilfunktionen wie der CCN zur Verfügung gestellt. Dadurch wird die NCC Nemo Generation robust gegen den Einfluss von unterschiedlichen Kraftstoffen, wie z.B. Efuel.

Where we come from:

For the EU6 diesel engine generation Bosch has already developed the “NCC - Needle Closing Control” called diesel injector control system, which is based on common rail technology and enables the injection duration to be controlled in a closed loop with the help of a piezo sensor in the injector as well as a new software architecture.

However the NCC system needs a precise detection of the nozzle coking level as command variable for injection duration controlling. The coking model which is now implemented in the software interprets the measured change of the nozzle needle dynamic over lifetime as a change in coking level. The challenge is that the basically good correlation between nozzle needle dynamic and coking level is influenced by disruptive effects like fuel properties.

Innovation:

In order to significantly increase in particular the accuracy of coking detection for the EU7 diesel engine generation, Bosch is developing the NCC system fundamentally to the next level. In the new generation called “NCC Nemo”, neural networks, i.e. artificial intelligence, are being implemented in a Bosch engine control unit for the first time. The name “Nemo” = “Neural Network Models” is also derived from this.

The central function of the NCC Nemo generation is the new and innovative coking detection and compensation function, called „CCN“ = „Coking Compensation by neural network“.

The function principle is the coupling of different and independent coking sensitive parameters in a neural network. Significant is the independency of at least one parameter from needle dynamic unlike the classical NCC function. The main input parameters in the neural network are classical NCC parameters like needle closing time, furthermore railpressure decrease during injection and

Lined area for taking notes.

further scalar parameters of the NCC-signal like amplitudes. Statistic simulations and first measurements show the effectiveness of this approach.

Furthermore, a new function called “FCD” = “Fuel Compressibility Detection”, which also is based on a neural network, is implemented to identify important fuel properties as input in other Nemo sub-functions. That makes the NCC Nemo generation robust against the influence of different fuels, such as efuel.

* Speaker / Referent

Entwicklungsprozess der experimentellen und simulativen Charakterisierung von MD-/HD-DI-Gasinjektoren
Development process of the experimental and simulative characterization of MD/HD DI gas injectors

Sebastian Cepelak*; Jules-Christopher Dinwoodie;
Manuel Glauner; Niklas Gierenz; Prof. Dr.-Ing. Bert Buchholz;
Universität Rostock;
Erich Vogt,
DUAP AG;
Bernd Niethammer,
ITAZ GmbH

Hohes Potential für einen emissionsarmen Betrieb von mittelschnelllaufenden Schiffsmotoren bietet das Dual-Fuel-Brennverfahren, bei dem die Verbrennung eines Gemisches aus Luft und Brenngas durch eine Pilotmenge aus Diesekraftstoff initiiert wird. Der an der Universität Rostock verortete Einzylinder-Forschungsmotor 1/34DF bietet aktuell hervorragende Voraussetzungen das erwähnte Brennverfahren detailliert zu untersuchen. In bereits abgeschlossenen Projekten wurde dabei auf die Einbringung des Gases durch äußere Gemischbildung eingegangen. Zur Charakterisierung des dafür zuständigen Gasventils wurde ein mobiler Gasventilprüfstand entwickelt, der durch das Prinzip nach Zeuch die Analyse von Einbläseratenverläufen und daraus resultierenden eingebrachten Gasmassen pro Schuss ermöglicht. Der Prüfstand ist für einen Systemdruck bis 16 bar und Gasmengen bis zu 5g/ASP ausgelegt und wird mit Testgasen wie Luft, Stickstoff und Neon betrieben. Somit lassen sich Eigenschaften wie Mengenkennfelder, Schuss-zu-Schuss Abweichungen und Leckageraten bestimmen.

Ein entscheidender Ansatz zur Optimierung von Dual-Fuel-Motoren soll nun im laufenden Forschungsprojekt TEME2030+ untersucht werden: Die direkte Einbringung des Gases in den Brennraum bietet den Vorteil, dass von der Ventilüberschneidung verursachter Methanschluß nicht mehr in die Emissionsbilanz eingeht. Dabei soll sowohl die Mitteldruck- als auch die Hochdruck-Gaseindüsung analysiert werden. In beiden Fällen wird in Kooperation mit den Firmen DUAP AG & ITAZ GmbH ein eigens für die jeweilige Druckvariante angepasster Injektor entwickelt. Durch die resultierende Inhomogenität im Brennraum bei direkter Eindüsung des Brenngases, gewinnt die Charakterisierung des Injektors und der eingebrachten Gasmenge pro Zeit zusätzlich an Bedeutung für das systemische Verständnis des Brennverfahrens in einer Simulations- und Prüfstands Umgebung.

Das folgende Paper beschreibt durchzuführende Entwicklungsschritte, um erwähnte DI-Gasinjektoren detailliert zu charakterisieren. Aus experimenteller Sicht wird dazu der an der Universität Rostock bereits etablierte Gasventilprüfstand für die MD/HD-Anwendung modifiziert und erweitert. Neben den damit verbunden komplexeren Anforderungen an das System werden weitere Aspekte wie Regel- & Sicherheitstechnik, die Druckbereitstellung, die Integration des Injektors in den Prüfstand und die Messung mit Brenngas beleuchtet. Parallel dazu werden CFD-Simulationsmodelle entwickelt, die mithilfe entsprechender Ergebnisse des Prüfstandes die Einbringung und Gemischbildung des Brenngases darstellen, um optimale Eindüsestrategien für das MD/HD-Brennverfahren zu entwickeln.

The dual-fuel combustion process in which the combustion of a mixture of air and fuel gas is initiated by a pilot quantity of diesel fuel offers high potential for low-emission operation of medium-speed marine engines. The single-cylinder 1/34DF research engine located at the University of Rostock currently offers excellent conditions for investigating the aforementioned combustion process in detail. The injection of the gas by external mixture formation was the subject of investigation in previous projects. In order to characterize the gas valve responsible for this, a mobile gas valve test bench was developed, which, using the principle according to Zeuch, enables the analysis of injection rate curves and the resulting injected gas masses per shot. The test bench is designed for a system pressure of up to 16 bar and gas quantities of up to 5 g per working cycle and is operated with test gases such as air, nitrogen and neon. This allows properties such as volume maps, shot-to-shot deviations and leakage rates to be determined. A key approach to optimizing dual-fuel engines is now to be investigated in the ongoing TEME2030+ research project: direct injection of the gas into the combustion chamber offers the advantage that methane slip caused by valve overlap is no longer included in the emissions balance. Both medium-pressure and high-pressure gas injection will be analyzed. In both cases, a specially adapted injector for the respective pressure variant will be developed in cooperation with the companies DUAP AG & ITAZ GmbH. Due to the

Lined area for notes, currently blank.

resulting inhomogeneity in the combustion chamber when the fuel gas is injected directly, the characterization of the injector and the injected gas volume per time gains additional importance for the systemic understanding of the combustion process in a simulation and test bench environment.

The following paper describes the development steps to be performed in order to characterize the aforementioned DI gas injectors in detail. From an experimental point of view, the gas valve test bench already established at the University of Rostock will be modified and extended for the MD/HD application. In addition to the associated, more complex requirements for the system, other aspects such as control & safety technology, pressure supply, integration of the injector into the test bench and measurement with fuel gas will be highlighted. In parallel, CFD simulation models are being developed which, with the aid of corresponding results from the test bench, represent the injection and mixture formation of the fuel gas in order to develop optimum injection strategies for the MD/HD combustion process.

* Speaker / Referent

A series of horizontal lines for writing notes, covering most of the page area.

A series of horizontal lines for writing notes, covering most of the page area.

WTZ Roßlau
Mühlenreihe 2a
06862 Dessau-Roßlau
Germany
www.wtz.de

Evelyn Saack
E-mail: Saack@wtz.de
Phone: +49 34901 883-201

Brian Zieseniss
E-Mail: zieseniss@wtz.de
Phone: +49 34901 883-275

Technikmuseum „Hugo Junkers“, Dessau-Roßlau, Foto: Förderverein Technikmuseum „Hugo Junkers“ Dessau e.V.
Technik Museum „Hugo Junkers“, Dessau-Roßlau, Photo: Support association Technik Museum „Hugo Junkers“ Dessau e.V.

