



Jahresbericht  
Annual Report

**2013**

Oel-Waerme-Institut  
An-Institut der **RWTHAACHEN**

Themenschwerpunkt / Core subject

Reformierung und Brennstoffzellensysteme  
Reforming and fuel cell systems



Jahresbericht  
Annual Report

**2013**

Oel-Waerme-Institut

An-Institut der **RWTHAACHEN**



## Liebe Leserinnen und Leser,

Ressourcen schonen, das Klima und die Umwelt entlasten – das sind zentrale Ziele der Energiewende, die in einen Rahmen aus wirtschaftlicher und technischer Machbarkeit integriert werden müssen.

Die Grenzen der technischen Machbarkeit stets aufs Neue zu überwinden, ist eine der Aufgaben, die das OWI antreibt. Eine der Technologien, an denen die OWI-Ingenieure in den letzten Jahren intensiv geforscht und Projekte erfolgreich umgesetzt haben, ist die Entwicklung von Brennstoffzellensystemen, die durch die Reformierung flüssiger Energieträger wie Benzin, Diesel oder (Bio-) Methanol auch unabhängig von Energienetzen betrieben werden können. Einerseits sind sie dadurch stationär einsetzbar, etwa in Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerken für die lokale Strom- und Wärmeversorgung von Wohngebieten oder größeren Gewerbeimmobilien. Das derzeit laufende EU-Forschungsprojekt CISTEM zum Beispiel, an dem das OWI beteiligt ist, will zeigen, wie intelligente Energieversorgung funktionieren kann, indem aus überschüssigem Windstrom Wasserstoff für den Betrieb eines modular aufgebauten Brennstoffzellen-BHKW zur Nahwärmeversorgung erzeugt und bedarfsgerecht eingesetzt wird. Andererseits eröffnen sich durch die Brennstoffzellentechnologie unterschiedlichste (teil-) mobile Anwendungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel die motorunabhängige Bordstromversorgung von Trucks, Yachten, Reisemobilen und seegehenden Schiffen, oder aber die Wärmeversorgung von Blockhütten in Naturschutzgebieten.



(Foto: OWI)

Bei dieser Technologie ist der Systemgedanke zentral: OWI betrachtet nicht allein die Brennstoffzelle, sondern auch die dazugehörigen Komponenten von der Vormischtechnik über die Reformierung und Gasfeinreinigung bis hin zur Restgasreinigung und Nutzung der Abgaswärme. Zudem geht es darum zu zeigen, dass solche Systeme nicht nur technisch machbar, sondern auch wirtschaftlich konkurrenzfähig sind. Im Schwerpunktthema „Reformierung und Brennstoffzellensysteme“ auf den Seiten 8 bis 29 bieten wir Ihnen einen Überblick über die aktuellen Forschungsaktivitäten des OWI in diesem Technologiebereich.

Forschung und Entwicklung finden in der Regel nicht im wissenschaftlichen Elfenbeinturm statt. Das OWI muss als freie Forschungsgesellschaft ohne Grundfinanzierung ebenso wie andere GmbHs den Gesetzen und Regeln des Marktes konform agieren. Prof. Dr. Herbert Pfeifer, der wissenschaftliche Leiter des OWI, bewertet im Interview auf den Seiten 40 bis 45 rückblickend die Leistungen des OWI und gibt einen Ausblick auf die Weichenstellungen für die weitere Unternehmensentwicklung.

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Klaus Lucka



## Dear Readers,

To save resources, to reduce climatic and environmental impact – these are the central objectives of Germany's Energiewende (energy transition) that must be integrated in a framework of economic and technical feasibility.

To overcome the limits of technical feasibility presents one of the objectives of OWI. In the past years OWI researched several technologies and implemented various projects successfully. One of these technologies are fuel cell systems that can be operated independently from the power grid by means of reforming liquid fuels, such as petrol, diesel or (bio-) methanol. On the one hand the systems can be used stationary, e.g. in fuel cell combined heat and power units for local power and heat supply of housing estates or greater commercial properties. The current EU research project CISTEM is supposed to show, how intelligent energy supply can be implemented, namely by generating and appropriately using hydrogen from superfluous wind power for the operation of a modular fuel cell CHP unit for district heating. On the other hand new, partially mobile, application possibilities are opened up by the fuel cell technology, such as the engine independent on-board power supply of trucks, yachts, mobile homes and seagoing vessels or the heat supply of log cabins in nature reserves.

With a view to this technology the system concept is central: OWI does not only investigate the fuel cell, but also the respective components of premixing technology, reforming and gas cleaning up to residual gas cleaning and use of remaining heat in exhaust gas.

Additionally it must be shown that such systems are not only technically feasible, but also can be economically competitive. On pages 8 to 29 we offer an overview about the current research activities of OWI in the field of "Reforming and Fuel Cell Systems".

As a free research association without basic funding OWI must act according to the laws and rules of the market, just like other Ltd's. Prof. Dr. Herbert Pfeifer, scientific head of OWI, evaluates on the pages 40 to 45 the accomplishments of OWI in retrospect and gives an outlook on the setting of the agenda for the further corporate development.

I wish you an interesting and informative read,

Yours Klaus Lucka



# Inhaltsverzeichnis Table of contents

<a href="#">Vorwort / Foreword</a>	4	Druckbrennkammer in Betrieb genommen <i>High pressure combustion chamber put into operation</i>	36
<a href="#">Inhaltsverzeichnis / Table of contents</a>	6	Konstruktionshilfe für den Heizungs- und Industrieofenbau <i>Supporting the manufacturer of heating systems and industrial furnaces</i>	38
<a href="#">Schwerpunktthema / Core subject</a>		Wenn die Heizung zu laut ist <i>Boiler noise</i>	39
Kraftpakete für die Energieversorgung – Brennstoffzellensysteme auf Basis flüssiger Energieträger <i>Power packages for energy supply – Fuel cell systems based on liquid energy carriers</i>	8	<a href="#">OWI im Dialog / In dialogue with OWI</a>	
Strom aus Brennstoffzellen für parkende Lkw – Umweltschonende Energie unabhängig vom Motor <i>Fuel cells provide electrical power for parking trucks – Environmentally friendly energy independent from engines</i>	16	Prof. Dr. Herbert Pfeifer – „Auch Forschungsinstitute müssen unternehmerisch denken und handeln“ <i>Prof. Dr. Herbert Pfeifer – “Research institutes must think and act entrepreneurial”</i>	40
Modulare Technik für intelligente Energieversorgung – 100 kW-BHKW auf Basis von Brennstoffzellen <i>Modular technology for intelligent energy supply – 100 kW CHP based on fuel cells</i>	20	Vorträge und Veröffentlichungen <i>Presentations and publications</i>	46
Umweltschonende Energie für die „Insel“ – Entwicklung eines portablen Reformers-Brennstoffzellen-Systems <i>Environmentally friendly energy for the “island” – Development of a portable reformer fuel cell system</i>	24	<a href="#">Wissenschaft am OWI / Academic study at OWI</a>	
Interview: Dr. Klaus Beetz, Eberspächer Group „Wir betrachten die Brennstoffzellen-APU als Teil eines künftigen Energie-Management-Systems.“ <i>“We see the fuel cell APU as one part of a future energy management system.”</i>	26	Diplom-, Master-, Bachelor- und Studienarbeiten <i>Diploma, masters and bachelor theses and assignments</i>	52
<a href="#">Projekte aus Forschung &amp; Entwicklung / Research &amp; Development Projects</a>		<a href="#">OWI intern / OWI internal</a>	
Mit Pflanzenöl heizen <i>Heating with vegetable oil</i>	30	OWI und Hochschule Hamm-Lippstadt kooperieren <i>OWI and the University of Hamm-Lippstadt cooperate</i>	58
Bessere Luft am Bau dank neuem Partikelfilter <i>Better air on the construction site as a result of a new particle filter</i>	31	Zusammenarbeit mit indischen Hochschulen läuft an <i>Cooperation with Indian universities begins</i>	60
Mikrobiologische Wechselwirkungen im Brennstoff <i>Microbiological interdependencies in bio fuel</i>	32	OWI als An-Institut der RWTH Aachen bestätigt <i>OWI acknowledged as an Affiliated Institute of RWTH Aachen University</i>	62
Könnte hydriertes Pflanzenöl künftig das Brennstoffangebot ergänzen? <i>Could hydrogenated vegetable oil complement fuels in the domestic heating market?</i>	34	Knorzeltreffen 2013 – 20. Jubiläum in Freiberg <i>Knorzeltreffen 2013 – 20th anniversary in Freiberg</i>	63
„Anti-Ageing“ für Heizöl <i>“Anti-Ageing“ for heating oil</i>	35	Karrierechancen für Studierende und Nachwuchswissenschaftler <i>Career opportunities for students and junior scientists</i>	64
		Grenztourismus – Betriebsausflug 2013 <i>Near-border tourism – Firm´s outing 2013</i>	66



# Impressum

© 2014 OWI – Oel-Waerme-Institut GmbH, An-Institut der RWTH Aachen

**Firmensitz:**  
OWI Oel-Waerme-Institut GmbH  
Kaiserstraße 100  
D-52134 Herzogenrath

**Geschäftsführer:** Dr.-Ing. Klaus Lucka

**Tel:** 02407 / 9518 - 100  
**Fax:** 02407 / 9518 - 118

**E-mail:** info@owi-aachen.de

**URL:** http://www.owi-aachen.de

**V.i.S.d.P.:** Michael Ehring

**Satz & Layout:**  
Medienpool Aachen  
http://www.medienpool-aachen.de

**Titelfoto:**



Blick auf die neue Druckbrennkammer am OWI, die im Herbst 2013 aufgebaut und in Betrieb genommen wurde. Der Versuchsaufbau ermöglicht die exakte Untersuchung von Verbrennungsvorgängen unter erhöhtem Druck bis 5 bar. Fotografie: Kai Funck, der auch die Fotos auf den Seiten 2, 40, 42, 44, 62 und 64 im Auftrag des OWI gemacht hat.

Irrtümer und Änderungen vorbehalten.



# Legal notice

© 2014 OWI – Oel-Waerme-Institut GmbH, Affiliated Institute to RWTH Aachen University

**Registered office:**  
OWI Oel-Waerme-Institut GmbH  
Kaiserstraße 100  
D-52134 Herzogenrath  
Germany

**Managing Director:** Dr.-Ing. Klaus Lucka

**Tel:** + 49 (0) 2407 / 9518 - 100  
**Fax:** + 49 (0) 2407 / 9518 - 118

**e-mail:** info@owi-aachen.de

**URL:** http://www.owi-aachen.de

**Editor:** Michael Ehring

**Setting & Layout:**  
Medienpool Aachen  
http://www.medienpool-aachen.de

**Cover photo:**

A view of OWI´s new pressure combustion chamber that was put into operation in autumn 2013. The experimental set-up enables the exact investigation of combustion processes under increased pressure of up to 5 bar. Photo: Kai Funck, who also shot the images on the pages 2, 40, 42, 44, 62 and 64 on behalf of OWI.

Errors and omissions excepted.



## Kraftpakete für die Energieversorgung / Power packages for energy supply

Brennstoffzellensysteme auf Basis flüssiger Energieträger /  
Fuel cell systems based on liquid energy carriers

Dampfreformer für die Reformierung von Diesel am OWI-Prüfstand. /  
Steam reformer for diesel reforming at an OWI-test bench. (Photo: OWI)



Brennstoffzellen sind eine vielversprechende Option für die künftige Energieversorgung, an der intensiv geforscht wird. Sie können zum Beispiel Strom für Laptops liefern, Bordstrom für Lkws, Fracht- und Passagierschiffe, Yachten und Reisemobile. Alternativ können sie auch Strom und Wärme durch Kraft-Wärme-Kopplung in Blockheizkraftwerken für Ein-/Zweifamilienhäuser oder Siedlungen bereitstellen. Da es bisher nur wenige Beispiele für marktfähige Produkte gibt, forscht und entwickelt das OWI in mehreren Projekten gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft an Brennstoffzellen-Gesamtsystemen in unterschiedlichen Leistungsklassen.

Einsatzbereiche für Brennstoffzellensysteme befinden sich überall dort, wo eine effiziente Strom- und Wärmeerzeugung mit geringen Lärm- und Schadstoff-Emissionen erwünscht oder erforderlich ist. Da es viele Anwendungsmöglichkeiten gibt, für die eine Versorgungsstruktur mit leitungsgebundenen Energieträgern wie Erdgas oder elektrischem Strom nicht existiert oder realisierbar ist, ist die Nutzung eines transportablen Energieträgers sinnvoll. Der zum Betrieb von Brennstoffzellen benötigte Wasserstoff kann aus flüssigen, einfach transportablen Brenn- und Kraftstoffen wie Diesel, Benzin oder Methanol durch Reformierungsverfahren hergestellt werden. So können Brennstoffzellensysteme zur Bordstromerzeugung im Freizeitbereich etwa auf Yachten oder in Reisemobilen und Wohnwagen eingesetzt werden. Während der Rast- und Liegezeiten sind damit die erheblichen Geräusch- und Schadstoffemissionen verbrennungsmotorischer Stromgeneratoren vermeidbar. Gleiches gilt für Lastkraftwagen auf Rastplätzen und seegehenden Schiffen in Häfen sowie in küstennahen Gewässern. Technische Entwicklungen in diesen Bereichen werden aber nicht nur durch steigende Komfortbedürfnisse der Nutzer in Freizeit und Beruf vorangetrieben. Auch gesetzliche Regulierungen von Geräusch- und Schadstoffemissionen, wie die sogenannten „anti-idling-laws“ in den USA und die Vorschriften der International Maritime Organisation (IMO) für Küstenregionen, verschärfen

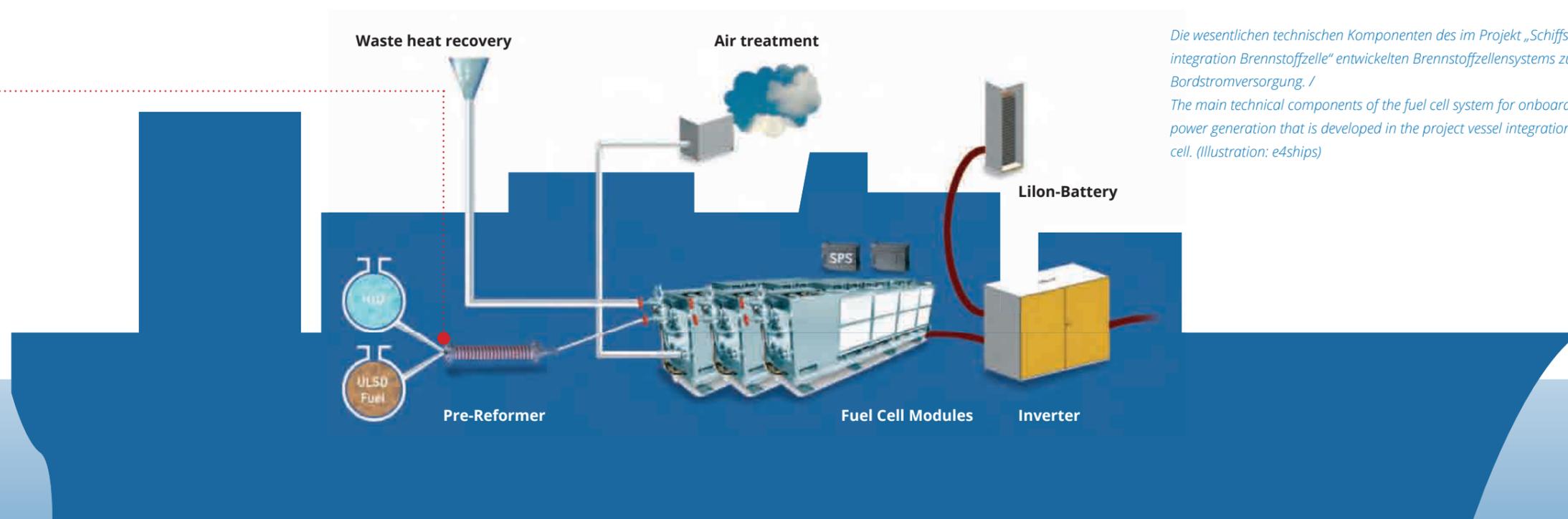


Fuel cells present a promising option for future energy supply. They can provide power for laptops, on-board power for trucks, cargo/passenger vessels, yachts and motorhomes. Alternatively they can also provide power and heat for detached and semidetached houses or housing estates by means of combined heat and power plants. As only a few examples for marketable products exist, OWI researches and develops complete fuel cell systems in different performance categories as part of several projects with partners from industry and science.

Application fields for fuel cell systems are wherever efficient power and heat generation with low noise and pollutant emissions are desired or required. Because of many application possibilities, for which a supply structure with grid-bound energy carriers (natural gas, electrical power) does not exist or is not realizable, the use of portable energy carriers is reasonable. Hydrogen, which is required for the operation of fuel cells, can be produced from liquid, portable fuels, such as diesel, petrol or methanol by reforming processes. Fuel cell systems can be used for on-board power generation, e.g. on yachts or in motorhomes. During rest and idle periods noise and pollutant emissions of combustion engine power generators can be prevented. The same counts for trucks on parking places and sea-going vessels in harbors and coastal waters. On the one hand technical developments in these areas are promoted due to increasing comfort demands of users in free time and during employment. On the other hand legal regulations of noise and pollutant emissions, such as the so-called „anti-idling-laws“ in the USA and the prescriptions of the International Maritime Organization (IMO) for coastal regions, tighten constraints for the operation of generators with a view to environment and climate protection. In comparison to mainly used combustion engine generators fuel cell systems offer the following advantages:



Diesel-Dampfreformier /  
Steam reformer for diesel (Photo: OWI)



Die wesentlichen technischen Komponenten des im Projekt „Schiffsintegration Brennstoffzelle“ entwickelten Brennstoffzellensystems zur Bordstromversorgung. /  
The main technical components of the fuel cell system for onboard power generation that is developed in the project vessel integration fuel cell. (Illustration: e4ships)

aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes die Auflagen für den Generatorbetrieb. Gegenüber den zur Stromerzeugung derzeit überwiegend eingesetzten verbrennungsmotorisch arbeitenden Generatoren bieten Brennstoffzellensysteme die Vorteile

- eines höheren elektrischen Wirkungsgrads und somit geringerer CO<sub>2</sub>-Emissionen,
- deutlich niedrigerer Geräuschemissionen und Vibrationen sowie
- erheblich reduzierter Schadstoffemissionen an Stickoxiden (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid- (CO) und Feinstaub.

Brennstoffzellen erzeugen Strom mit Hilfe von Wasserstoff, für dessen Bereitstellung und Bevorratung es derzeit aus technischen und wirtschaftlichen Gründen keine flächendeckende Infrastruktur gibt. Die Speicherung ist technisch sehr anspruchsvoll, denn aufgrund seiner geringen Energiedichte ist Wasserstoff nur unter hohem Druck oder tiefgekühlt transportabel, wozu jeweils aufwändige und voluminöse Tanks erforderlich sind. Um die Brennstoffzellentechnologie bis zum Aufbau einer flächendeckenden Wasserstoff-Infrastruktur nutzbar zu machen, ist daher eine Reformierung

gasförmiger oder flüssiger Kohlenwasserstoffe zum Betrieb von Brennstoffzellensystemen technisch und wirtschaftlich sinnvoll. Die logistischen Brenn- und Kraftstoffe wie Heizöl EL, Dieseldieselkraftstoff und Benzin sind aufgrund ihrer Energiedichte und Verfügbarkeit prädestiniert für den Betrieb mobiler Brennstoffzellensysteme und können durch Integration einer Reformereinheit dafür nutzbar gemacht werden.

#### Reformierung flüssiger Energieträger

Die Reformierung von Kohlenwasserstoffen kann auf verschiedene Weise durchgeführt werden, wie zum Beispiel durch Dampfreformierung (Steam Reforming (SR) mit den Einsatzstoffen Wasser und Brennstoff), autotherme Reformierung (Autothermal Reforming (ATR) mit Wasser, Luft und Brennstoff), katalytisch partielle Oxidation (Catalytic Partial Oxidation (CPOx) mit Luft und Brennstoff unter Verwendung eines Katalysators), sowie thermisch partielle Oxidation (TPOx mit Luft und Brennstoff).

Als Energieträger können neben den bereits erwähnten fossilen Brennstoffen auch anteilig oder vollständig alternative beziehungsweise regenerative Brennstoffe reformiert werden, wie zum Beispiel Methanol oder

- Higher electrical efficiency, lower carbon dioxide emissions,
- Lower noise emissions and vibrations,
- Reduced pollutant emissions (nitrogen oxide, carbon monoxide, particulate matter).

Fuel cells generate power by use of hydrogen. Currently, a nationwide infrastructure for the provision and storage of hydrogen does not exist due to technical and economic reasons. The storage is demanding because hydrogen, with its low energy density, can be transported only under high pressure or in a frozen condition. For this complex and voluminous tanks are necessary. In order to utilize fuel cell technology, until a nationwide hydrogen-infrastructure is established, a reforming of gaseous or liquid hydrocarbons for the operation of fuel cell systems is technically and economically reasonable. Due to their energy density and availability logistic fuels, such as domestic fuel oil, diesel and petrol are predestined for the operation of mobile fuel cell systems. They can be utilized by integration of a reformer unit into the fuel cell system.

#### Liquid fuel reforming

Reforming of hydrocarbons can be carried out in different ways: Steam reforming (SR, water and fuel), autothermal reforming (ATR, water, air, fuel), catalytic partial oxidation (CPOx, air, fuel using a catalyst) and thermal partial oxidation (TPOx, air, fuel). Besides fossil fuels, alternative or regenerative fuels can be reformed partially or completely, e.g. methanol or ethanol. For reforming of fuels reactors that are adjusted to the respective procedure must be developed. For the mainly catalytic processes air or steam must be mixed homogeneously with the fuel in a previous step. Within this process (previous to the synthesis gas formation) liquid fuels are transformed into a gaseous condition and simultaneously or within a following step mixed with air or steam. The reforming process follows mainly on catalytically active surfaces. Depending on the process type energy in form of heat must be fed (SR) or discharged (CPOx/TPOx) to stabilize the process. The synthesis gas resulting from the reforming process contains higher shares of hydrogen and lower shares of carbon monoxide with increasing steam supply and decreasing air supply. Additional



SOFC Stackmodul der Firma ElringKlinger. / SOFC stack module of ElringKlinger. (Photo: ElringKlinger)



Ethanol. Zur Reformierung von Brenn- und Kraftstoffen sind jeweils dem Verfahren angepasste Reaktoren zu entwickeln. Für die zumeist katalytisch ablaufenden Prozesse müssen die Einsatzstoffe Luft oder Wasserdampf mit dem Brennstoff in einem vorgelagerten Schritt homogen gemischt werden. In diesem der eigentlichen Synthesegasbildung vorgelagerten Prozess werden flüssige Brennstoffe unter Zuführung von Energie in einen gasförmigen Zustand überführt und gleichzeitig oder in einem weiteren Schritt mit Luft oder Dampf vermischt. Der eigentliche Vorgang der Reformierung erfolgt anschließend zumeist an katalytisch aktiven Oberflächen. Je nach Verfahren muss dabei gegebenenfalls Energie in Form von Wärme zugeführt (SR) oder abgeführt (CPOx / TPOx) werden, um den Prozess zu stabilisieren. Als Ergebnis enthält das aus der Reformierung entstehende Synthesegas mit zunehmendem Wasseranteil, der im Verfahren eingesetzt wird, höhere Anteile an Wasserstoff und geringere an Kohlenmonoxid. Zusätzliche Bestandteile des Reformats sind Kohlendioxid und Wasserdampf. Im Fall einer Zugabe von Luft (CPOx / TPOx / ATR) enthält das Produktgas auch Stickstoff.

„Bei der Auswahl und Auslegung des Reformierungsverfahrens für ein Brennstoffzellensystem sind die Anforderungen des Brennstoffzellentyps an das Synthesegas von entscheidender Bedeutung“, erklärt Ansgar Bauschulte, der am OWI die Gruppe Brennstoffzellensysteme leitet. Hochtemperaturbrennstoffzellen, wie zum Beispiel Festoxidbrennstoffzellen (SOFC Solid Oxide Fuel Cell) oder Schmelzkarbonatbrennstoffzellen (MCFC Molten Carbonate Fuel Cell), können sowohl Wasserstoff als auch Kohlenmonoxid

sowie Methan im Reformat zur Stromerzeugung nutzen. Damit sind für diese Zelltypen auch die Verfahren ATR, CPOx und TPOx gut einsetzbar. Hingegen ist für Niedertemperaturbrennstoffzellen, wie zum Beispiel Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (NT-PEMFC Proton Exchange Membrane Fuel Cell), eine höhere Kohlenmonoxidkonzentration im Synthesegas kritisch, da sie als Katalysatorgift wirkt und so zu einem erheblichen Leistungsverlust führen kann. Daher eignet sich hier das Verfahren der Dampfreformierung aufgrund der hohen Wasserstoffkonzentrationen im Reformat besser.

Generell hat die Auswahl des Reformierungsverfahrens auch einen erheblichen Einfluss auf den erreichbaren elektrischen Wirkungsgrad eines Brennstoffzellensystems. So wird zum Beispiel bei der CPOx ein Teil des Brennstoffes vollständig oxidiert und steht daher der Brennstoffzelle nicht mehr zur Verfügung, während bei der Dampfreformierung der Brennstoff vollständig zu Wasserstoff umgesetzt werden kann und der Energiegehalt des Reformats sogar ansteigt.

**OWI arbeitet an Gesamtsystemen**

„Am Oel-Waerme-Institut arbeiten wir in der Regel an Brennstoffzellen-Gesamtsystemen, die alle Aspekte vom Entwurf und der Auslegung des System-Designs über die Gemischbildung, die Reformierung und Gasfeinreinigung bis hin zur Brennstoffzelle und der Abgasnachbehandlung umfassen“, erläutert Jörg vom Schloß, der am OWI die Abteilung Energie- und Verbrennungstechnik leitet. „Dazu zählen auch die Entwicklung und Auslegung von Balance-of-Plant-Komponenten wie die Medienversorgung sowie

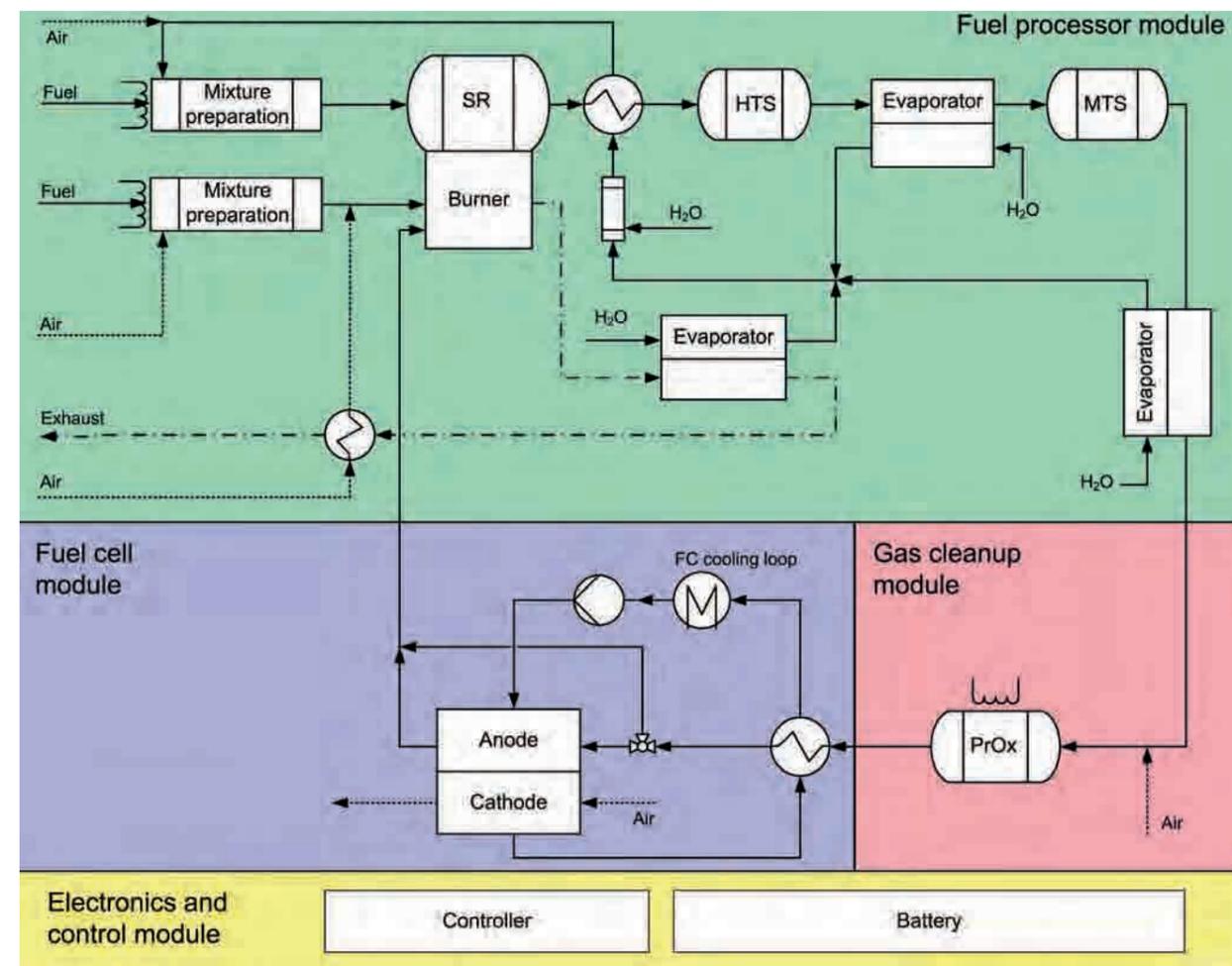


components of the synthesis gas are carbon dioxide and steam. In the case of an air admixture (CPOx/ TPOx/ATR) the product gas also contains nitrogen.

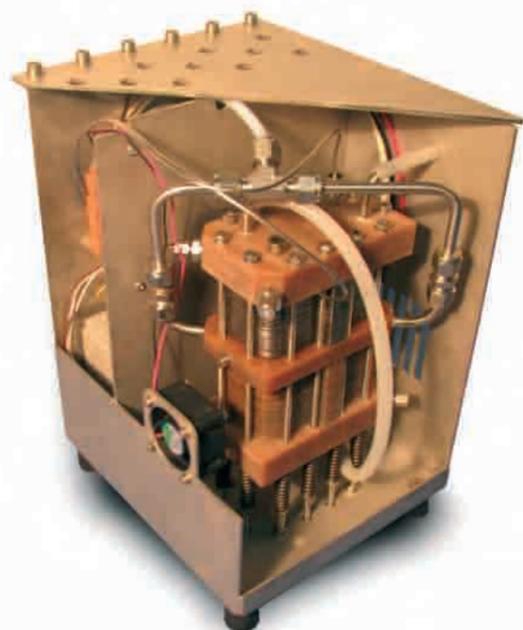
The head of the fuel cell systems group at OWI, Ansgar Bauschulte, explains: “The demands of the fuel cell type on the synthesis gas are of crucial importance for selecting and designing a reforming process for a fuel cell system.” High temperature fuel cells, such as SOFC Solide Oxide Fuel Cells or MCFC Molten Carbonate Fuel Cells can use hydrogen as well as carbon monoxide and methane in the reformat for power generation. The processes ATR, CPOx and TPOx can also be used for these cell types. Contrary, a higher carbon

monoxide concentration in the synthesis gas is critical for low temperature fuel cells (NT-PEMFC Proton Exchange Membrane Fuel Cell), as they function as catalyst poison leading to significant power loss. Due to high hydrogen concentrations steam reforming is more suitable for low temperature fuel cells.

In general, the selection of the reforming process has a significant influence on the electrical efficiency of a fuel cell system. During CPOx, for instance, a part of the fuel is oxidized completely. As a result it is not available for the fuel cell. But during steam reforming, the fuel can be transformed into hydrogen increasing the energy amount of the reformat.



Vereinfachtes Fließbild eines modularen Brennstoffzellensystems für HT-PEM und NT-PEM. / Simplified flow sheet of a modular fuel cell system for HT-PEM and LT-PEM. (Illustration: OWI)



*Kompaktes Brennstoffzellensystem aus dem Verbundprojekt „MiMeMiz“. /  
A compact fuel cell system developed as part of the “MiMeMiz” project.  
(Photo: OWI)*

#### Schiffsintegration Brennstoffzelle (SchIBZ)

Gegenstand des Projektes ist die Entwicklung, Fertigung und Erprobung eines dieselbetriebenen Brennstoffzellenstromaggregates für seegehende Schiffe. Das Aggregat soll konzeptionell geeignet sein, den sogenannten Hotelbetrieb an Bord seegehender Schiffe allein oder gegebenenfalls im Verbund mit konventionellen Dieselaggregaten zu versorgen. Dabei ist sowohl das Aggregat in sich modular veränderbar als auch die Anzahl der Aggregate pro Schiff, so dass eine Skalierung der elektrischen Leistung bis in den Megawatt-Bereich möglich wird.

#### MÖWE

Im Verbundprojekt „MÖWE III“ entwickeln die Partner ein modulares Brennstoffzellensystem basierend auf Diesel für den Einsatz in mobilen Anwendungen wie zum Beispiel Reisemobilen oder Yachten. Ziel des aktuellen Projektabschnitts ist der Nachweis der technischen Reife des Gesamtsystems (Dampfreformer- und PEM-Brennstoffzellen-Modul im Leistungsbereich 3 kW<sub>eI</sub>) durch den Aufbau und Betrieb eines Demonstrators.

Weitere Projektbeispiele werden in diesem Heft auf den Seiten 16 bis 29 vorgestellt.

„Vor dem Hintergrund der Energiewende sehen wir vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für Brennstoffzellensysteme, aber auch noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf, damit aus der derzeit noch überschaubaren Zahl marktfähiger Produkte ein vielfältiges Angebot wird“, sagt Jörg vom Schloß. „Im Kern geht es darum, durch geschickte Systemintegration einen möglichst hohen elektrischen Wirkungsgrad zu erzielen und so den eingesetzten Brennstoff optimal zu nutzen. Entscheidend für den Erfolg ist es aber, bereits in der Entwicklungsphase die späteren Herstellungskosten der Systeme so anzulegen, dass sie im Wettbewerb mit herkömmlichen Stromgeneratoren langfristig bestehen können.“

Heiz- und Kühlungseinheiten. Weitere Arbeitsfelder sind die Erstellung von Systemsteuerungen und Betriebsstrategien sowie der Aufbau von Demonstratoren. Die Arbeitsschritte werden durch numerische Simulationen und experimentelle Untersuchungen gestützt“, sagt vom Schloß.

Dieses Know-how kommt in Projekten unterschiedlicher Größenordnungen und elektrischer Leistungsklassen zum Tragen, die gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung durchgeführt werden. Zwei Beispiele dafür sind „Schiffsintegration Brennstoffzelle“ (SchIBZ) und das Verbundprojekt „MÖWE“:



#### OWI develops complete systems

Jörg vom Schloß, heading the department energy and combustion technology, clarifies: “At Oel-Waerme-Institute, we do research and develop complete fuel cell systems that comprise all aspects from system design, mixture formation, reforming and gas cleaning up and the after-treatment of exhaust gases. Our work also includes development and construction of Balance-of-Plant-Components, such as media supply, heating- and cooling units. Further working fields are the development of system controls, operation strategies and the construction of demonstrators. Working steps are supported by numeric simulations and experimental investigations.”

This know-how is applied in projects of different magnitudes and electrical performance categories. Examples are “Vessel integration fuel cell” (SchIBZ) and the joint project “MÖWE”:

#### Vessel integration fuel cell (SchIBZ)

Subject of the project is the development, construction and testing of a diesel-driven fuel cell power aggregate for sea-going vessels. The aggregate is supposed to supply the hotel operation on board of sea-going vessels solely or together with conventional diesel aggregates. The aggregate can be assembled modularly as well as the number of aggregates per vessel so that a scaling of the electrical power is possible up to the megawatt range.

#### MÖWE

Within the joint project “MÖWE III” partners develop a modular fuel cell system based on diesel for the use in mobile applications, such as motorhomes or yachts. The current project section aims at proving the technical maturity of the total system (steam reformer- and PEM-fuel cell module in the performance category 3 kW<sub>eI</sub>) by means of the construction and operation of a demonstrator.

Further project examples are presented on pages 16 – 29.

“Against the background of energy policy we see various application possibilities for fuel cell systems. But research and development are required in order to provide a manifold of marketable products in the



*Hochintegrierter Dampfreformer der Firma MAHLE Behr. /  
Highly integrated steam reformer of MAHLE Behr. (Photo: MAHLE Behr)*

future”, says Jörg vom Schloß. “System design should aim at the highest electrical efficiency possible and at an optimal use of the fuel. But it is most decisive for the success to calculate production costs of the systems in a way that they are able to compete with conventional power generators in the long-term.”

#### Kontakt/Contact:

*Dipl.-Ing. Jörg vom Schloß,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-125  
e-mail: J.vomSchloss@owi-aachen.de*



## Strom aus Brennstoffzellen für parkende Lkw

*Umweltschonende Energie unabhängig vom Motor*

Lastwagen im Fernverkehr benötigen auch während der Stand- und Ruhezeiten elektrische Energie zur Versorgung von Bordsystemen wie zum Beispiel Klimaanlage, Telekommunikation oder Beleuchtung. Dies übernehmen normalerweise die leistungsstarken Motoren der Fahrzeuge im Leerlauf. Die Folgen für Mensch und Umwelt sind Lärm, hohe Schadstoffemissionen, wie z. B. Ruß, und ein hoher Kraftstoffverbrauch. Ein Konsortium aus Industrieunternehmen entwickelt daher mit der Unterstützung des OWI eine vom Motor unabhängige Bordstromerzeugung durch ein Hochtemperatur-Brennstoffzellensystem, das Diesel als Energieträger nutzt.

Die Umweltbelastung durch Lastwagen ist auch während der Stand- und Ruhezeiten erheblich, wenn sie im Leerlauf den Strom an Bord erzeugen. Denn die dieselbetriebene, motorische Stromerzeugung über den Fahrzeugantrieb erreicht nur einen geringen elektrischen Wirkungsgrad. In den USA gibt es deshalb in vielen Bundesstaaten bereits gesetzliche Auflagen, die sogenannten anti-idling-laws (Anti-Leerlauf-Gesetze), die es Truckfahrern verbieten, den Motor zu diesem Zweck im Stand laufen zu lassen.

Ein Konsortium von Industrieunternehmen der Firmen Eberspächer Climate Control Systems, ElringKlinger und MAHLE Behr erforscht und entwickelt daher mit der Unterstützung des OWI Oel-Waerme-Institut ein Hochtemperatur-Brennstoffzellensystem, das Nutzfahrzeuge während der Stand- und Ruhezeiten unabhängig vom Motor mit Strom versorgen kann. Im Gegensatz zum Dieselmotor ist dies eine nahezu



*Insbesondere in den USA, wo in weiten Teilen die anti-idling-laws verbrennungsmotorische APUs verbieten, haben Brennstoffzellen-APUs gute Marktchancen. /*

*In the USA fuel cell apu's have good market opportunities because of the anti-idling laws that prohibit power generation by the truck engine.*

*(Photo: iStock.com / rpernell)*

## Fuel cells provide electrical power for parked trucks

*Environmentally friendly energy independent from engines*

Even during stop and rest times trucks in long distance traffic need electrical power for the energy supply of board systems, such as air conditioning, telecommunication or lighting. Usually, HP-strong engines of the vehicles undertake this task at idling. The consequences for humans and the environment include noise, high pollutant emissions, such as soot, and high fuel consumption. A consortium of industrial companies develops with the support of OWI an engine-independent board-power generation by means of a high-temperature fuel cell system that uses diesel as an energy carrier.

The environmental pollution by trucks is significant, even during stop and rest times, when power is generated on board at idling. Diesel-driven power generation by the truck engine have an construction-dependent low electrical efficiency at idling. In the USA, legal requirements, so-called "anti-idling-laws" exist in many states. These prohibit truck drivers to run the engine at idling.

A consortium of the industrial companies Eberspächer Climate Control Systems, ElringKlinger und MAHLE Behr researches and develops with the support of OWI a high-temperature fuel cell that is able to supply vehicles with electrical power during stop and rest times independently from the engine. In contrast to the diesel engine, this presents a nearly noiseless, significantly environmentally-friendlier and efficient variant of power supply. Moreover, a reformer integrated into the system transforms diesel fuel from the tank of the vehicle into a fuel gas that is converted into electrical energy by the Solid Oxide Fuel Cell (SOFC).

The system has to be as light, compact and robust as possible. Among the development objectives of the engineers count a high power density with a rated power of ca. 3 kW electrical. The aspired electrical efficiency of the system is supposed to be 30 %, significantly above the conventional diesel-driven power generators in this size. The diesel consumption per operating hour will be ca. one liter. Furthermore, the fuel cell system is supposed to be competitive with Auxiliary Power Units (APU) on a diesel-engine basis regarding its price, its dimensions and its service life time.

### **Self-sufficient, compact, mobile and robust**

The fuel cell APU is designed as a self-sufficient module and contains all technical components that are necessary for mobile power generation. A reformer transforms diesel fuel out of the vehicle's tank and out of ambient air into a synthesis gas by means of catalytic partial oxidation. This synthesis gas, which mainly consists of hydrogen and carbon monoxide, reacts in the SOFC-fuel cell with the fed oxygen in air. The reaction takes place within a controllable, electrochemical process that generates electrical power. To heat up the fuel cell to the required temperature of about 800°C, a start burner with a heat exchanger, which is operated by diesel fuel, is integrated. As the fuel cell is not able to transform the synthesis gas into electrical power completely, the flammable exhaust gas parts are led into an off gas burner. The heat, which results from off gas combustion, is used for preheating of the air needed in the fuel cell. The steam of the not transcribed fuel cell exhaust gas is led into the reformer again for cooling and stabilization – comparable to the exhaust gas recirculation of combustion engines.

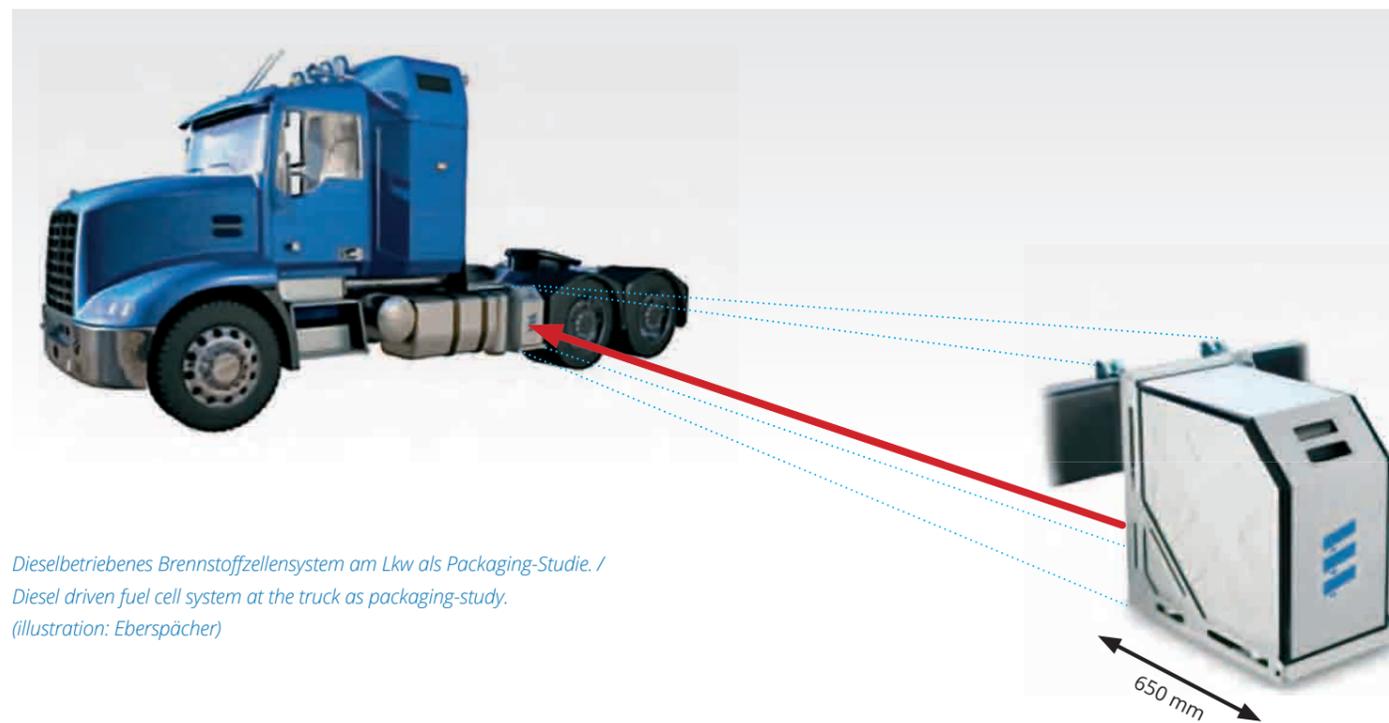
In the current project section, which is continued until the end of 2015, endurance tests and the close-to-production product development are in the focus.



geräuschlose, erheblich umweltschonendere und effizientere Variante der Stromversorgung. Dazu wandelt ein in das System integrierter Reformer Dieselkraftstoff aus dem Tank des Fahrzeugs in ein Synthesegas um, das von der Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC, Solid Oxide Fuel Cell) in elektrische Energie umgesetzt wird. Das System muss möglichst leicht, kompakt und robust sein. Zu den Entwicklungszielen der Ingenieure zählt unter anderem eine hohe Leistungsdichte mit einer Nennleistung von zirka 3 kW elektrisch. Der angestrebte elektrische Wirkungsgrad des Systems soll mit rund 30 % deutlich über dem herkömmlicher dieselbetriebener Stromgeneratoren in dieser Baugröße liegen. Der Verbrauch pro Betriebsstunde wird etwa einen Liter Diesel betragen. Zudem soll das Brennstoffzellensystem beim Preis, seinen Abmessungen und der Lebensdauer wettbewerbsfähig mit Auxiliary Power Units (APU) auf diesel-motorischer Basis sein.

#### Autark, kompakt, mobil und robust

Die Brennstoffzellen-APU ist als autarkes Modul konzipiert und enthält auf kleinstem Raum alle technischen Komponenten, die zur mobilen Stromerzeugung benötigt werden. Ein Reformer, der mit Unterstützung des OWI entwickelt wird, wandelt Dieselkraftstoff aus dem Fahrzeugtank und Umgebungsluft durch katalytisch-partielle Oxidation in ein Brenngas um. Dieses Brenngas, das hauptsächlich aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid besteht, reagiert in der SOFC-Brennstoffzelle mit dem ebenfalls zugeführten Luftsauerstoff in einem kontrollierten, elektrochemischen Prozess, bei dem elektrischer Strom entsteht. Um die Brennstoffzelle zunächst auf die erforderliche Betriebstemperatur von zirka 800 °C zu bringen, ist ein Startbrenner mit Wärmeübertrager in das System integriert, der mit Dieselkraftstoff betrieben wird. Da die Brennstoffzelle das Brenngas nicht vollständig in elektrische Energie umsetzen kann, werden die brennbaren Bestandteile des Abgases in einen Restgasbrenner geführt. Die bei der Restgasverbrennung entstehende Wärme wird unter anderem dazu eingesetzt, die in der Brennstoffzelle benötigte Luft vorzuwärmen. Ein Teil des Wasserdampfes aus dem nicht umgesetzten Brennstoffzellen-Abgas wird zur Kühlung und Stabilisierung des Prozesses wieder in den Reformer geleitet, vergleichbar der Abgasrückführung bei Verbrennungsmotoren.



*Dieselbetriebenes Brennstoffzellensystem am Lkw als Packaging-Studie. / Diesel driven fuel cell system at the truck as packaging-study. (Illustration: Eberspächer)*

Im aktuellen, bis Ende 2015 laufenden Projektabschnitt stehen Lebensdauererests und die seriennahe Produktentwicklung im Vordergrund. Als Meilenstein konnten zum Beispiel Lebensdauererests des Reformers und des Restgasbrenners für das Brennstoffzellensystem erfolgreich abgeschlossen werden. Nach mehr als 1.000 Stunden Betriebszeit funktionierten die beiden Komponenten noch einwandfrei.

Zur Absicherung der Funktionalität führt das OWI Auslegungs- und Berechnungsarbeiten zur Darstellung und Optimierung des Strömungsfelds und der strukturmechanischen Belastung durch. Sie werden unterstützt mit umfangreichen experimentellen Untersuchungen zu den Berechnungsmodellen. Dazu werden insgesamt vier Teststände mit den inhaltlichen Schwerpunkten Untersuchung neuer Geometrien, Katalysatorauswahl, Kraftstoffvariation und Verdampfer-Optimierung kontinuierlich über die gesamte Projektlaufzeit betrieben.

Die beteiligten Unternehmen gehen davon aus, dass die Brennstoffzellen-APU drei Jahre nach Projektabschluss marktreif ist, und erwarten ein Absatzpotenzial im mittleren fünfstelligen Bereich.



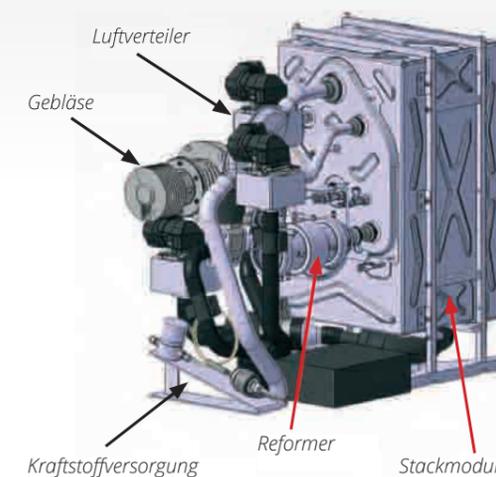
As a milestone the life-span tests of a reformer and an off gas burner for the mobile fuel cell system were successfully completed. After more than 1000 hours of operation, the two components still worked flawlessly.

OWI performs detailed design and modelling work for optimization of the flow-field and the structural mechanics to ensure a safe operation of the reformer unit. The modelling work is supported by extensive experimental activity. For this task 4 test rigs operate in the fields of new geometries, catalyst benchmark, fuel variation and fuel evaporation for the complete project period.

The involved companies expect that the fuel cell systems are market-ready in three years and a market potential in a medium five-digit area.

#### Kontakt/Contact:

*Dipl.-Ing. Jörg vom Schloß,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-125  
e-mail: J.vomSchloss@owi-aachen.de*



*Die komplette, einbaufertige Brennstoffzellen-APU mit ihren Hauptkomponenten in Form einer Packaging-Studie. / The complete, pre-finished fuel cell-APU with its main components in form of a packaging-study. (Illustration: Eberspächer)*

*Das Vorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 03ET2048 gefördert. / The project is supported by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy on the basis of a decision made by the German Bundestag under the project number 03ET2048.*

Supported by:



on the basis of a decision by the German Bundestag



*Intelligente Energieversorgung: Überschüssiger Windstrom kann in speicherbaren Wasserstoff umgewandelt und später in einem modular aufgebauten Brennstoffzellen-BHKW bedarfsgerecht wieder zu Strom und Wärme werden. /*

*Intelligent energy supply: With wind electricity hydrogen can be produced to operate a modular fuel cell CHP for local heating.*

Der zunehmende Anteil elektrischer Energie aus erneuerbaren Energiequellen wie Wind- und Sonnenenergie führt dazu, dass sich Energie-Angebot und -Nachfrage zum Teil zeitlich nicht decken. Um diese Schwankungen auszugleichen, könnte überschüssiger Windstrom in Wasserstoff umgewandelt und später wieder verstromt werden. Das Ziel des EU-Projekts CISTEM ist es, die Hochtemperatur-Polymer-elektrolytmembran-(HT-PEM)-Brennstoffzellentechnologie für Blockheizkraftwerke (BHKW) flexibel für Wasserstoff aus Elektrolyse und Erdgas-Reformat nutzbar zu machen. Das Brennstoffzellen-BHKW soll Wärme und Strom für größere Gebäude beziehungsweise kleine Siedlungen bei flexibler Nutzung von Wasserstoff und Erdgas erzeugen.

Dies erfordert die Entwicklung einer neuen Brennstoffzellentechnologie für die speziellen Anforderungen eines BHKW in Bezug auf Effizienz, Kosten und Lebensdauer. Gleichzeitig können bei der Entwicklung des BHKW-Systems die speziellen Vor- und Nachteile der Brennstoffzellentechnologie so berücksichtigt werden, dass ein optimales Systemdesign entsteht. Das BHKW soll aus bis zu zehn miteinander verschalteten HT-PEM-Brennstoffzellenmodulen bestehen, die Wärme und Strom aus Wasserstoff erzeugen, der zuvor mittels Elektrolyse aus überschüssigem Windstrom hergestellt und gespeichert wurde, und damit bedarfsgerecht abrufbar ist. In dieses Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-System ist zudem eine Reformer-einheit integriert, die auch aus Erdgas den zum Betrieb der Brennstoffzellen erforderlichen Wasserstoff herstellen kann.

The increasing share of electrical energy from renewable energy sources, such as wind and solar energy, leads to the fact that power supply and demand do not correspond to each other. To compensate for these fluctuations abundant wind power could be transformed into hydrogen and later converted into power again. The scope of the project CISTEM is to utilize hydrogen from electrolysis and methane reformat in a flexible way for the high temperature polymer electrolyte membrane (HT-PEM) fuel cell technology for combined heat and power units (CHP). The fuel cell CHP is supposed to generate heat and power for larger buildings or smaller housing estates while using hydrogen and natural gas in a flexible way.

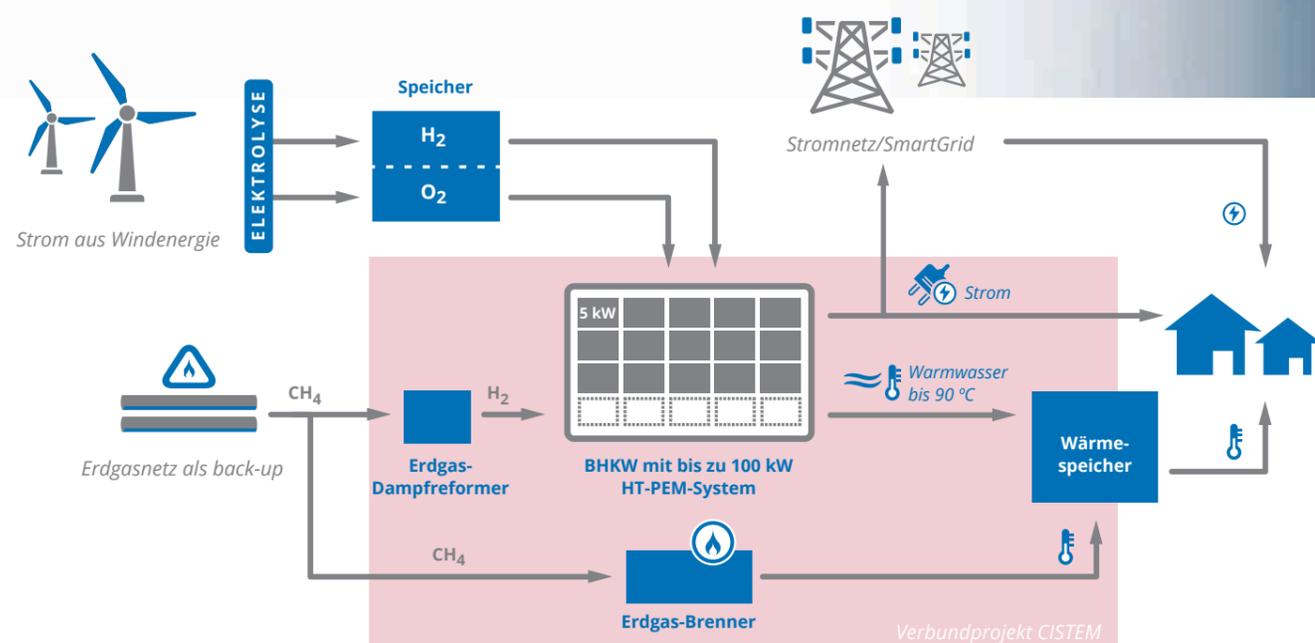
This requires the development of a fuel cell technology for the specific requirements of a CHP regarding efficiency, costs and service life. During the development of the CHP system, the specific advantages and disadvantages of the fuel cell technology can be taken into account so that an optimal system design can be realized. The CHP, consisting of up to 10 interconnected HT-PEM fuel cell modules, is supposed to generate the necessary heat and power from hydrogen. The hydrogen may have been produced and stored by means of electrolysis from abundant wind power and is thus available in line with demand. Moreover, a reformer unit is integrated into the CHP, which is able to produce the hydrogen by using natural gas as a back-up solution.

## Modulare Technik für intelligente Energieversorgung / Modular technology for intelligent energy supply

100 kW-BHKW auf Basis von Brennstoffzellen /  
100 kW CHP based on fuel cells



© apops – Fotolia.com



### BHKW soll Wasserstoff aus Windstrom und Erdgas nutzen

Dies erhöht einerseits die Versorgungssicherheit und ermöglicht andererseits, zeitabhängig den jeweils günstigsten Energieträger für die Wärme- und Stromerzeugung des Systems zu wählen. An der Realisierung dieses neuen Konzepts arbeitet seit Mitte 2013 ein Konsortium internationaler Industrieunternehmen und Forschungsinstitutionen, in dem das OWI Oel-Waerme-Institut für die Auslegung des BHKWs und die Demonstration der Machbarkeit zuständig ist.

Der modulare Aufbau des Systems aus einzelnen Brennstoffzelleneinheiten mit je zwei Brennstoffzellen-Stacks mit einer elektrischen Leistung von 5 kW kann auf bis zu 100 kW erweitert werden und bietet eine größtmögliche Flexibilität für die Energieversorgung in unterschiedlichen Größenordnungen. Kleine Module sind in größeren Mengen zu günstigeren Kosten herstellbar. Im intelligent gesteuerten Betrieb

erhöht sich dadurch zusätzlich die Gesamteffizienz des KWK-Systems. Die Materialien der HT-PEM-Brennstoffzellen werden im Laufe des Projekts so optimiert, dass eine Lebensdauer des Systems von mehr als 40.000 Stunden und eine Verbesserung des Wirkungsgrads von mehr als 20 % im Vergleich zu aktuell erhältlichen HT-PEM-Systemen realisierbar ist. Der elektrische Wirkungsgrad des KWK-Systems soll bei mehr als 45 % liegen. Bei allen Entwicklungsschritten gehen die Projektpartner streng kostenoptimiert vor, um mit Blick auf die Marktchancen des Systems auch konkurrenzfähige Herstellungs- und Betriebskosten zu erzielen.

*Gefördert wird das Projekt mit dem Namen „CISTEM“ durch das Fuel Cells & Hydrogen Joint Undertaking mit Mitteln der Europäischen Union (Grant Agreement Nummer 325262).*

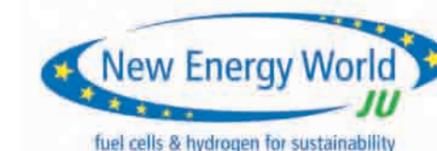
*Intelligente Energieversorgung: Überschüssiger Windstrom kann in speicherbaren Wasserstoff umgewandelt und später in einem modular aufgebauten Brennstoffzellen-BHKW bedarfsgerecht wieder zu Strom und Wärme werden. /*

*Intelligent energy supply: With wind electricity hydrogen can be produced to operate a modular fuel cell CHP for local heating. (Illustration: OWI)*

CHP is supposed to use hydrogen from wind power and natural gas

On the one hand, the reliability of supply is increased. And on the other hand, the energy carrier most favorable for the heat and power generation of the system can be chosen time-dependently. Since the middle of 2013 a consortium of international industrial companies and research institutions works at the realization of this new concept. OWI is responsible for the design of the CHP and the demonstration of its feasibility. The modular system design of individual fuel cell units consisting of two fuel cell stacks with an electrical power of 5 kW can be numbered up to 100 kW and offers the highest level of flexibility for the energy supply in various sizes. Small modules can be produced at lower costs in bigger amounts. Thus, the total efficiency of the CHP can be increased in an intelligently controlled operation. HT-PEM fuel cells are used, whose materials are optimized during the project so that a service life time of the system of more than 40.000 hours and an improvement of the efficiency of more than 20 % compared to currently available HT-PEM systems can be realized. The electrical efficiency of CHP systems is expected to be more than 45 %. At every development step, project partners work cost-optimized in order to achieve competitive production- and operation costs.

*The project named "CISTEM" is supported by Fuel Cells & Hydrogen Joint Undertaking with funds of the European Union (Grant Agreement Number 325262).*



### Projektpartner/Project partners:

- Coordinator: NEXT ENERGY • EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie e.V., Germany
- Danish Power Systems Ltd., Denmark
- Eisenhuth GmbH & Co. KG, Germany
- ICI Caldaie S.p.A., Italy
- Inhouse-engineering GmbH, Germany
- Institute of Chemical Technology Prague, Czech Republic
- OWI Oel-Waerme-Institut-GmbH, Germany
- University of Castilla-La Mancha, Spain

### Kontakt/Contact:

Dipl.-Ing. Ansgar Bauschulte,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-172  
e-mail: A.Bauschulte@owi-aachen.de



## Umweltschonende Energie für die „Insel“

### *Entwicklung eines portablen, methanolbetriebenen Reformer-Brennstoffzellen-Systems*

Die Versorgung mit Strom und Wärme in abgelegenen Gebieten, wie zum Beispiel Blockhütten in Naturschutzgebieten, ist stets eine Gratwanderung zwischen Umweltschutz, Komfort und Wirtschaftlichkeit. Brennstoffzellensysteme könnten ein Lösungsansatz für Inselanwendungen sein, der diesen unterschiedlichen Anforderungen gerecht wird. Mit dieser Technologie wird eine geräusch- und schadstoffemissionsarme Alternative zu tragbaren motorischen Stromgeneratoren auf Basis von Diesel oder Benzin geschaffen.

Das OWI Oel-Waerme-Institut und die AixCellSys GmbH entwickeln für Anwendungen in diesen Bereichen ein kompaktes und leistungsstarkes Reformer-Brennstoffzellen-System, das auf Methanol als Energieträger basiert. Die Besonderheit des Projektes besteht in der Verwendung eines Methanol-Dampfreformers gekoppelt mit einem High Temperature Proton Exchange Membrane (HT-PEM) Brennstoffzellenstack. Der Reformer wandelt Methanol in ein wasserstoffreiches Synthesegas um, das anschließend in einem Brennstoffzellenstack durch einen chemischen Prozess in elektrische Energie und Wärme umgesetzt wird. Die in diesem Prozess parallel zum Strom entstehende Wärme kann zur Raumluft erwärmt werden. Ziel ist es, die Abwärme durch eine modifizierte Systemverschaltung direkt, das heißt ohne Umweg durch einen Wasserheizkreislauf, zu nutzen. Da das System nahezu geräuschlos arbeitet, ist eine Installation in direkter Wohnraumnähe möglich. Als Abgase entstehen neben Wasserdampf und geringen Mengen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) keine weiteren Emissionen. Mit einer elektrischen Leistung von 250 W eignet sich das portable System zum Beispiel zur Energieversorgung

im Inselbetrieb, etwa für Berghütten oder Funkmasten. Ein wichtiges Potenzial liegt in der regenerativen Herstellung des Energieträgers Methanol.

Ein weiterer Vorteil besteht in dem kostengünstigen und innovativen Fertigungsverfahren der Reformerbleche sowie der sich daraus ergebenden kompakten und einfachen Bauweise des Systems. Ein neues Konzept der internen Beheizung soll schnelle Startzeiten ermöglichen. Das Ziel des aktuellen Projektabschnitts mit einer Entwicklungszeit von 24 Monaten ist, Brennstoffzellenstacks mit 10 und 20 Zellen mit dem Methanol-Reformer zu koppeln und als Gesamtsystem zu erproben. Dieses Funktionsmuster soll dann als Basis für weitere Entwicklungsschritte dienen.

OWI und AixCellSys forschen gemeinsam in diesem Projekt mit der Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt e.V. Es knüpft an eine vorausgegangene Reihe von Tests verschiedener für HT-PEM-Brennstoffzellen verfügbarer MEA's (Membrane Electrode Assemblies) unterschiedlicher Hersteller an, die hinsichtlich Leistung und Widerstandsfähigkeit unter realitätsnahen Einsatzbedingungen eines methanolbasierten Systems miteinander verglichen wurden.



## Environmentally friendly energy for the “island”

### *Development of a portable methanol-driven reformer fuel cell system*

The supply with power and heat in remote areas, such as log cabins in nature reserves, presents a balancing act between environment protection, comfort and profitability. Fuel cell systems could be a problem-solving approach for island applications that meets the various requirements. As this technology offers low pollutant and noise emissions, it is an environmentally friendly alternative to a portable power generator on the basis of a diesel- or gasoline-fuelled internal combustion engine.

*Brennstoffzellensysteme sind eine emissionsarme Alternative für die Energieversorgung im Inselbetrieb. / Fuel cell systems are an environmentally friendly alternative for energy supply of houses in isolated operation. (Photo: by paul - Fotolia.com)*

OWI Oel-Waerme-Institute and AixCellSys GmbH develop a compact, high-performance reformer fuel cell system based on methanol as energy carrier. The project is characterized by the use of a methanol steam reformer coupled with a High Temperature Proton Exchange Membrane (HT-PEM) fuel cell stack. The reformer transforms methanol into a hydrogen-rich synthesis gas that is converted into electrical energy and heat in a fuel cell stack. The heat produced within the process can be used for ambient heating. It is aimed at the direct use of waste heat by means of air cooling of the fuel cell. The low noise emissions enable an installation of the system close to a living space. Besides steam and low amounts of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), no further exhaust gases arise. With an electrical power of 250 W the portable system is suitable, e.g. for the energy supply of houses in isolated operation, such as log cabins in natural reserves.

A further advantage is the cost effective and innovative production process of the reformer components and thus the compact and simple construction of the system. A new concept of internal heating aims at enabling fast start times. After 24 months of development, fuel cell stacks with 10 and 20 cells will be coupled with the methanol reformer and proved in operation as a demonstration unit. This system is supposed to serve as a basis for further development steps.

OWI's and AixCellSys' research within this project is supported by the German Federal Environment Foundation. It takes up a previous test series of various commercial MEAs (Membrane Electrode Assemblies) from different producers for HT-PEM fuel cells. The MEAs were compared with regard to their power and durability under realistic operating conditions of a methanol-based system.



#### **Kontakt/Contact:**

*Dipl.-Ing. Philip Engelhardt,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-178  
e-mail: P.Engelhardt@owi-aachen.de*



Dr. Klaus Beetz,  
Eberspächer Group

„Wir betrachten die Brennstoffzellen-APU als Teil eines künftigen Energie-Management-Systems.“ /  
“We see the fuel cell APU as one part of a future energy management system.”

Photo: Eberspächer



Die Eberspächer-Gruppe ist einer der führenden Systempartner der Automobilindustrie in den Bereichen Abgastechnik, Fahrzeugheizungen und Klimasysteme sowie Fahrzeugelektronik und bei Systemen und Services zur elektronischen Vernetzung im Fahrzeug. Dr. Klaus Beetz ist Geschäftsführer der Eberspächer Climate Control Systems und erläutert im Gespräch, welche technologischen Entwicklungen in seinem Bereich Zukunftspotenzial haben.

Herr Dr. Beetz, Unternehmen der Automobilindustrie wie Eberspächer müssen ihre Kunden stets mit neuen Technologien und Verfahren zu günstigen Kosten überzeugen. Wie hoch ist der Innovationsdruck, und wo liegen für Ihr Unternehmen die Herausforderungen?

Der Innovationsdruck ist ebenso hoch wie der Preisdruck. Das zwingt die Branche in einen ständigen Spagat zwischen Forschung und Entwicklung einerseits und Kostenreduktion andererseits. So entwickeln wir nicht nur etablierte Produktlinien mit innovativen Konzepten kontinuierlich weiter, sondern arbeiten auch daran, diese Konzepte durch moderne Fertigungstechnologien mit geringeren Herstellkosten zu realisieren. Die Herausforderung für uns als Automobilzulieferer liegt also darin, beides parallel zu verfolgen und aus dem laufenden Geschäft zu finanzieren.

Welche Technologien und Produkte haben für Sie im Bereich Fahrzeugbeheizung ein hohes Zukunftspotenzial?

Sicherlich die bereits etablierten Thermomanagement-Lösungen im Bereich der Brennstoffheizungen. Hier arbeiten wir an der weiteren Optimierung der Brennverfahren und Kostenstrukturen. Wichtige technologische Entwicklungen zielen auch auf die Effizienz und Emissionen der Heizgeräte sowie die Anpassung an neue Kraftstoffe. Daneben ist das Thema elektrische Fahrzeugbeheizung für Plug-in-Hybride und reine E-Fahrzeuge wesentlich. Wir sind bereits gut im Markt etabliert und sehen für unsere



The Eberspächer group is a leading system partner of the automotive industry in the areas exhaust technology, vehicle heaters and air conditioning systems as well as automotive electronics and tools and services for electronic networking in the vehicles. Dr. Klaus Beetz is the COO of Eberspächer Climate Control Systems and talks about the future potentials of technological developments in his area.

Dr. Beetz, Companies of the automobile industry, such as Eberspächer must constantly convince their clients with new technologies and processes at attractive prices. How high is the innovation pressure, and what are the challenges for your company?

The innovation pressure is as high as the cost pressure. As a result, the industry constantly faces a balancing act between research and development on the one hand and cost reduction on the other hand. We do not only refine established product lines with innovative concepts, but we are also working on the realization of these concepts by means of modern production technologies with low production costs. Thus, we as automobile suppliers face the challenge to pursue both and to finance our cash flow.

Which technologies and products present a high potential for you in the field of vehicle heatings?

Certainly the already established thermo-management-solutions in the field of fuel operated heaters. We work at the optimization of the combustion processes and cost structures. Important technological developments aim at efficiency, emissions of the heating systems as well as the adaption to new fuels. Moreover, electrical vehicle heaters for Plug-in-Hybrids and pure e-vehicles present an essential topic. We are already well-established in the market and see an enormous future potential for our developments in the field of high-voltage-heaters on the basis of the PTC-technology. The topic 'heat pump', a kind of reversed air conditioner, becomes crucial. Regarding the physical principle the heat pump



„Der Innovations- und der Preisdruck sind hoch.“ /  
“The pressure on innovation and costs is high.” (Photo: Eberspächer)

Entwicklungen im Bereich der Hochvolt-Heizer auf Basis der PTC-Technologie enormes Zukunftspotenzial. Was hier immer mehr in den Vordergrund rückt, ist das Thema Wärmepumpe, vereinfacht ausgedrückt eine Art umgekehrte Klimaanlage. Vom physikalischen Prinzip her ist sie energetisch eindeutig überlegen – aber nicht in allen Temperaturbereichen ausreichend. Obwohl wir das Konzept im Massenmarkt nicht selbst vorantreiben, interessiert es uns in Verbindung mit unseren elektrischen Heizsystemen als Gesamtlösung für eine zukünftige Fahrzeugbeheizung.

#### Worin sehen Sie die Vor- und Nachteile von Brennstoffzellensystemen in mobilen Anwendungen?

Wir beschäftigen uns mit Brennstoffzellen-Systemen für die Bordstromversorgung – sogenannten APUs (Auxiliary Power Units) – für Nutzfahrzeuge. Die Brennstoffzellen-APU bietet Effizienzvorteile bei der Erzeugung elektrischer Energie und überzeugt bei der motorunabhängigen Stromversorgung durch minimale Abgas- und Schallemissionen. Die zunehmende Elektrifizierung bei den Fahrzeugantrieben erfordert ein innovatives Energiemanagement. Daher sind

unsere Brennstoffzellenaktivitäten für die Bordstromversorgung bei Nutzfahrzeugen von hoher Bedeutung.

Dabei handelt es sich allerdings um eine völlig neue und zudem sehr komplexe Technologie, die bis zur Etablierung am Markt kostenkritisch sein kann. Aus unserer Sicht überwiegen aber die Chancen.

#### In welchen Anwendungen können Sie sich Brennstoffzellensysteme künftig in (Nutz-) Fahrzeugen und ggf. in weiteren mobilen Anwendungen vorstellen? Und wo stehen Brennstoffzellensysteme technologisch in zehn Jahren?

Wir führen die Brennstoffzellen-APU aktuell am Nutzfahrzeugmarkt ein. Wesentliches Argument hierbei ist, dass die APU in den Pausenzeiten Energie für die Standklimatisierung und sonstige Verbraucher erzeugen kann. Generell betrachten wir sie aber als Teil eines zukünftigen Energie-Management-Systems, das auch während der Fahrt elektrische Energie erzeugt, um beispielsweise den motorbetriebenen Generator zu entlasten und so auch zur Verbrauchsreduktion beitragen kann. Neben Nutzfahrzeugen sehen wir künftig auch Wohnmobile, Boote und Yachten als potenzielle Anwendungsgebiete, ebenso wie kleinere autarke Notstromeinheiten. Mittelfristig werden wir die Systeme weiter vereinfachen und kostengünstiger anbieten können und sie so noch wettbewerbsfähiger machen.

#### Was sind die Erfolgsfaktoren bei der Entwicklung und Markteinführung von neuen technischen Lösungen bzw. Produkten?

Exzellente Marktkenntnisse sind die Basis. Hinzu kommt, das Produkt kostenseitig passend positionieren zu können und natürlich auch die Bereitschaft des Marktes selbst für die Technologie. Und schließlich bedarf es der nötigen Stärke und Ausdauer, um neue technische Lösungen auch über einen langen Zeitraum hinweg zu entwickeln, finanzieren und marktreif machen zu können. Hier war und ist das Oel-Waerme-Institut über viele Jahre ein kompetenter und guter Begleiter und hat uns bei unseren Aktivitäten hervorragend unterstützt.



is more efficient – but not useful in all temperature ranges. Although we do not support the concept on the mass market, we are interested in it in combination with our electrical heating system as a total solution for a future vehicle heating.

#### What are in your opinion the advantages and disadvantages of fuel cell systems in mobile applications?

We are working on fuel cell systems for on-board power supply – so-called APUs (Auxiliary Power Units) – for commercial vehicles. The fuel cell APU offers advantages regarding efficiency generating electrical power and convinces by means of minimal exhaust gas and noise emissions supplying power engine-independently. The increasing electrification of the vehicle power train requires an innovative energy management. Consequently, our fuel cell activities for on-board power supply in commercial vehicles are of high importance.

However, this technology is completely new, complex and potentially cost critical until its establishment on the market. But in our opinion the chances still outweigh.

#### In which applications are fuel cell systems in (commercial) vehicles and in further mobile applications conceivable? Where are fuel cell systems technologically in ten years?

Currently we establish the fuel cell APU on the market of commercial vehicles. The essential argument is that the APU is able to generate energy for the air condition during pause times. However, in general we view the APU as one part of a future energy management system that is also able to generate electrical energy during the drive, for instance to release the engine-driven generator and to contribute to consumption reduction. Besides commercial vehicles, we regard mobile homes, vessels and yachts as potential application fields, such as smaller self-sufficient emergency power units. In the medium-term we will simplify systems in order to offer them more cost-efficiently and to make them even more competitive.

#### What are factors of success regarding the development and establishment of new technical solutions and products?

Excellent market know-how is the basis. In addition, the product must be positioned adequately with a view to costs and of course the willingness of the market for the technology is essential. Finally, strength and long breath are required in order to develop and finance new technical solutions and to make them marketable over a long period. With regard to these points the Oel-Waerme-Institute has been a competent and good partner for many years supporting our activities excellently.

.....  
*Dr. Klaus Beetz ist seit 2012 Geschäftsführer Climate Control Systems der Unternehmensgruppe Eberspächer. Er trat im Jahr 2008 als Geschäftsführer von Eberspächer catem in das Unternehmen ein. /  
Since 2012 Dr. Klaus Beetz has been the CEO Climate Control Systems at the Eberspächer group. He joined the company in 2008 as General Manager of Eberspächer catem.*

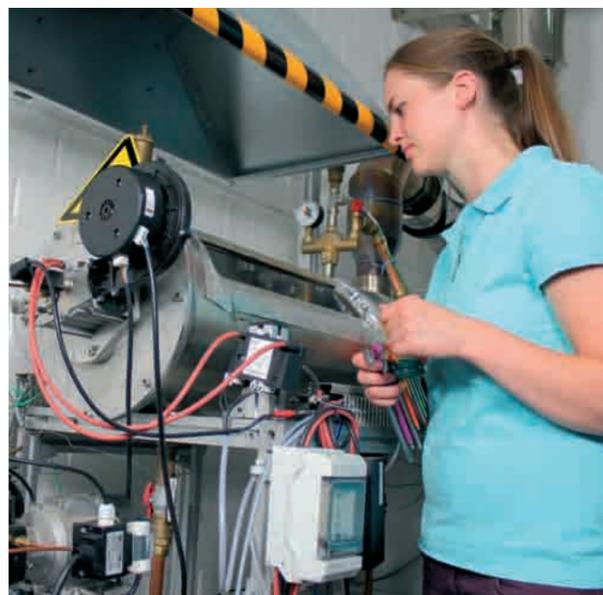


## Mit Pflanzenöl heizen

*Neue Verfahrenstechnik für flüssige Brennstoffe in Entwicklung*

Pflanzenöl könnte künftig als alternativer Brennstoff für die häusliche Energieversorgung dienen und das heute vorwiegend verwendete Heizöl teilweise substituieren. In einem Forschungsprojekt entwickelt das OWI gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft ein modulierendes Brennersystem für Haushaltsheizungen, das mit Heizöl-Pflanzenöl-Gemischen sowie reinem Pflanzenöl betrieben werden kann. Um Pflanzenöle effizient und schadstoffarm einzusetzen, ist eine möglichst homogene Aufbereitung des flüssigen Brennstoffs zu einem Gasgemisch erforderlich. Dazu wird ein neues mikro-technologisches Verfahren zur Gemischaufbereitung entwickelt, das Pflanzenöl und Wasser zu einer Emulsion mischt. Mit einem neuen Zerstäubungsverfahren wird die Emulsion anschließend zerstäubt und in der Brennkammer homogen verteilt. Das Verfahren ermöglicht die Entwicklung eines modulierenden Ölbrenners für Haushaltsheizungen mit einem erweiterten Modulationsbereich.

Die automatische Anpassung der Leistung moderner Ölbrenner an den Wärmebedarf ist derzeit maximal in einem Bereich von 1:3 stufenlos regelbar. Zudem können sie zwar mit Heizöl EL und Beimischungen



## Heating with vegetable oil

*New process engineering for liquid fuels in development*

Vegetable oil could serve as an alternative fuel for the domestic energy supply in the future and could partially substitute the heating oil that is mainly used today. In a research project, OWI and partners from the industry and science are developing a modulating burner system for domestic heating, which can be operated both by mixture of heating- and vegetable oil- and by pure vegetable oil. In order to achieve an efficient and low-emission operation from vegetable oils, preparing a homogenous mixture of the liquid fuel with the gaseous mixture is necessary. For this purpose, a new micro-technological process is being developed, to create an emulsion of vegetable oil and water. Subsequently, the emulsion is atomized around fuel gas by means of a new atomization process and distributed homogeneously in the combustion chamber. The procedure enables the development of a modulating oil burner for domestic heating with an extended modulation range.

At present, the continuous automatic adjustment of input power of modern oil burners according to the heat demand is limited to the maximum range of 1:3. Furthermore, they can be operated by domestic heating oil and bio-fuel mixtures, but only a few systems are suitable for the use of vegetable oils. The usual start/stop cycles in conventional burners at constant power lead to higher pollutant emissions, such as soot and nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>), in the start-phase. With the development of mixture preparation and atomization procedure an extended continuous power modulation in the range of 1:5 (5 to 25 kW) is planned, which will enable a more efficient, low-emission burner operation that is adaptable to the heating demand. Furthermore, the development represents a contribution to the accomplishment expected in the diversity of liquid fuels in the medium-term.

*Prüfstand zur Entwicklung des Pflanzenölbrenners. /  
Experimental setup of the vegetable oil burner. (Photo: OWI)*



von Bioheizöl betrieben werden, aber nur wenige Systeme sind für den Einsatz von Pflanzenöl geeignet. Die bei herkömmlichen Brennern mit konstanter Leistung noch üblichen Start-Stopp-Zyklen bei kleinen Heizleistungen führen in der Startphase zu höheren Emissionen von Schadstoffen wie Ruß und Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>). Mit der Entwicklung des Gemischaufbereitungs- und Zerstäubungsverfahrens wird eine erweiterte stufenlose Leistungsmodulation auf ein Verhältnis von 1:5 (5 bis 25 kW) angestrebt, die einen deutlich effizienteren, schadstoffärmeren und an den Heizwärmebedarf angepassten Brennerbetrieb ermöglicht. Zudem stellt die Entwicklung einen Beitrag zur Bewältigung der mittelfristig zu erwartenden Diversität bei flüssigen Brennstoffen dar.

## Bessere Luft am Bau

*Neuer Partikelfilter für Baumaschinen entwickelt*

Neue Entwicklungen von Partikelfiltern für nicht-straßengebundene Fahrzeuge wie Bau- und Landmaschinen müssen die Regeneration des Filters nicht nur wie bisher im Stillstand und im Leerlauf ermöglichen, sondern auch im laufenden Maschinenbetrieb. Das Filtersystem SiC-CB der Physitron GmbH verfügt dazu neben einem katalytisch beschichteten Wall-Flow-Filter zur passiven Regeneration auch über einen neu entwickelten, kompakten und regelbaren Vollstrombrenner zur aktiven Regeneration, an dessen Entwicklung die Oel-Waerme-Institut GmbH beteiligt war. Das Partikelfilter-System eignet sich sowohl für die Ausrüstung von Bestands- als auch Neumaschinen. Das Filtersystem wird zurzeit bei einer Vielzahl von mobilen Maschinen nach VERT- und FAD-Vorgaben im Feldtest unter härtesten Bedingungen getestet.

Insbesondere bei langen Betriebsphasen im Leerlauf und Teillastbetrieb sind die Abgastemperaturen von Baumaschinen zu gering, um den Ruß, der sich im Dieselpartikelfilter ansammelt, in passiver Regeneration zu oxidieren. In der Folge führt die stetige Belastung des Dieselpartikelfilters mit Ruß dazu, dass immer weniger Abgas durch den Filter geleitet werden kann. Dadurch sinkt die Motorleistung und der Kraftstoffverbrauch steigt, es kann sogar zum Erliegen des



*Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. /  
The project is supported by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy due to a decision made by the German Bundestag.*

### **Kontakt/Contact:**

*Dipl.-Ing. David Diarra,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-126  
e-mail: D.Diarra@owi-aachen.de*

## Better air on construction sites

*Development of a new particle filter for construction machines*

New developments in particle filters for non-road vehicles, such as construction- and agricultural machines must not only enable the filter's regeneration during standstill or idling, but also during operation. The filter system SiC-CB of Physitron GmbH, alongside a catalytically coated wall-flow-filter for passive regeneration is equipped with a compact, controllable full flow burner for active regeneration. OWI participated decisively in the development of the latter. The particle filter system is suitable to be equipped in existing and new machines. Currently, the filter system is tested under extreme conditions according to VERT- und FAD guidelines with a large number of mobile machines.

Particularly during long idle and part load operations, exhaust gas temperatures of construction machines are too low in order to oxidize the soot in passive regeneration, which accumulates in the diesel particle filter. Consequently, the steady soot load of the diesel particle filter leads to less exhaust gas being passed through the filter. As a result, the engine power decreases, while the fuel consumption increases – the drive motor can even come to a standstill. In order to prevent such a case, active filter regeneration by additionally heating the exhaust gas up to the ignition temperature of the soot is required. Due to the inte-



Antriebsmotors kommen. Um dies zu vermeiden, ist eine aktive Regeneration des Filters durch eine zusätzliche Erwärmung des Motorabgases bis auf die Zündtemperatur des Rußes erforderlich. Durch den integrierten und in der Brennerleistung zwischen 3 kW und 75 kW regelbaren Vollstrombrenner mit Flammenumkehrung ist dies nun auch im laufenden Maschinenbetrieb möglich.

*Gefördert wurde das Projekt im Programm ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.*

.....  
**Kontakt/Contact:**

Dipl.-Ing. David Diarra,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-126  
e-mail: D.Diarra@owi-aachen.de

## Mikrobiologische Wechselwirkungen im Biobrennstoff

### *Vorkommen und Einflüsse aufgezeigt*

Flüssige Brennstoffe im Wärmemarkt werden stetig weiterentwickelt, insbesondere im Hinblick auf die Substitution fossiler durch regenerative Brennstoffe. Die technischen Rahmenbedingungen für die Einführung von alternativen Brennstoffen sind in der Brennstoffnorm DIN SPEC 51603-6 festgelegt. Erfahrungsgemäß sind Beimischungen von 5 % bis zu 20 % Bioheizöl (FAME) zum Heizöl möglich, damit die Grenzwerte der Norm eingehalten werden können, die für einen sicheren Betrieb von Heizungsanlagen definiert wurden. Dennoch wurde mit der Einführung von Bioheizöl immer wieder vermutet, der biogene Brennstoffanteil könne zu einem mikrobiologischen Befall des Brennstoffs und in der Folge zu Funktionsstörungen von Heizungsanlagen führen. In einer Präventivuntersuchung haben das Institut für Angewandte Mikrobiologie (iAMB) der RWTH Aachen und das Oel-Waerme-Institut nun Ursachen und Zusammenhänge erforscht.

grated full flow burner with flame inversion, whose power can be regulated between 3 kW and 75 kW, this requirement can be met now also during operation. The power regulation of the burner as well as the on- and off-switching of the system is regulated automatically: if the back pressure of the filter exceeds the maximally allowed pressure, the burner starts. The exhaust gas temperature can be increased from ca. 150 °C up to the ignition temperature of the soot of ca. 600 °C. If the pressure decreases under the specification limit after the combustion, the regeneration is completed and the burner switches off automatically.

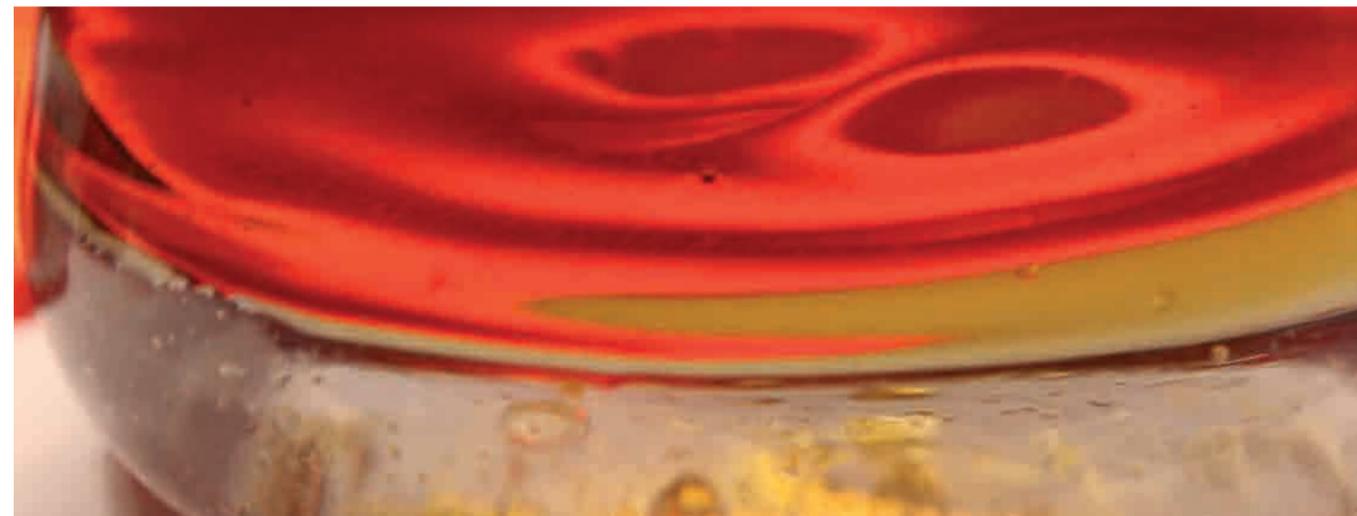
*The project was supported within the programme ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Central Innovation Programme Small Business of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy).*

## Microbiological interdependencies in bio fuel

### *Deposit and influences demonstrated*

Liquid fuels in the heating market are constantly further developed, in particular regarding the substitution of fossil fuels by regenerative ones. The technical framework conditions for the introduction of alternative fuels are set by the fuel standard DIN SPEC 51603-6. Experience shows that blendings of 5 % up to 20 % bio heating oil (FAME) to heating oil are possible, so that the limits of the defined standard for a safe operation of heating systems can be observed. However, since the introduction of bio heating oil questions arose, whether the biogenic fuel share could lead to a microbiological infestation of the fuel and thus to malfunctions of heating systems. Within preventive investigations the institute for applied microbiology (iAMB) of the RWTH Aachen and the Oel-Waerme-Institute analysed causes and correlations.

The most important results: FAME is hygroscopic and binds more water from ambient air in the fuel than heating oil. Due to the higher water content in biogenic fuels, free water phases can be formed, so that the



*Freie Wasserphase / Free water phase. (Photo: OWI)*

Die wichtigsten Ergebnisse: FAME ist hygroskopisch und besitzt die Eigenschaft, mehr Wasser aus der Umgebungsluft im Brennstoff zu binden als Heizöl. Durch den höheren Wassergehalt im biogenen Brennstoff können sich potenziell größere freie Wasserphasen ausbilden, in denen im Brennstoff vorhandene Mikroorganismen anwachsen können. Ein Wachstum wurde dabei nur in Präsenz einer freien Wasserphase beobachtet. Die Mikroorganismen erzeugten in FAME-haltigen Brennstoffen eine höhere Biomasse als in reinem mineralölstämmigem Heizöl EL. Das Wachstum wurde dabei nur an der Grenzschicht zwischen Brennstoff und freier Wasserphase nachgewiesen. Somit gilt es, die Bildung einer freien Wasserphase zu vermeiden und mikrobielles Wachstum im Falle seines Auftretens durch eine geeignete Tankreinigung zu entfernen.

Die detaillierten Ergebnisse wurden im DGMK-Bericht 715 veröffentlicht, der über [www.dgmk.de](http://www.dgmk.de) bestellt werden kann.

*Dieses IGF-Vorhaben 16596 N der Forschungsvereinigung Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. – DGMK wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

already existing micro organisms in the fuel can increase. Growth was recognized only in the presence of a free water phase. The micro organisms generated a higher biomass in FAME-containing fuels than in pure mineral oil based domestic heating oil. The growth was only proven at the boundary layer between fuel and free water phase. Therefore, it is essential to avoid the formation of a free water phase. In case of microbiological growth a tank care will be necessary ("good housekeeping").

Detailed results were published in the DGMK report 715, which can be ordered via [www.dgmk.de](http://www.dgmk.de).

*The IGF-project 16596 N of the research association German scientific association for crude oil, natural gas and coal e.V. – DGMK was supported via AiF as part of the program for the support of the industrial joint research and development (IGF) by the Federal Ministry for Economic Affairs and Technology due to a decision by the German Bundestag.*

.....  
**Kontakt/Contact:**

Simon Eiden  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-137  
e-mail: S.Eiden@owi-aachen.de



## Könnte hydriertes Pflanzenöl künftig das Brennstoffangebot ergänzen?

### *Forschungsaktivitäten für die Markteinführung*

Hydriertes Pflanzenöl (HVO, Hydrogenated Vegetable Oil) hat aufgrund seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften das Potenzial, das Angebot an fossilen und biogenen Brennstoffen im Raumwärmemarkt künftig zu ergänzen. Aus Sicht der Politik ist der Beitrag von HVO zum Klimaschutz interessant, weil es den Ausstoß von Treibhausgasen verringern könnte. Technisch möglich und wirtschaftlich ist sowohl die großtechnische Produktion in sogenannten „Stand-alone“-Anlagen als auch die gemeinsame Hydrierung von Pflanzenöl und der Heizöl-Diesel-Fraktion in konventionellen Raffinerieprozessen (Coproprocessing). HVO aus „Stand-alone“-Anlagen ist heute schon im Markt verfügbar. Der Kenntnisstand beider Produktionsprozesse und den anwendungstechnischen Eigenschaften des biogenen Brennstoffs muss allerdings noch erweitert werden.

Hier setzt ein gemeinsames Projekt des Oel-Waerme-Instituts und des Instituts für Energieverfahrenstechnik- und Chemieingenieurwesen an der TU Bergakademie Freiberg an, das wesentliche Erkenntnisse liefern soll, die zur Einführung von hydrierten Pflanzenölen in den Raumwärmemarkt erforderlich sind. Aus anlagentechnischer Sicht sind insbesondere belastbare reaktionstechnische Daten als Grundlage für die Auslegung, Anpassung und den Betrieb von technischen Reaktoren zur Nutzung von Pflanzenölen im Coprocessing ebenso wie von „Stand-alone“-Anlagen zu ermitteln. Zudem sind geeignete schwefelfreie Katalysatoren für den Prozess der Hydrierung von Pflanzenölen zu entwickeln. Beim Coprocessing wird Pflanzenöl durch eine „katalytische Reaktion“ mit Wasserstoff (Hydrierung) in HVO umgewandelt. Die Rohstoffbasis können sowohl flexible Mischungen verschiedener Pflanzenöle sein als auch tierische Fette aus Abfällen.

Aus anwendungstechnischer Sicht wird überprüft, bis zu welchen HVO-Beimischungen zu Heizöl EL die Parameter der Brennstoffnorm DIN SPEC 51603-6 „Heizöl



## Could hydrogenated vegetable oil complement fuels in the domestic heating market?

### *Need for research for market launch*

Due to its chemical-physical characteristics, hydrogenated vegetable oil (HVO) offers the potential to complement fossil and biogenic fuels in the domestic heating market. From a political point of view, HVO is interesting in respect of climate protection, because it could decrease greenhouse gas emissions. The large scale production in stand-alone plants as well as the joint hydration of vegetable oil and the heating oil – diesel – fraction in conventional refinery processes (coprocessing) is technically possible and economically interesting. HVO produced in stand-alone plants is already available on the market. However, know-how about both production processes and the application-specific characteristics of the resulting biogenic fuel must be expanded.

A joint project of the Oel-Waerme-Institute and the Institute for Energy Process Engineering and Chemical Engineering of the TU Bergakademie Freiberg is supposed to provide essential insights required for the market launch of hydrated vegetable oils. With regard to plant engineering, reliable technical reaction data for the use of vegetable oils within coprocessing as well as in stand-alone plants must be gathered. The data is supposed to serve as a basis for the design, adaption and operation of technical reactors. Moreover, suitable sulfur-free catalysts for hydration processes of vegetable oils have to be developed. Within coprocessing vegetable oil is in a catalytic reaction with hydrogen converted into HVO. The basic resources can be flexible mixtures of vegetable oil as well as waste of animal fat.

Concerning the application technology, it is investigated, which HVO-admixtures fulfil the fuel requirements set by standard DIN SPEC 51603-6 „Heating oil EL Alternative“ or DIN 51603-1. Furthermore, measurement techniques must be validated in order to determine the proportion of HVO present in domestic heating oil. Characteristics concerning combustion technology of HVO and various blends have to be



EL Alternativ“ bzw. DIN 51603-1 eingehalten werden. Zudem sind Messverfahren zu validieren, mit denen der Anteil an HVO in Heizöl EL bestimmt werden kann. Die verbrennungstechnischen Eigenschaften von HVO und unterschiedlichen Blends mit Heizöl und FAME sind zum Beispiel im Prüfflammrohr und durch Langzeitversuche in kommerziellen Brennwertgeräten im Hinblick auf Schadstoffemissionen zu untersuchen. Und schließlich ist auch die Stabilität der Blends bei der Langzeitlagerung eine wichtige Eigenschaft, die zu prüfen ist.

*Das IGF-Vorhaben 16787 BG der Forschungsvereinigung Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. – DGMMK, wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.*

## „Anti-Ageing“ für Heizöl

### *OWI testet Additive*

Wenn Heizöl im Keller über mehrere Jahre lagert, dann kann das Auswirkungen auf die Qualität des Brennstoffs haben. Inwieweit das in der Folge zu einem schlechteren Wirkungsgrad der Ölheizung führen kann, wird in Fachkreisen derzeit diskutiert. Die tatsächlich ablaufenden Alterungsmechanismen und ihre Einflüsse auf den Wirkungsgrad lassen sich aufgrund der komplexen Zusammensetzung von Heizöl und potenziellen Beimischungen von Biobrennstoffen bisher nicht ausreichend wissenschaftlich belegen. Den komplexen Zusammenhängen geht das Oel-Waerme-Institut in unterschiedlichen Forschungsprojekten auf den Grund.

*OWI-Prüfstand: Hier werden 4.000 Liter Heizöl forciert gealtert, um die Wirksamkeit eines Anti-Ageing-Additivs zu testen. / OWI test bench: 4,000 litres of heating oil are forcedly aged to test the effectiveness of „anti-ageing“ additives. (Photo: OWI)*



investigated, for instance in the test tube and within long-term experiments and in commercial condensing boilers with regard to pollutant emissions. Finally, the stability of fuel-blends presents an important characteristic that must be investigated with a view to long-term storage.

*The IGF-project 16787 BG of the research association „German Economical Association for Oil, Natural Gas and Coal e.V. (DGMMK) is supported via AiF within the program for the support of industrial joint research and –development (IGF) by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.*

### **Kontakt/Contact:**

Sebastian Feldhoff  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-117  
e-mail: S.Feldhoff@owi-aachen.de

## „Anti-Ageing“ for Heating Oil

### *OWI is testing additives*

The storage of heating oil in basements over several years can have effects on the quality of the fuel. To what extent this could affect the efficiency of the heating device is currently discussed among experts. So far, it has not been possible to sufficiently document





Am OWI laufen kontinuierlich Tests von Brennstoff-Additiven, die Alterungsprozesse des Heizöls verzögern sollen. Dazu wurden am OWI beispielsweise 4.000 Liter Heizöl forciert gealtert, um Alterungsprozesse zu simulieren, die normalerweise über mehrere Jahre ablaufen. Zum Test der Wirksamkeit dieses „Anti-Ageing“-Additivs wurde am OWI ein Prüfstand mit zweimal 2.000 Litern Heizöl aufgebaut, der additiviertes und parallel dazu nicht-additiviertes Heizöl enthält. Unter Einflüssen, wie sie auch in einem Heizungskeller vorherrschen können, werden die beiden Heizöle zunächst forciert gealtert und anschließend an einem weiteren Prüfstand unter kontrollierten Bedingungen in einem Standard-Heizkessel verbrannt. Aus Labortests, die die Qualität des Heizöls bewerten sollen, und der Untersuchung des Wirkungsgrads der Wärmeerzeugung ergeben sich Rückschlüsse auf die Wirksamkeit des Additivs. Gleichzeitig werden so neue Erkenntnisse über Alterungsprozesse von Brennstoffen im Allgemeinen gewonnen.

#### **Kontakt/Contact:**

Dipl.-Ing. Hajo Hoffmann,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-132  
e-mail: H.Hoffmann@owi-aachen.de

## Druckbrennkammer in Betrieb genommen

### *Entwicklung von Verbrennungsverfahren unter Druck*

Am Oel-Waerme-Institut wurde im Herbst 2013 eine Druckbrennkammer aufgebaut und in Betrieb genommen. Der Versuchsaufbau ermöglicht die exakte Untersuchung von Verbrennungsvorgängen unter erhöhtem Druck bis 5 bar. Mit Hilfe von modularen Schnittstellen können verschiedenste Brennergeometrien untersucht werden. Die Eingangstemperaturen und der Brennkammerdruck des Versuchsaufbaus können frei variiert werden. Die vollautomatische Massendurchflussregelung von Brennstoff und Luft gewährleistet eine exakte Verbrennungsführung in einem weiten Modulationsbereich. Mehrere optische

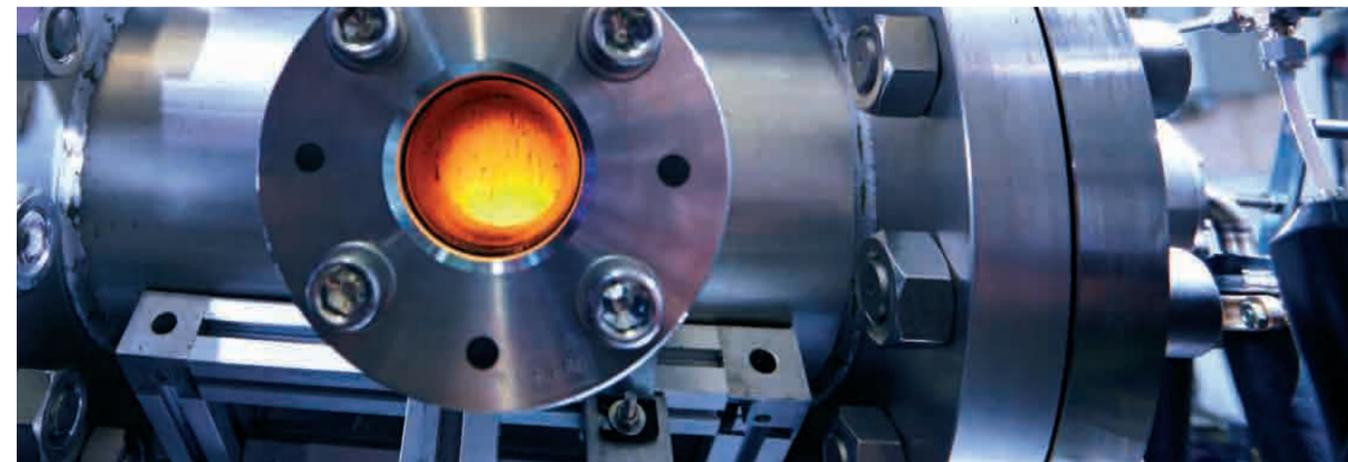
the actual ageing mechanisms and their influence on the efficiency because of the complex composition of heating oil and due to potential admixtures of biogenic fuels. OWI is investigating these complex compositions in different research projects.

OWI tests continually fuel additives that are supposed to slow down the ageing process of the heating oil. For instance, 4,000 litres of heating oil were aged forcedly to simulate the ageing processes which usually occur over several years. To test these “anti-ageing” additives, OWI has a test bench with two canisters: one containing 2,000 litres of heating oil with additives and the other containing 2,000 litres of heating oil without additives. First, these heating oils are aged forcedly under the conditions that can occur in boiler rooms and then combusted in a standard boiler under controlled conditions. Laboratory tests that evaluate the quality of the heating oil and the examination of the efficiency of the heat generation allow conclusions about the effectiveness of the additive. At the same time, new general information about the ageing processes of fuels can be obtained.

## High pressure combustion chamber put into operation

### *Development of combustion procedures under pressure*

In autumn 2013 a high pressure combustion chamber was set up and put into operation at OWI. The experimental set-up enables the exact investigation of combustion processes under increased pressure of up to 5 bar. Various combustion geometries can be tested by means of modular interfaces. Inlet temperature and combustion chamber pressure of the experimental set-up can be varied freely. The fully automatic mass flow control of the fuel and the air is guaranteed by an exact combustion management in a wide modulation range. Several optical accesses enable the use of contact-free measuring techniques (e.g. infrared



*Druckbrennkammer.*

*Pressurized combustion chamber. (Photo: Kai Funck)*

Zugänge ermöglichen den Einsatz berührungsloser Messtechnik (z. B. Infrarotthermografie) im laufenden Betrieb. Hochtemperatur-Thermoelemente können Systemtemperaturen bis 1850 K erfassen. Die integrierte Abgasanalytik umfasst neben der Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Kohlenmonoxid-Messung einen Hochpräzisionsmesskanal für Stickoxidmessungen bis zu einer Verdünnung von 0,005 ppm. Außerdem kann eine Lachgaskonzentration ( $N_2O$ ) bis zu einer Verdünnung von 1 ppm im Abgas nachgewiesen werden.

Aktuell wird die Druckbrennkammer zur Entwicklung eines Verbrennungssystems für eine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage auf Basis einer Mikro-Gasturbine eingesetzt. Dabei werden Brennkammereintrittstemperaturen von rund 1000 K bei einem Massenfluss von 50 g/s und einem Brennkammerdruck von 3,4 bar realisiert. Ziel der Entwicklung ist die Verbrennung von flüssigen Energieträgern bei geringen Schadstoffemissionen, einer druckverlustarmen Flammenstabilisierung, einer hohen Leistungsdichte ( $\sim 40 \text{ MW/m}^3$ ) sowie geringer thermischer Belastung der verwendeten Bauteile. In den ersten Versuchen konnten durch die Verwendung von transparenten Brennerbauteilen und optischen Messverfahren wichtige Erkenntnisse über die Stabilisierung der Verbrennungsreaktion innerhalb der Brennkammer gewonnen werden.

thermography) during operation. High temperature thermo elements can record system temperatures of up to 1850 K. The integrated exhaust gas analytics encompasses – besides carbon dioxide-, oxygen-, carbon monoxide measurements – a high accuracy measuring channel for nitrogen oxide measurements up to a dilution of 0,005 ppm. Moreover, a nitrous oxide concentration ( $N_2O$ ) up to a dilution of 1 ppm in the exhaust gas can be proved.

Currently, the pressure combustion chamber is used for the development of a combustion system for a combined heat and power system based on a micro gas turbine. Combustion chamber inlet temperatures of 1000 K are realized at a mass flow of 50 g/s and a combustion chamber pressure of 3,4 bar. The development aims at the combustion of liquid fuels with low pollutant emissions, a pressure low-loss flame stabilization, a high power density ( $\sim 40 \text{ MW/m}^3$ ) and low thermal load of the used components. Important insights of the stabilization of the combustion reaction within the combustion chamber could be gained by means of first tests using transparent burner components and optical measurements.

#### **Kontakt/Contact:**

Dr. Ing. Roy Hermanns,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-163  
e-mail: R.Hermanns@owi-aachen.de



## Konstruktionshilfe für den Heizungs- und Industrieofenbau

### *Bewertungsverfahren für metallische Bauteile in der Hochtemperaturanwendung entwickelt*

Ein neues, computerbasiertes Bewertungsverfahren unterstützt Unternehmen im Industrieofen- und Heizungsbau bei der Konstruktion von metallischen zylindrischen Bauteilen und Rollen. Mit dem Verfahren können aus Kriechdaten eines Werkstoffes und der Abmessung eines Bauteils sowie der Betriebstemperatur und -dauer die zu erwartende Formänderung und eine Lebensdauer prognostiziert werden. Die Werkstoffauswahl und die Dimensionen der Bauteile können so im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit optimiert werden. Entwickelt wurde das Bewertungsverfahren vom Oel-Waerme-Institut und dem Institut für Werkstoffkunde (IfW) der TU Darmstadt in Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung im Rahmen des Verbundprojektes „HT-Life-PLUS“.

Die Grundlage des Verfahrens bilden mechanische Werkstoffkennwerte. Für drei Hochtemperaturlegierungen wurden im Projekt solche Kennwerte in einer Reihe von Experimenten am IfW und am OWI bestimmt. Programmiert wurde das Verfahren mit dem Microsoft Office-Produkt MS-Excel. Spezifische Belastungskollektive können vorgegeben und die Materialkennwerte eingegeben werden. Um die Datenbasis mit zusätzlichen Werkstoffen und Kennwerten zu erweitern, wird die Durchführung von Nachfolgeprojekten angestrebt. Darüber hinaus kann das Bewertungsverfahren am OWI für den Einsatz in weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Industriepartnern eingesetzt werden.

*Gefördert wurde das Verbundprojekt aus dem Programm „Förderung von innovativen Netzwerken“ (InnoNet) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.*

#### **Kontakt/ Contact:**

Dr. rer. nat. Helen Ackermann,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-140  
e-mail: H.Ackermann@owi-aachen.de

## Supporting the manufacturer of heating systems and industrial furnaces

### *A method for assessment of metallic components in high-temperature applications*

A new, computer-based assessment method supports companies in the industrial furnace and heating system construction regarding metallic, cylindrical components and rollers. By means of this method, the expected change in shape and the service life can be predicted from creep data of the material. Input are the component dimensions and the operating temperature. Thus, the choice of material and the dimension of components can be optimised with regard to profitability. The method has been developed in the scope of the joint research project “HT-Life-PLUS” by the Oel-Waerme-Institut and the Institut für Werkstoffkunde (IfW), TU Darmstadt, in cooperation with partners from industry and research.

The fundament of this method provides the mechanical properties of the material. Within the scope of this project, such properties have been determined for three high-temperature alloys in a series of experiments conducted at IfW and OWI. The method has been programmed in Microsoft Excel. It demands input of operating temperature and component dimensions. The program allows access to the material data and the user can expand the data basis with further materials. The assessment method can be used by OWI for further research and development projects with industry partners.

*The joint project was funded by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy in the program “Förderung von innovativen Netzwerken” (InnoNet).*



## Wenn die Heizung zu laut ist

### *OWI untersucht akustische Phänomene von Feuerungsanlagen*

Moderne Feuerungssysteme zur Wärmeerzeugung sollen immer kompakter, effizienter und umweltschonender werden. Diese Marktanforderungen gelten für Haushaltsheizungen, Raumwärmesysteme in Gewerbebetrieben und industrielle Großfeuerungen aller Leistungsstufen gleichermaßen. Die zunehmende Leistungsdichte in immer kleineren Brennersystemen führt unabhängig davon, mit welchem Energieträger sie betrieben werden, zu einer größeren Anfälligkeit für Verbrennungsschwingungen. Teils erhebliche Geräuschbelästigungen, mechanische Belastung der Brennkammer, Beeinträchtigung der Verbrennung und Flammeninstabilität bis zum Erlöschen sind mögliche Folgen dieser Schwingungen.

Das OWI beschäftigt sich mit der Ursachenforschung von selbsterregten Verbrennungsschwingungen (SEV) ebenso wie mit der Weiterentwicklung geeigneter, kostenoptimierter Messtechniken zur Bestimmung von SEV. Zu diesem Themenbereich wurden am OWI in den vergangenen Jahren zahlreiche Untersuchungen an Prototypen und marktgängigen Anlagen im Leistungsbereich von 5 kW bis 3 MW durchgeführt. Das Ziel ist, die Anregung der SEV zumindest so weit zu reduzieren, dass ein sicherer Betrieb der Anlage und akzeptable Geräuschemissionen in ihrer unmittelbaren Umgebung gewährleistet werden können. Die von SEV betroffenen Brennersysteme variieren hinsichtlich Bauweise der Brenner, Geometrie, Flammenform, Betriebsweise etc. stark, daher ist stets eine system-individuelle Diagnose der Ursachen und möglicher Lösungsansätze zu entwickeln.

Da die bekannten Theorien und Modelle zu thermoakustischen Schwingungen zumeist nur einfache, idealisierte Systeme erfolgreich beschreiben können, die bei den für moderne Anlagen typischen hochturbulenten Flammen jedoch nur eingeschränkt anwendbar sind, erfolgt die Analyse marktgängiger akustisch anfälliger Systeme am OWI primär experimentell. Dies bedeutet, dass die für die Beschreibung des schwingenden Systems relevanten Größen wie Eigenfrequenz, Stärke der Anregung, Phasenlage zwischen Druck und Wärmefreisetzung usw. nicht rechnerisch, sondern messtechnisch am Gerät selber ermittelt werden.

## Boiler noise

### *OWI investigates acoustic phenomena of combustion systems*

Modern combustion systems for heat generation are supposed to become more compact, more efficient and environmentally friendly. These market requirements equally apply to domestic heatings, room heating systems in commercial operations and large-scale industrial combustion systems of various performance classes. The increasing power density in smaller combustion systems leads to a higher susceptibility to combustion vibrations – independently from the fuel they are operated by. Significant noise emissions, mechanical stress of the combustion chamber, and impairment of the combustion and flame stability up to extinction are possible consequences of these vibrations.

OWI is dealing with basic research on self-excited combustion oscillations (SCO) as well as the development of suitable, cost-optimized measuring technologies for the determination of SCO. Regarding this topic numerous investigations on prototypes and marketable systems with heat input from 5 kW to 3 MW were carried out at OWI in the past years. The aim is to reduce the excitation of thermo acoustic oscillations so far that a safe system operation and acceptable noise emissions can be guaranteed in their immediate surroundings. The combustion systems affected by SCO vary with regard to the construction of the burner, geometry, flame shape, operational mode etc. As a result, a system-individual diagnosis of the causes and possible solution-oriented approaches must be developed.

As the known theories and models regarding thermo acoustic oscillations are only able to describe simple, idealized systems and can only be applied limitedly to the highly turbulent flames of modern systems, the analysis of common heating systems with a tendency to acoustic excitation is carried out experimentally at OWI. Consequently, relevant dimensions, such as resonance-frequency, strength of the excitation, phase between pressure and heat release are not calculated mathematically, but determined experimentally.

#### **Kontakt/ Contact:**

Dr.-Ing. Ralph Edenhofer,  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-130  
e-mail: R.Edenhofer@owi-aachen.de



## Prof. Dr. Herbert Pfeifer

„Auch Forschungsinstitute müssen unternehmerisch denken und handeln.“ /  
 "Research institutes must think and act entrepreneurially."

Photo: OWI



Prof. Dr. Herbert Pfeifer ist seit Dezember 2007 wissenschaftlicher Leiter des Oel-Waerme-Instituts (OWI). Hauptberuflich leitet er das Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik (IOB) an der RWTH Aachen. Im Gespräch erläutert er die Entwicklung und Zukunftsperspektiven des OWI als freie Forschungsgesellschaft unter den Rahmenbedingungen des Marktes und gesetzlicher Regelungen.

Herr Professor Pfeifer, wie beurteilen Sie rückblickend die bisherige Entwicklung des OWI?

Das Oel-Waerme-Institut hat seit seiner Gründung 1998 eine beeindruckende Entwicklung genommen, sowohl wissenschaftlich als auch ökonomisch. Es hat sich mit anwendungsorientierter F&E in verschiedenen Bereichen der umweltschonenden Wärme- und Stromerzeugung die Anerkennung in der Fachwelt erarbeitet. Dazu zählen zum Beispiel die Brennstoffzellentechnologie und die Reformierung von Kraftstoffen, der Einsatz energiesparender Verfahren und Technologien in der Heizungs- und Thermoprozesstechnik und die Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten regenerativer Brenn- und Kraftstoffe in modernen Technologien. Auf der Basis von Ergebnissen aus der Grundlagenforschung entwickelt das OWI gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie neue Verfahren und Produkte bis zur technischen Reife, wie zum Beispiel eine Brennstoffzellen-APU (Auxiliary Power Unit) für Trucks. Die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit führte 2007 zur Anerkennung des OWI als An-Institut der RWTH Aachen. Die RWTH erkennt externe Institutionen als Einrichtung an der Hochschule an, wenn diese wissenschaftliche Aufgaben erfüllen, für die die Hochschule selbst keine Kapazitäten hat, beziehungsweise die Tätigkeiten nicht deren Kernkompetenz darstellen und ihre Forschungs- und Entwicklungsprojekte dem Technologietransfer in die Industrie dienen.

Die wissenschaftliche und ökonomische Entwicklung gingen dabei Hand in Hand. Als gemeinnützige GmbH hat das OWI in den letzten fünf Jahren rund 4 Mio. Euro Umsatz jährlich erwirtschaftet und die Zahl der Mitarbeiter hat sich bei rund 90 eingependelt, trotz



Prof. Dr. Herbert Pfeifer is the scientific head of the Oel-Waerme-Institute (OWI) since December 2007. As a full-time professor he leads the Institute for Industrial Furnace Construction and Heat Technology (IOB) of the RWTH Aachen. In the interview he explains the development and future prospects of OWI as a free research association under the framework conditions of market and legal regulations.

Mr. Pfeifer, how do you assess OWI's development in retrospect?

The Oel-Waerme-Institut has made a significant development with regard to science as well as economy since its foundation in 1998. It has gained recognition among experts through application oriented research and development in different areas of environmentally friendly heat and power generation. Among these areas count, for instance, fuel cell technology and fuel reforming, the use of energy-saving procedures and technologies in the heating and thermo process technology and the expansion of application possibilities of regenerative fuels in modern technologies. On the basis of results from basic research and in cooperation with scientific partners OWI develops new procedures and products up to their technical maturity, such as a Fuel Cell Auxiliary Power Unit for trucks. The quality of OWI's scientific work has led to its recognition as an affiliated institute to RWTH Aachen University in 2007. RWTH recognizes external institutions as affiliated ones to the university, if they fulfill scientific tasks, for which the university does not have capacities itself or the tasks do not present their core competence and if their development projects serve the technology transfer into the industry.

The scientific and economic development went hand in hand. As a non-profit Ltd OWI generated ca. 4 Mio. Euro per year in the past five years. The number of employees at OWI leveled off at ca. 90, despite the difficult framework conditions, since the financial situation of free research institutions is more difficult than that of the ones being supported by public authorities. Even OWI can act only within the partially restricted regulations and laws of research support.



der schwierigen Rahmenbedingungen, denn die finanzielle Situation freier Forschungsinstitute ist schwieriger als derjenigen, die durch die öffentliche Hand grundfinanziert werden. Auch das OWI kann sich nur innerhalb der teilweise engen Regeln und Gesetze der Forschungsförderung bewegen.

**Freie Forschungsinstitute erhalten in der Regel keine Grundfinanzierung und sind daher auf Projektfinanzierungen angewiesen. Trifft das auch für das OWI zu?**

Ja, das OWI erhält keinerlei Zuschüsse durch die Hochschule Aachen oder gar eine Grundfinanzierung aus Mitteln der Länder, des Bundes oder von Stiftungen. Es muss Forschungsaufträge stets einzeln akquirieren, wobei der Status der Gemeinnützigkeit bisher immer hilfreich war, weil er den Zugang zu Projektfinanzierungen aus den Förderprogrammen des Bundes und der Länder ermöglichte. Die Gemeinnützigkeit bringt aber auch enge Regeln und Grenzen mit sich, innerhalb derer F&E-Aktivitäten durchzuführen sind. Die finanzielle Förderung in den öffentlichen Projekten ist in der Regel auf die ganz konkrete Projektarbeit begrenzt. Die an freien Forschungsinstituten entstehenden Gemeinkosten werden in der Regel durch diese öffentlich geförderten Projekte nur unzureichend abgedeckt. So müssen die Aufgaben des Innendienstes, wie zum Beispiel Personal-Recruiting und -Entwicklung, Buchhaltung, Infrastruktur, Konstruktion und Fertigung, Marketing und Öffentlichkeitsarbeit, aber auch Grundlagenprojekte zur Entwicklung neuer Technologien als Basis für weiterführende anwendungsorientierte Projekte vom OWI selbst finanziert werden. Dies war durch den begrenzten Anteil aus rentablen, reinen Industrieaufträgen immer schwieriger realisierbar, denn gleichzeitig beschränkten steuerrechtliche Regeln für gemeinnützige Forschungsinstitute den Anteil der erlaubten industriellen Auftragsforschung auf maximal 50 %. Das bedeutete, dass der kleinere Anteil der Industrieprojekte überproportional rentabel sein musste, um die Gemeinkosten voll decken zu können.

*„Das OWI erhält keine Zuschüsse durch die Hochschule Aachen oder eine Grundfinanzierung, es muss Forschungsaufträge akquirieren.“ / „OWI does not receive grants from the University or basic funding, it has to acquire research assignments.“ (Photo: OWI)*

**Wie geht das OWI mit dieser Problematik um? Mit welchen Maßnahmen wird gegengesteuert, um die Finanzierung langfristig zu sichern?**

Die stetige Optimierung der Gemeinkosten ist ohnehin eine Daueraufgabe. Es geht also vor allem darum, kreative Lösungen zu entwickeln. Auch freie Forschungsinstitute wie das OWI müssen unternehmerisch denken und handeln, um sich markt- und konkurrenzfähig aufzustellen. Hilfreich dabei ist einerseits, dass die Hürden für die Durchführung industrieller Auftragsforschung durch den Gesetzgeber 2013 beseitigt wurden, so dass sie nun größer als 50 % sein dürfen. So entstehen mehr Freiräume für kostendeckende Tätigkeiten. Das OWI ist für diese veränderte



**Free research institutes usually do not receive basic funding and are thus reliant upon project financing. Does that apply to OWI?**

Yes, OWI does not receive grants from the RWTH Aachen University or basic funding from federal states, the government or foundations. It has to acquire research assignments continuously, however the status of public utility has been helpful because it enabled access to financing projects from promotional programmes of the government and the federal states. However, public utility involves strict regulations and limits for the implementation of research and development activities. The financial support for public projects is usually limited to concrete project work. The overhead costs, which arise at the free research institutes, are not sufficiently covered by the publicly supported projects. The tasks of the office work, such as staff-recruiting and -development, bookwork, infrastructure, construction and manufacturing, marketing and public relations, but also basic projects for the development of new technologies as the basis for further application-oriented projects must be self-financed. This is difficult to realize due to the limited share from profitable, pure industry assignments. And at the same time fiscal regulations for non-profit research institutions limit the share of the industrial commissioned research to max. 50 %. As a result, the small share of the industry projects must be disproportionately profitable in order to cover the overhead costs.

**How does OWI handle this difficulty? Which measures are taken to ensure the financing in the long-term?**

The continuous optimization of the overhead costs is a permanent challenge anyway. Creative solutions must be developed. Free research institutes like OWI must think and act entrepreneurially to be competitive. It was helpful that the legislator abolished the obstacles for the implementation of industrial contract research in 2013 which allows more than 50 %. OWI is prepared for the changed orientation, since its acquisition and implementation of industrial research contracts is not new. The experience that has been gained through projects with clients, e.g. of the automobile industry, the mineral oil industry or the heating industry provides the base. For industrial

clients the cooperation with OWI is interesting because the R&D costs can be reduced by means of public funds from promotional programs. OWI shares the knowledge of suitable promotional projects, petition conditions, processes regarding the application and approval procedures with companies and institutions. Research partners must concentrate on promotional programs that cover a high share of the overhead costs. In the case of remaining shortfalls, ways to cover them must be found. Industrial research assignments must not have a service character, but support innovation instead. Repeated activities, such as measurements or efficiency determination, are considered as services by the legislator. The implementation of such standard services would fiscally mean "economical operation" of OWI and could lead to the loss of public utility.

**Such an orientation change includes also an entrepreneurial strategy that offers R&D services in line with market requirements. How does OWI imagine fulfilling this task?**

In 2011 OWI has already begun to promote the company development systematically. Under the keyword "Strategy 2020" efficient ideas for new projects and competence as well as topic fields have been worked out for the short, middle and long term. A part of these ideas has already been implemented. The company development is conceptually accompanied and underpinned with a marketing-concept so that it has a sustainable basis in the long term. The activities aim at a development of new client- and market segments. Potentials lie in the accompanied research regarding the market launch of new, biogenic fuels, new developments in the combustion technology and the high innovation pressure in the automobile industry developing cost-efficient and environmentally friendly technologies.

Several starting points for the implementation of standardized services are the result of the R&D activities. Consequently, the outsourcing of these activities in a subsidiary company to be newly founded is prepared. By means of an agreement of transfer of profits this can contribute to the cost coverage of the non-profit Ltd OWI.



Ausrichtung gut aufgestellt, denn neu ist die Akquisition und Umsetzung industrieller Forschungsaufträge nicht. Die Basis dafür sind bereits umfassende Erfahrungen, die in Projekten mit Kunden, zum Beispiel aus der Automobilindustrie, der Mineralölindustrie und der Heizgerätebranche gesammelt wurden.

Für Industriekunden ist die Zusammenarbeit mit dem OWI auch deshalb interessant, weil durch die Beantragung finanzieller Mittel aus öffentlichen Förderprogrammen die F&E-Kosten reduziert werden können. Das Wissen um geeignete Förderprogramme, Antragsvoraussetzungen, Abläufe bei der Antragstellung und den Bewilligungsverfahren bringt OWI in die Kooperation mit Unternehmen und Institutionen ein. Hier müssen sich die Forschungspartner auf Förderprogramme konzentrieren, die einen möglichst hohen Anteil an Gemeinkosten decken. Bei verbleibenden Deckungslücken sind Wege zu finden, wie diese geschlossen werden können.

Industrielle Auftragsforschung darf aber nach wie vor keinen Dienstleistungscharakter haben, sondern setzt voraus, dass daraus eine innovative Neuerung entsteht. Sich wiederholende Tätigkeiten wie Messungen oder Wirkungsgradbestimmungen werden vom Gesetzgeber als Dienstleistungen aufgefasst. Die Ausführung von solchen Standarddienstleistungen würde steuerrechtlich einen „wirtschaftlichen Betrieb“ des OWI bedeuten und könnte zum Verlust der Gemeinnützigkeit führen.

**Zu einer solchen veränderten Ausrichtung gehört aber auch eine unternehmerische Strategie, die F&E-Leistungen marktgerecht anbietet. Wie stellt sich das OWI da zukünftig auf?**

Das OWI hat bereits 2011 damit begonnen, die Unternehmensentwicklung systematisch voranzutreiben. Unter dem Stichwort „Strategie 2020“ sind kurz-, mittel- und langfristig wirksame Ideen für neue Projekte und Kompetenz- sowie Themenfelder erarbeitet und zum Teil auch bereits umgesetzt worden. Die Unternehmensentwicklung wird darüber hinaus konzeptionell begleitet und mit einem Marketing-Konzept hinterlegt, damit sie eine langfristig tragfähige Basis erhält. Die Aktivitäten zielen also auch auf die Erschließung neuer Kunden- und Marktsegmente.

Potenziale liegen hier beispielsweise in der begleitenden Forschung zur Markteinführung neuer, biogener Brenn- und Kraftstoffe, neuen Entwicklungen in der Verbrennungstechnik und dem hohen Innovationsdruck in der Automobilindustrie bei der Entwicklung sparsamer und umweltschonender Technologien.

Da sich aus den F&E-Aktivitäten auch zahlreiche Ansatzpunkte für die Durchführung von standardisierten Dienstleistungen ergeben, wird derzeit die Ausgliederung dieser Tätigkeiten in eine neu zu gründende Tochtergesellschaft vorbereitet. Durch Gewinnabführungsvereinbarungen kann dies wiederum zur Kostendeckung der gemeinnützigen OWI GmbH beitragen.

**Die Thermo- und Prozess-Technologie ist die Schnittstelle zwischen Ihrem Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik an der RWTH und dem OWI. Wo sehen Sie da Synergien?**

Für alle außeruniversitären naturwissenschaftlichen/technischen Forschungsinstitute ist der enge Kontakt zu den Universitäten von großer Bedeutung. Auf dem Gebiet der Thermo- und Prozess-Technologie herrscht seit eh und je ein enger Kontakt zwischen dem OWI und dem Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik der RWTH Aachen, zumal die Ursprünge des OWI auch am IOB liegen. Auch das IOB hat sich in den vergangenen Jahren stetig in den Kennzahlen der eingeworbenen Drittmittel und der Lehre verbessert. So wurden aktuell die Projekte in der industriellen Gemeinschaftsforschung AiF deutlich gesteigert, wobei darin auch Kooperationen von OWI und IOB enthalten sind. Auch für die Studierenden der Fachgruppe Werkstoffwissenschaften und Materialtechnik (MuW) wird das Institut immer wichtiger, was sich unter anderem in den sehr hohen Zahlen der Prüfungen sowie Bachelor- und Masterarbeiten zeigt. Im Bereich der Grundlagenforschung der Thermo- und Prozess-Technologie, zum Beispiel Verbrennung, Simulation von Prozessen der Thermo- und Prozess-Technologie und des Transfers dieser Ergebnisse in die Industrie wird die Kooperation in den nächsten Jahren noch intensiviert werden.



„Das OWI ist gut aufgestellt für die Durchführung industrieller Auftragsforschung.“ /  
“OWI is well prepared for the implementation of industrial research contracts.” (Photo: OWI)

**The thermo process technology presents the interface between your Institute for Industrial Furnace Construction and Heat Technology of the RWTH and OWI. Where do you see synergies?**

For all extramural and scientific/technical research institutes close contact with universities is of great importance. With regard to thermo process technology OWI and IOB maintain regular contact, especially since the origin of OWI lie at IOB. IOB has also improved in the last years with regard to figures of third-party-funds and teaching. Currently, projects in the industrial joint research AiF were increased, wherein cooperation of OWI and IOB is also main-

tained. The institute is also more important for students of the professional group materials engineering and technology (MuW) which can be seen through the means of the high numbers of exams as well as Bachelor- and Master Theses. In the field of basic research of thermo process technology, e.g. combustion, simulation of thermo processes and the transfer of the results into the industry, the cooperation will be intensified in the next years.

## Vorträge/Presentations

### H. Hoffmann, H. vom Schloß

Development of a Non-Engine Fuel Injector Deposit Test for Alternative Fuels, 9th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, 15. - 17. Januar 2013, Stuttgart

### M. Neulen, H. vom Schloß

Application characteristics of fuels with biogenic components, 9th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, 15. - 17. Januar 2013, Stuttgart

### W. Koch, H. Hoffmann, H. vom Schloß

Stability of liquid fuels with biogenic content, 9th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, 15. - 17. Januar 2013, Stuttgart

### M. Grote, M. Brenner, K. Lucka

Optimierung eines kompakten Dieseldampfreformers, ProcessNet Jahrestreffen Hochtemperaturtechnik u. Technische Reaktionen, 26. - 27. Februar 2013, Oberhausen

### R. Pillai, H. Ackermann, K. Lucka

Lebensdauerbewertungsverfahren für korrosiv, thermisch und mechanisch beanspruchte Bauteile bis 1200 °C, ProcessNet Jahrestreffen Hochtemperaturtechnik und Technische Reaktionen, 26. - 27. Februar 2013, Oberhausen

### D. Diarra, K. Lucka

Stabilitätsanalyse detaillierter Reaktionsmechanismen: Erzeugung von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen jenseits der Selbstzündtemperatur, ProcessNet Jahrestreffen Hochtemperaturtechnik und Technische Reaktionen, 26. - 27. Februar 2013, Oberhausen

### A. Bauschulte

Reformierung von flüssigen Brenn- und Kraftstoffen am OWI, Innovationsforum „hySmart“, 06. - 07. März 2013, Riesa

### N. Kleinohl, J. B. Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka

Pre-reforming of middle distillate hydrocarbons as fuel processing technology for high temperature fuel cells, ProcessNet Jahrestreffen der Fachgruppe Energieverfahrenstechnik, 18. - 19. März 2013, Würzburg

### Z. Yang, T. Reynders, A. Bauschulte, K. Lucka

Simulationsgestützte Auslegung und Optimierung der Gemischbildung und Verteilung des Brennstoff-Wasserdampf-Gemisches in einem Rohrbündel-reformer, Jahrestreffen der Fachgruppen Extraktion und Mehrphasenströmungen ProcessNet 2013, 19. - 20. März 2013, Baden-Baden

### S. Gopal Yaji, D. Diarra

Operating strategy of a solid oxide fuel cell for household demand profile, The 3rd International Conference on Microgeneration and Related Technologies – Microgen III, 15. - 17. April 2013, Naples, Italy

### E. Pohl, D. Diarra

Assessment method for primary energy savings of CHP systems in domestic energy supply, The 3rd International Conference on Microgeneration and Related Technologies – Microgen III, 15. - 17. April 2013, Naples, Italy

### N. Kleinohl, J. Bøgild Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka

Pre-reforming of middle distillate hydrocarbons as fuel processing technology for high temperature fuel cells, 5th International Conference on Fundamentals & Development of Fuel Cells (FDfC 2013), 16. - 18. April 2013, Karlsruhe

### H. Hoffmann, H. vom Schloss, C. Jaschinski, W. Koch

Behaviour of biofuels in non-engine vehicle components, 6th International Conference on Biodiesel, 07. - 08. Mai 2013, Berlin

### H. Ackermann, R. Pillai, K. Lucka

Behaviour of three high temperature Ni-alloys under creep-corrosion interaction, 2nd International Conference on Materials for Energy Enmat II, 12. - 16. Mai 2013, Karlsruhe

### N. Kleinohl, J. Bøgild Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka

Pre-reforming of middle distillate hydrocarbons as fuel processing technology for high temperature fuel cells, HFC - Hydrogen + Fuel Cells 2013 International Conference and Exhibition, 16. - 19. Juni 2013, Vancouver, Canada

### P. Engelhardt, M. Maximini, F. Beckmann, M. Brenner

Coupled operation of a diesel steam reformer and a PEFC, HFC - Hydrogen + Fuel Cells 2013 International Conference and Exhibition, 16. - 19. Juni 2013, Vancouver, Canada

### M. Maximini

Verbundvorhaben MÖWE III, Vollversammlung 2013 des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP), 17. - 18. Juni 2013, Berlin

### H. Hoffmann, H. vom Schloß

ENIAK – Entwicklung eines nichtmotorischen Injektor-verkokungsprüfstandes für alternative Kraftstoffe, 7. Rostocker Bioenergieforum, 20. - 21. Juni 2013, Rostock

### M. Neulen, H. Hoffmann

Anwendungseigenschaften flüssiger Brennstoffe mit biogenen Anteilen (DGfMK-Projekt 729), 7. Rostocker Bioenergieforum, 20. - 21. Juni 2013, Rostock

### P. Engelhardt, M. Maximini, F. Beckmann, M. Brenner

Coupled operation of a diesel steam reformer and a PEFC, EFCF European Fuel Cell Forum 2013, 4th European PEFC Forum, 02. - 05. July 2013, Luzern, Switzerland

### N. Kleinohl, J. Bøgild Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka

Pre-reforming of hydrocarbons as fuel processing technology for fuel cells, EFCF European Fuel Cell Forum 2013, 4th European PEFC Forum, 02. - 05. July 2013, Luzern, Switzerland

### W. Karsten, M. Goy, H. vom Schloß

Kompakter und regelbarer Diesel- Vollstrombrenner zur Regeneration von Partikelfiltern bei NRMM-Anwendungen – Darstellung der Entwicklungen und Ergebnisse, 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

### D. Diarra, K. Lucka

Stabilitätsanalyse detaillierter Reaktionsmechanismen für die Erzeugung von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen jenseits der Selbstzündtemperatur, 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

### W. Koch

New blend strategies, standards and testmethods for bio fuels in heat and other applications, HVO Experience Day, 13. September 2013, Nürburgring

### M. Maximini, P. Engelhardt, M. Brenner, F. Beckmann, O. Moritz

Verbundvorhaben MÖWE III, Statusseminar Brennstoffzelle, 17. - 18. September 2013, Stuttgart

### D. Kreutzmann, D. Diarra

Vorverdampfung flüssiger Kraftstoffe für den Motorenbetrieb, 19. Knorzeltreffen, 25. - 26. September 2013, Freiberg

### P.H. Saptogino, G. Schacke, M. Grote, D. Möntmann, D. Diarra

Experimente und numerische Untersuchungen eines Pflanzenölbrenners, 19. Knorzeltreffen, 25. - 26. September 2013, Freiberg

### D. Diarra, R.T.E. Hermanns

Characterizing ignition behavior of Primary Reference Fuels by numerical stability analysis of detailed reaction mechanisms, Combura 2013, 09. - 10. October 2013, Maastricht, The Netherlands

### W. Koch, H. vom Schloss, K. Lucka

Stability and behavior of liquid fuels with biogenic content in technical appliances, Indo- German Symposium on Biofuel Technologies, 09. - 10. October 2013, Mysore, India

### R.T.E. Hermanns

Vaporisation and liquid fuel combustion, JMBC Course on Combustion, 01. November 2013, Eindhoven, The Netherlands

### P. Engelhardt, M. Maximini, F. Beckmann, M. Brenner

Coupled operation of a diesel steam reformer and a polymer electrolyte fuel cell, 2013 AIChE Annual Meeting, 03. - 07. November 2013, San Francisco, USA

### M. Maximini, P. Engelhardt, M. Brenner, H.-G. Anfang

Optimization of the Start-Up Strategy for a Diesel Fuel Processor, 2013 AIChE Annual Meeting, 03. - 07. November 2013, San Francisco, USA

**K. Lucka**

[Die Zukunft der BHKW´s mit Gas und Öl](#), 6. EID Wärme-Forum, 12. - 13. November 2013, Hamburg

**P. Engelhardt, M. Maximini, F. Beckmann, M. Brenner**

[Mobile fuel cell system based on a diesel steam reformer and a PEFC](#), Petrochemistry 2013, 18. - 20. November 2013, San Antonio, Texas, USA

**H. Hoffmann, H. vom Schloß, Z. Yang, M. Grote**

[Das ENIAK-Projekt: Entwicklung eines nichtmotorischen Injektorverkokungsprüfstands für alternative Kraftstoffe](#), DGMK-Jahrestreffen der Analytiker, 21. November 2013, Hamburg

**W. Koch, C. Jaschinski, H. vom Schloß**

[Ablagerungsbildung durch 20 % FAME-Blends in Vormischbrennersystemen – DGMK 714](#), DGMK-Jahrestreffen der Analytiker, 21. November 2013, Hamburg

## Poster

**E. Pohl, D. Diarra**

[Primärenergieeinsparung durch KWK-Anlagen am Beispiel der häuslichen Energieversorgung](#), VDI Expertenforum: „Wie ‚smart‘ managen wir Energie wirklich?“, 19. - 20. März 2013, Karlsruhe

**M. Scherf, G. Enayat**

[Assessment of carbon deposition potential on SOFC anodes by 1d calculations](#), 5th International Conference on Fundamentals & Development of Fuel Cells (FDCC 2013), 16. - 18. April 2013, Karlsruhe

**N. Kleinohl, J. Bøgild Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka**  
[Pre-reforming of middle distillate hydrocarbons as fuel processing technology for high temperature fuel cells](#), ProcessNet Jahrestreffen Reaktionstechnik 2013, 06. - 08. Mai 2013, Würzburg

**S. Feldhoff, W. Koch, H. Hoffmann, H. vom Schloß**  
[Stability and combustion characteristics of liquid fuels with biogenic content](#), 21st European Biomass Conference and Exhibition, 03. - 07. Juni 2013, Copenhagen, Denmark

**S. Eiden, B. Leuchtle, W. Xie, W. Koch, M. Zimmermann, L. M. Blank**

[Stability and microbiological contamination of fuels with biogenic components](#), 6. TMFB International Workshop and 1. International Conference, 18. - 20. Juni 2013, Aachen

**S. Hackhofer, R.T.E. Hermanns, Z. Yang**

[Influence of the Swirler Design on the Combustion Behavior of Pre-vaporized Liquid Fuel](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**H. Hoffmann, W. Koch**

[Stability of liquid fuels with biogenic content](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**D. Diarra, K. Lucka, H. Köhne**

[Mathematical analysis of stabilized cool flames using detailed reaction mechanisms](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**R. Haas-Wittmüß, R.T.E. Hermanns**

[Adaptation of the Heat Flux Method for the Measurement of Adiabatic Laminar Burning Velocities of Liquid Fuels](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**T. Huck, P. Engelhardt, K. Lucka**

[Coupled operation of a methanol steam reformer and a HT-PEM](#), HYCELTEC 2013, IV Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and advanced Batteries, 26. - 28. Juni 2013, Estoril, Portugal

**M. Maximini, P. Engelhardt, M. Brenner, H.-G. Anfang**

[Operation strategy of a Diesel fuel processor for fast start-up](#), EFCF European Fuel Cell Forum 2013, 4th European PEFC Forum, 02. - 05. July 2013, Luzern, Switzerland

**S. Hackhofer, F. Schlösser, Z. Yang, R.T.E. Hermanns**

[Influence of the Premixer Design on the Combustion Performance of Pre-vaporized Liquid Fuel in a Micro Turbine Combustor](#), 8th Mediterranean Combustion Symposium, 08. - 13. September 2013, Çesme, Izmir, Turkey

**L. Paesler, R. Haas-Wittmüß, R.T.E. Hermanns, K. Lucka**  
[Untersuchung des Freistrahilverhaltens von Vormischflammen mit rekuperativer Luftvorwärmung in einer Trockenbrennkammer](#), 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

**Z. Yang, S. Hackhofer, R.T.E. Hermanns, K. Lucka**  
[Simulationsgestützte Analyse und Optimierung eines ölbetriebenen Verbrennungssystems für eine Mikro-KWK-Anlage](#), 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

**R. Haas-Wittmüß, R.T.E. Hermanns**

[Determination of the Effective Activation Energy of Ethanol by Measuring the Adiabatic Laminar Burning Velocity](#), Combura 2013, 09. - 10. Oktober 2013, Maastricht, The Netherlands

**E. Pohl, D. Diarra, K. Lucka**

[Automatisierte Fehlerbaumerstellung aus dynamischen Systemmodellen](#), 9. Kolloquium Prozessanalytik Ludwigshafen 2013, 28. - 29. November 2013, Ludwigshafen

## Konferenzbeiträge / Conf. contributions

**H. Hoffmann, H. vom Schloß**

[Development of a Non-Engine Fuel Injector Deposit Test for Alternative Fuels](#), 9th International Colloquium Fuels - Conventional and Future Energy for Automobiles, 15. - 17. Januar 2013, Stuttgart, S. 613 - 615, ISBN: 98-3-943563-04-7

**M. Neulen, H. vom Schloß**

[Application characteristics of fuels with biogenic components](#), 9th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, 15. - 17. Januar 2013, Stuttgart, S. 255 - 257, ISBN: 98-3-943563-04-7

**W. Koch, H. Hoffmann, H. vom Schloß**

[Stability of liquid fuels with biogenic content](#), 9th International Colloquium Fuels - Conventional and Future Energy for Automobiles, 15. - 17. Januar 2013, Stuttgart, S. 261 - 271, ISBN: 98-3-943563-04-7

**N. Kleinohl, J. B. Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka**  
[Pre-reforming of middle distillate hydrocarbons as fuel processing technology for high temperature fuel cells](#), ProcessNet Jahrestreffen der Fachgruppe Energieverfahrenstechnik, 18. - 19. März 2013, Würzburg

**E. Pohl, D. Diarra**

[Primärenergieeinsparung durch KWK-Anlagen am Beispiel der häuslichen Energieversorgung](#), VDI Expertenforum: „Wie ‚smart‘ managen wir Energie wirklich?“, 19. - 20. März 2013, Karlsruhe

**S. Gopal Yaji, D. Diarra**

[Operating strategy of a solid oxide fuel cell for household demand profile](#), Microgen III: Proceedings of the 3rd edition of the International Conference on Microgeneration and Related Technologies, 15. - 17. April 2013, Naples, Italy, ISBN: 9788890848902

**E. Pohl, D. Diarra**

[Assessment method for primary energy savings of CHP systems in domestic energy supply](#), Microgen III: Proceedings of the 3rd edition of the International Conference on Microgeneration and Related Technologies, 15. - 17. April 2013, Naples, Italy, ISBN: 9788890848902

**N. Kleinohl, J. Bøgild Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka**  
[Pre-reforming of middle distillate hydrocarbons as fuel processing technology for high temperature fuel cells](#), 5th International Conference on Fundamentals & Development of Fuel Cells (FDCC 2013), 16. - 18. April 2013, Karlsruhe

**S. Feldhoff, W. Koch, H. Hoffmann, H. vom Schloß**  
[Stability and combustion characteristics of liquid fuels with biogenic content](#), 21st European Biomass Conference and Exhibition, 03. - 07. Juni 2013, Copenhagen, Denmark

**H. Hoffmann, H. vom Schloß**

[ENIAK – Entwicklung eines nichtmotorischen Injektorverkokungsprüfstandes für alternative Kraftstoffe](#), 7. Rostocker Bioenergieforum, 20. - 21. Juni 2013, Rostock

**M. Neulen, H. Hoffmann**

Anwendungseigenschaften flüssiger Brennstoffe mit biogenen Anteilen (DGMK-Projekt 729), 7. Rostocker Bioenergieforum, 20. - 21. Juni 2013, Rostock

**S. Hackhofer, R.T.E. Hermanns, Z. Yang**

[Influence of the Swirler Design on the Combustion Behavior of Pre-vaporized Liquid Fuel](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**D. Diarra, K. Lucka, H. Köhne**

[Mathematical analysis of stabilized cool flames using detailed reaction mechanisms](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**H. Hoffmann, W. Koch**

[Stability of liquid fuels with biogenic content](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**R. Haas-Wittmüß, R.T.E. Hermanns**

[Adaptation of the Heat Flux Method for the Measurement of Adiabatic Laminar Burning Velocities of Liquid Fuels](#), ECM 2013 – European Combustion Meeting, 25. - 28. Juni 2013, Lund, Sweden

**P. Engelhardt, M. Maximini, F. Beckmann, M. Brenner**

[Coupled operation of a diesel steam reformer and a PEFC](#), Proceedings of 4th European PEFC & H2 Forum 2013, 02. - 05. July 2013, Luzern, Switzerland

**M. Maximini, P. Engelhardt, M. Brenner, H.-G. Anfang**

[Operation strategy of a Diesel fuel processor for fast start-up](#), Proceedings of 4th European PEFC & H2 Forum 2013, 02. - 05. July 2013, Luzern, Switzerland

**N. Kleinohl, J. Bøgild Hansen, P. Nehter, H. Modarresi, A. Bauschulte, J. vom Schloß, K. Lucka**  
[Pre-reforming of middle distillate hydrocarbons as fuel processing technology for high temperature fuel cells](#), EFCF Proceedings of 4th European PEFC & H2 Forum 2013, 02. - 05. July 2013, Luzern, Switzerland

**W. Karsten, M. Goy, H. vom Schloß**

Kompakter und regelbarer Diesel- Vollstrombrenner zur Regeneration von Partikelfiltern bei NRMM-Anwendungen – Darstellung der Entwicklungen und Ergebnisse, 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

**D. Diarra, K. Lucka**

[Stabilitätsanalyse detaillierter Reaktionsmechanismen für die Erzeugung von Kohlenwasserstoff-Luft-Gemischen jenseits der Selbstzündtemperatur](#), 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

**L. Paesler, R. Haas-Wittmüß, R.T.E. Hermanns, K. Lucka**

[Untersuchung des Freistrahilverhaltens von Vormischflammen mit rekuperativer Luftvorwärmung in einer Trockenbrennkammer](#), 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

**Z. Yang, S. Hackhofer, R.T.E. Hermanns, K. Lucka**

[Simulationsgestützte Analyse und Optimierung eines ölbetriebenen Verbrennungssystems für eine Mikro-KWK-Anlage](#), 26. Deutscher Flammentag, 11. - 12. September 2013, Duisburg

**D. Diarra, R.T.E. Hermanns**

[Characterizing ignition behavior of Primary Reference Fuels by numerical stability analysis of detailed reaction mechanisms](#), Combura 2013, 09 - 10th October 2013, Maastricht, The Netherlands

**R.T.E. Hermanns**

[Vaporisation and liquid fuel combustion](#), JMBC Course on Combustion, 1st November 2013, Eindhoven, The Netherlands

**P. Engelhardt, M. Maximini, F. Beckmann, M. Brenner**

[Coupled operation of a diesel steam reformer and a polymer electrolyte fuel cell](#), 2013 AIChE Annual Meeting, 3. - 7. November 2013, San Francisco, USA

**M. Maximini, P. Engelhardt, M. Brenner, H.-G. Anfang**

[Optimization of the Start-Up Strategy for a Diesel Fuel Processor](#), 2013 AIChE Annual Meeting, 03. - 07. November 2013, San Francisco, USA

## Journal-Publikationen/ Journal publications

**R. Pillai, H. Ackermann, K. Lucka**

[Predicting the depletion of chromium in two high temperature Ni alloys](#), Corrosion Science, Volume 69, 2013, Pages 181 - 190, DOI-Link: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2012.11.040>

**R. Pillai, H. Ackermann, H. Hattendorf, S. Richter**  
[Evolution of carbides and chromium depletion profiles during oxidation of Alloy 602 CA](#), Corrosion Science, Volume 75, 2013, Pages 28 - 37

**W. Karsten, M. Goy, H. vom Schloß, R. Pillai**  
[Vollstrombrenner zur Partikelfilterregeneration bei mobilen Anwendungen](#), MTZ Motortechnische Zeitschrift, 74 Jg., Juli 2013, Heft 7-8, S. 556 - 560, ISSN 0024-8525 10814

**E. Pohl, D. Diarra**

[A Method to Determine Primary Energy Savings of CHP Plants Considering plant-side and demand-side Characteristics](#), Applied Energy, Januar 2014, Volume 113, Pages 287 - 293, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.038>

**S. Eiden, W. Koch**

[Einfluss von Fettsäuremethylester auf die Lagerstabilität von Mitteldestillaten und die Betriebssicherheit von Heizölbrennersystemen und Standheizersystemen aus dem Automobilbereich](#), Mineralöltechnik, 59. Jg., Juli 2013, ISSN 0341-1893

**E. Pohl, D. Diarra**

[Assessment of primary energy savings by means of CHP systems in domestic energy supply](#), Applied Thermal Engineering (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.12.021>

## Berichte/Reports

**W. Koch, J. Lukito, H. vom Schloß**

[Entwicklung einer Analyseverfahren zur Charakterisierung der Oxidationsstabilität von Heizöl EL und Heilöl EL A mittels Chemilumineszenz](#), DGMK Forschungsbericht 702, Hamburg, April 2013, ISBN 978-3-941721-34-0

**S. Eiden, W. Koch, H. vom Schloß, B. Leuchtle, W. Xie, M. Zimmermann, L. Blank**

[Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen und Heizöl EL A Bio](#), DGMK Forschungsbericht 715, Hamburg, November 2013, ISBN 978-3-941721-39-5



## Diplom-, Bachelor- und Studienarbeiten

Das OWI sieht sich nicht nur als Forschungs- und Entwicklungsinstitution, sondern auch als Ausbilder für junge Wissenschaftler. Ein wesentlicher Beitrag dazu ist die Möglichkeit, wissenschaftliche Arbeiten am OWI zu absolvieren. Nachfolgend ein Überblick über die 2013 absolvierten Arbeiten.

### *Diploma and bachelor theses and assignments*

OWI perceives itself not only as a research and development institution, but also as a provider of training for young scientists. The possibility of working on scientific papers at OWI is an important aspect of this. The following is an overview of the papers completed in 2013.

### *Projektarbeit / project work*

#### **Richard Görke**

##### **Effekt von verschiedenen Brennstoffadditiven und -alterung auf die Emulsionsstabilität von Wasser-in-Öl-Emulsionen in Verbindung mit mikrobiologischem Wachstum**

*RWTH Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (TEER)*

Ziel dieser Arbeit war es, den Effekt verschiedener Additivierungen und Alterungszustände auf die Emulsionsbildung zu untersuchen. Dabei stand in erster Linie der Einfluss auf die Emulsionsstabilität biogener Brennstoffmischungen im Vordergrund. Dabei konnten verschiedene Einflüsse wie eingebrachte Salz- und Säurekomponenten sowie Leistungseinträge auf die Bildungsstärke und Abbaugeschwindigkeit der Makroemulsionen aufgezeigt werden. Emulsionen im Brennstoff erhöhen die Gefahr der mikrobiologischen Kontamination, da die Kohlenwasserstoffe dadurch bioverfügbar werden.

In Pumpenprüfständen wurde ein möglicher Einfluss verschiedener Brennstoffkompositionen auf die Betriebssicherheit untersucht.

##### **Effects of various fuel additives and aging on the emulsion stability of water-in-oil emulsions in conjunction with microbiological growth**

*RWTH Aachen University, Unit of Technology of Fuels*

The aim of this project was, to investigate the effect of different additives and aging on the formation of emulsions. Thereby, the effect on the emulsion stability of biogenic fuels was the main topic. It was possible to show different forming strength and degradation kinetics of macro emulsions during addition of various salt- and acid components as well as power inputs. Emulsions raise the risk of microbiological contamination caused in the increased bioavailability of the hydrocarbons. In pump test rigs the influence of different fuel compositions could be investigated on the operational safety.

### *Studienarbeit / assignment*

#### **Christian Ruppenthal**

##### **Biogasanlagen – Zusammenfassung politischer Hintergründe**

*RWTH Aachen, Fakultät Georessourcen und Materialtechnik, Studiengang: Entsorgungsingenieurwesen, Vertiefungsrichtung Feste Abfallstoffe*

Diese Ausarbeitung erörtert die politischen Hintergründe zur Biomasseerzeugung anhand des Gesetzes für den Vorrang erneuerbarer Energien, das meist „EEG“ genannt wird. Dabei koexistieren erstmals zwei Gesetzestexte: das EEG 2009 und das EEG 2012. Beide Gesetzestexte beinhalten teils stark unterschiedliche Vergütungssysteme. Diese werden in der vorliegenden Ausarbeitung vor- und gegenübergestellt. In der Folge werden die Nutzungs- und Einspeisungskriterien für Biogas, das Haupterzeugnis aus Biomasseanlagen, vorgestellt. Der Anbau von Biomasse zieht Nachhaltigkeitsprobleme nach sich, auf die besonders im Hinblick auf die Energiepflanzenproduktion und die Nahrungsmittelkonkurrenz eingegangen und in Verbindung mit der politischen Verantwortung gesetzt wird. Die Schlussbetrachtung untersucht, ob eine autarke Gasversorgung in der Bundesrepublik Deutschland über fossile Quelle und Biogasnutzung möglich ist.

#### **Biogas plants – Summary of political backgrounds**

*RWTH Aachen University, Faculty of Georesources and Materials Engineering, Course of study: Waste Management Engineering, Specialization: Solid Waste*

This work discusses the political backgrounds about biomass production with the help of the law about the priority of renewable energies (“Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien”), which is mostly called “EEG”. Although for the first time two legislative texts coexist: the “EEG 2009” and the “EEG 2012”. Both texts imply partly different pay-systems. These are introduced and opposed within this draft. Followed by this, the use- and feed-criteria for biogas, the main product from biomass plants, will be introduced. The cultivation of biomass involves diversity problems, which are especially alloyed concerning the energy-plant production and food competition and are set in connection to political responsibility. The conclusion analyses whether the use of closed gas-supply by fossil resources and biogas is possible in Germany.

### *Bachelorarbeiten / bachelor theses*

#### **Kristovel Sisworo**

##### **Erweiterung eines bestehenden Reformierprüfstandes und dessen Einbindung in eine vorhandene Laborinfrastruktur**

*FH Aachen, Fachbereich 8: Maschinenbau, Studiengang: Betriebs- und Produktionsplanung*

Das Ziel dieser Arbeit war, einen CPOX-Reformierprüfstand zu erweitern und ihn in die vorhandene Laborinfrastruktur einzubinden. Zur Erweiterung des Prüfstandes musste zuerst die gelieferte Anlage und die mitgelieferten Unterlagen gesichtet werden. Unter Berücksichtigung der zukünftig geplanten Anwendung wurden ein Fließbild und eine entsprechende Schnittstellenliste angefertigt. Dies diente als Grundlage für die durchgeführte Gefährdungsanalyse und die sicherheitstechnischen Vorgaben der Laborinfrastruktur. Die Einbindung der Anlage in das Labor erforderte u.a. die Integration eines neu entwickelten Abflammers für die vollständige Verbrennung von Reformat. Alle Sicherheitsbedingungen und alle Komponenten wurden durch einen Inbetriebnahmetest überprüft.

#### **Expansion of an existing reformer test rig and its integration into an existing laboratory infrastructure**

*FH Aachen, Fachbereich 8: Maschinenbau, Studiengang: Betriebs- und Produktionsplanung*

The project aimed at the expansion of a CPOX reformer test bench and its integration into an existing laboratory infrastructure. At first, the supplied system and documents had to be saved in order to expand the test bench. Taking into consideration the applications planned for the future, a flow diagram and a respective interface list was made. This served as a basis for the hazard analysis and the safety-related guidelines of the laboratory infrastructure. The integration of the system into the laboratory demanded, among others, the integration of a newly developed burner for the full combustion of reformat. All safety conditions and all components were tested by means of an operation test.

#### **Marc Thiele**

##### **Fehleranalyse der Heat-Flux-Methode für die Messung von laminaren, adiabaten Brenngeschwindigkeiten**

*RWTH Aachen, Studiengang Maschinenbau, Vertiefungsrichtung Energietechnik, Institut für Technische Verbrennung*

Zur Beschreibung von technischen Verbrennungsprozessen spielt die laminare, adiabate Brenngeschwindigkeit eines Brennstoff-Luft-Gemisches eine wichtige Rolle. Diese kann mit Hilfe der Heat-Flux-Methode, sowohl für flüssige als auch für gasförmige Brennstoffe, bestimmt werden. In dieser Arbeit wurden Messungen der laminaren, adiabaten Brenngeschwindigkeit von Methan und Ethanol durchgeführt und mit Literaturwerten verglichen. Um den Fehler des Gesamtsystems einschätzen zu können, wurde eine Fehlerbetrachtung verschiedener Prüfstandskomponenten des Heat-Flux-Brenners durchgeführt. Zu diesen zählen unter anderem die Verdampferinheit, die Mass Flow Controller und die verbauten Thermoelemente.



### **Error-analysis of the Heat Flux Method regarding the measurement of the laminar adiabatic burning velocity**

*RWTH Aachen University, Course of study: Mechanical Engineering, Specialization Power Engineering, Institute for Combustion Technology*

The adiabatic, laminar burning velocity of fuel-oxidizer-mixtures is an important parameter to describe technical combustion processes. A method which is well suited for measuring these burning velocities for both gaseous and liquid fuels is the Heat-Flux method. In this work, measurements of laminar, adiabatic burning velocities of methane and ethanol were carried out and compared with values from literature. To estimate the error of the overall system, an error analysis of various components of the Heat-Flux burner was performed. These include the evaporator unit, the mass flow controller and the installed thermocouples.

#### **Andreas Reimer**

### **Planung und Auslegung eines Prüfstandes zur Untersuchung der Rußbildungskinetik in Festoxidbrennstoffzellensystemen (SOFC)**

*FH Aachen, Standort Jülich, Fachbereich 10: Energietechnik, Studiengang: Maschinenbau, Vertiefung: Umwelttechnik*

Beim Einsatz von Festoxidbrennstoffzellen zur Umwandlung von chemischer in elektrische Energie können flüssige Brennstoffe durch eine vorgeschaltete Reformierung verwendet werden. Dabei können Kohlenstoffablagerungen entstehen, die die Leistung und Lebensdauer der Brennstoffzelle mindern. Für die Untersuchung der Ablagerung sollte ein Prüfstand ausgelegt werden.

Die Grundlagen der Reformierungsentstehung, der Brennstoffzelle und der Kohlenstoffablagerung wurden erläutert. Die Anlage mit vorhandenen und neuen Komponenten wurde dargestellt. Es wurde ein Rohofen verwendet, um den Temperatureinfluss auf die Kohlenstoffablagerungskinetik zu untersuchen. Durch Einleiten von realem Reformat wurde die Entstehung von Kohlenstoffablagerungen auf Anodenproben im Ofen untersucht. Ein Ablaufplan zum Betrieb und eine Sicherheitsbetrachtung vervollständigten die Auslegung.

### **Planning and design of a test rig to analyse the kinetic of carbon formation in solid oxide fuel cell systems (SOFC)**

*FH Aachen, Location Jülich, Faculty 10: Electrical Engineering, Course of study: Mechanical Engineering, Specialization: Environmental Engineering*

Solid oxide fuel cells can convert the chemical energy of liquid fuels into electrical after they have been reformed upstream. In this process carbon deposits can be formed that reduce the performance and lifetime of the fuel cell. To understand these effects a test rig was developed.

The basics of reforming, fuel cells and carbon deposits was explained. The design of the system with existing and new components was presented. A tube furnace was used to analyze the effect of temperature on the carbon deposition kinetic. By feeding real reformat into the furnace, formation of carbon deposits on the anode probes will be investigated. A flowchart and a safety assessment completed this bachelor thesis.

#### **Jorge Gonzalez Cordoba**

### **Entwicklung eines Upgradingverfahrens zur Desoxygenierung der Biorohöle der solvolytischen Direktverflüssigung für den Einsatz als Blendkomponente für Heizöl EL A Bio oder Dieselkraftstoffe**

*RWTH Aachen, Rohstoffingenieurwesen, Vertiefung Energieressourcen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik*

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Eignung von Bio-rohölen der solvolytischen Direktverflüssigung als möglichen Ersatz für konventionelle und mineralölbasierte Brenn- und Kraftstoffe. Das thermochemische Verfahren der solvolytischen Direktverflüssigung erzeugt aus Pflanzenölen oder lignocellulosehaltigen Biomassen ein biogenes Rohöl (Cracked Vegetable Oil, CVO). Aus dem Biorohöl wurden Blends mit konventionellen Heizölen S-arm hergestellt, bei denen nachfolgend Wassergehalt, Säurezahl, Oxidationsstabilität, Flammpunkt, Schmierfähigkeit (HFRR) und Destillationsverhalten gemessen wurden. Als möglicher Aufbereitungsschritt für das CVO wurde daraufhin eine Vakuumdestillation untersucht. Es wurden erneut Blends angemischt, so dass die Blends vor und nach der Vakuumdestillation miteinander verglichen werden konnten. Der Einsatz von CVO als Rein- oder Blendkomponente soll in Folgeprojekten in technischen Systemen analysiert werden.

### **Development of an upgrade method applying deoxygenation of biocrude oils derived from solvolytic liquefaction for the use as DHO or diesel**

*RWTH Aachen University, Mineral Resources Engineering, Specialization: Energy Resources, Faculty of Georesources and Materials Engineering*

The aim of this work was to investigate the applicability of bio-oils of the direct liquefaction by solvolysis for a possible use as conventional fuel. The direct liquefaction by solvolysis produces a biocrude (cracked vegetable oil, CVO) from vegetable oil and lignocellulosic biomass. The first step was to blend the CVO with domestic heating oil. The different blends were measured. The series of measurements contained water content, acid number, oxidation stability, flashpoint, lubrication (HFRR) and distillation range. Afterwards a CVO treatment was done by a vacuum distillation to upgrade the CVO quality and reduce for example the acid concentration. New blends were done to compare them with the previous blends. Finally the CVO is evaluated for the possible use in technical systems.

#### **Maximilian Hoven**

### **Einflüsse auf die Metallaufnahmefähigkeit von Heizöl-FAME-Blends**

*RWTH Aachen, Rohstoffingenieurwesen (Vertiefung Energieressourcen), Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik*

Im Rahmen dieser Arbeit wurden anwendungsorientierte Einflüsse auf verschiedene Heizöle mit regenerativem Anteil (Blends) charakterisiert. Dabei bildeten insbesondere die Auswirkungen der Metalle Kupfer und Zink auf die Stabilität der Brennstoffe den zentralen Punkt dieser Arbeit, sodass werkstoffbezogene Maßnahmen ergriffen werden konnten, um eine dauerhafte Sicherstellung der systemorientierten Stabilität der Brennstoffe im Ölheizungssystem zu gewährleisten. Das primäre Ziel dieser Arbeit bestand in der Identifizierung der Einflüsse auf die Metallaufnahme und inwieweit dadurch eine nachhaltige Veränderung des Chemismus im Brennstoff stattfindet. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Versuchsreihen durchgeführt, mit deren Hilfe eine Dokumentation der chemischen Veränderungen zwischen Anfangs- und Endproben

möglich war. Vor diesem Hintergrund dienten die in der DIN 51603-1 und DIN SPEC 51603-6 niedergeschriebenen Mindestanforderungen an flüssige Brennstoffe als Richtwerte für die wesentlichen Qualitätseigenschaften, die für eine technische Anwendung des Energieträgers von wesentlicher Bedeutung ist.

### **Influence on the metal capacity of domestic heating oil with biogenic components**

*RWTH Aachen University, Mineral Resources Engineering, Specialization: Energy Resources, Faculty of Georesources and Materials Engineering*

In this work, application-oriented factors have been characterized in various domestic heating oils with biogenic components (blends). In particular, the effects of the metals copper and zinc on the stability of the fuels were the main point of this work. In this context, material-related modifications provide a method to ensure the quality of the domestic heating oil in the heating system.

The primary objective of this work was to identify the effects on metal capacity and how far the chemism in the domestic heating oil were changed. For this purposes, different experiments were realized. Thus, the chemical changes between initial sample and final samples were documented. Against this background, the DIN 51603-1 and the DIN 51603-6 SPEC were used as guidelines, so that the main quality requirements were guaranteed.

#### **Diplomarbeiten / diploma theses**

#### **Estefania Carrasco Entrena**

### **Modellierung und Simulation der Verdunstung von Öltropfen**

*RWTH Aachen, Maschinenbau, Energietechnik*

Ziel der Arbeit war es, die Verdunstung von Einzel-Komponenten-Öltropfen unter verschiedenen Anfangs- und Randbedingungen zu modellieren und zu simulieren. Der Einfluss des Tropfendurchmessers, von Umgebungstemperatur und -druck, der Gaszusammensetzung sowie der Einspritzgeschwindigkeit wurde untersucht. Dafür wurde ein numerischer Code nach dem Filmmodell mit MATLAB implementiert mit allen thermodynamischen Daten aus der Datenbank der Oel-Waerme-Institut (OWI) GmbH.



### **Modeling and simulation of the evaporation of fuel droplets**

*RWTH Aachen University, Mechanical Engineering, Power Engineering*

The aim of this thesis was to model and simulate the evaporation of single-component fuel droplets under different initial and boundary conditions. The influence of the droplet diameter, gas temperature, gas pressure, gas composition and injection speed was studied. For this purpose a numerical code according to the film model to describe the droplet evaporation was implemented with MATLAB. The database of the Oel-Waerme-Institut (OWI) GmbH which contains all the thermodynamic data is used.

### **Ulrich Dehof**

#### **Modellierung und numerische Berechnung eines Diesel-Dampfreformers mit Cantera**

*RWTH Aachen, Maschinenbau, Energietechnik*

Modelliert wurde ein beschichteter Wärmeübertrager, an dessen Oberflächen einerseits eine katalytische Verbrennung und andererseits ein Dampfreformierungsprozess stattfindet. Es wurden Simulationsmodelle erstellt, die die chemischen Prozesse unter Berücksichtigung komplexer Reaktionskinetik darstellen. Das mithilfe der Simulationssoftware Cantera erstellte Simulationsmodell berechnet die chemischen Prozesse in einer Reaktorkaskade. Validiert wurde dieses Modell mithilfe der Simulationssoftware Detchem Plug, welches die chemischen Prozesse in der Umgebung eines idealen Strömungsrohrs berechnet. Durch das validierte Simulationsmodell wurden schließlich die beiden thermisch gekoppelten Prozesse im Wärmeübertrager numerisch berechnet. Variationsberechnungen wurden durchgeführt und ausgewertet.

### **Modeling and numerical simulation of a diesel-steam reformer using Cantera**

*RWTH Aachen University, Mechanical Engineering, Power Engineering*

In a coated heat exchanger chemical processes of catalytic combustion and steam reforming influence each other by heat transfer. An assembly has been modeled within the simulation toolbox of open-source-software Cantera, which numerically calculates chemical-thermodynamic states of chemical reactive fluids in a cascade of reactors. Due to validation a second model has been established using the simulation software Detchem Plug, which calculates chemical-thermodynamic states of reactive fluids in Plug-Flow-Reactors. Complex kinetics of chemical reactions are taken into account in both models. The thermal interaction of catalytic combustion and Steam Reforming has been embedded in the Cantera-model and the assembly has been simulated using various boundary conditions.

### **Jan Alexander Karpinski**

#### **Experimentelle Untersuchung einer HT-PEM Brennstoffzelle zur Bewertung der Einsatzfähigkeit in dieselbetriebenen APU mit Dampfreformer**

*RWTH Aachen, Maschinenbau, Energietechnik*

Die Arbeit untersucht die Eignung des in einer Diesel-Dampfreformierung hergestellten Reformats für den Einsatz in einer HT-PEM Brennstoffzelle. Die Untersuchungen erfolgten im Betrieb mit einem kommerziellen HT-PEM Brennstoffzellenmodul der Firma Serenergy mit verschiedenen synthetischen Brenngasmischungen, die der Reformatzusammensetzung entsprechend gewählt wurden.

Der auf die Reformatbestandteile zurückzuführende Verdünnungseffekt des Wasserstoffs und die Einflüsse von im Reformat enthaltenem CO, CO<sub>2</sub> und Wasserdampf und damit auch einer Wassergas-Shift-Reaktion wurden experimentell ermittelt. Es zeigte sich, dass eine HT-PEM Brennstoffzelle prinzipiell mit Diesel-Reformat betrieben werden kann. Die Eignung und die zu erzielende elektrische Leistung hängen maßgeblich vom CO-Gehalt des Reformats und der Betriebstemperatur ab. Eine Verdünnung des Wasserstoffs durch den bei der Diesel-Dampfreformierung anfallenden

Wasserdampf und Kohlendioxid ist unkritisch. Eine Herausforderung ist aber die Degradation der HT-PEM Brennstoffzelle durch Phosphorsäureverlust der MEA im Start/Stop-Betrieb.

### **Experimental Investigation of a HT-PEM Fuel Cell for assessing the suitability in a diesel driven APU with Steam Reformer**

*RWTH Aachen University, Mechanical Engineering, Power Engineering*

The aim of this work was to examine the suitability of diesel reformat as a fuel for HT-PEM fuel cells. The experimental work is carried out with a commercial HT-PEM fuel cell system by Serenergy operated with different synthetic fuel mixtures with respect to the composition of reformat gas produced by diesel steam reforming. Additionally, the impact of hydrogen dilution by other reformat components and the specific effects of the reformat components CO, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O on fuel cell performance are determined. The test results show that diesel reformat is suitable for the use in HT-PEM fuel cells. However, the generated electrical power is highly dependent on the concentration of CO and operating temperature. Dilution effects by water vapour and CO<sub>2</sub> have little impact on fuel cell performance. However, strong degradation effects caused by phosphoric acid loss from the MEA through start/stop operation are observed.

### **Weber Tameghe**

#### **Parameterstudie an einer Prüfapparatur zur Ablagerungsbildung bei der Brennstoffverdampfung**

*RWTH Aachen, Fakultät für Georesourcen und Materialtechnik, Brennstoffingenieurwesen*

Um die Ablagerungsbildung in einem realen System in Laborversuchen zu simulieren, wurde am OWI eine idealisierte Prüfapparatur entwickelt, mit der das Auftreffen eines flüssigen Brennstofftropfens auf eine Verdampferwand nachgebildet werden kann. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde die Apparatur im Hinblick auf einen sicheren Betrieb, eine möglichst hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit sowie die Nutzbarkeit im Temperaturbereich bis 500 °C optimiert. Explizit betrachtet wurden das Zündverhalten, die Pumpenkennlinie und die Brennstofftropfenverdampfungszeit. Zudem erfolgte eine Bewertung der

anlagenseitigen Einflussgrößen auf die Ablagerungsbildung, wie beispielsweise die Temperatur des Probenkörpers und der Gasmassenstrom in der Anlage. Mit Kenntnis dieser gewonnenen Daten steht eine Versuchsanlage zur Verfügung, mit deren Hilfe die Neigung zur Ablagerungsbildung von einer Vielzahl an Brennstoffen in einem breiten Temperaturbereich bewertet werden kann.

### **Parameter study on a test stand to analyze the deposit formation during fuel vaporization**

*RWTH Aachen, Faculty of Georesources and Materials Engineering, Combustion Engineering*

To simulate the deposit formation in a real system in laboratory tests, an idealized test stand that is able to recreate the impact of a liquid drop on an evaporator wall had been developed at OWI. Within the diploma thesis this test stand was optimized with respect to a safe operation, a highest possible precision and reproducibility, as well as the usability for temperatures up to 500 °C. The ignition characteristics, the pump curve and the vaporization time of fuel drops were specifically observed. Moreover, an evaluation of influencing variables on deposit formation like the specimen temperature and the gas mass flow inside the test stand was performed. With knowledge of the obtained data a test stand is therefore available whereby the tendency of a variety of fuels to form deposits can be rated in a wide temperature range.

### **Ruben Nasser Pola Keungmeni**

#### **Untersuchungen zur Einsetzbarkeit von hydrierten Pflanzenölen (HVO) als Substitut für Heizöl EL schwefelarm**

*RWTH Aachen, Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik, Studiengang Brennstoffingenieurwesen*

Die Diplomarbeit beschreibt zunächst die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von biogenen flüssigen Brennstoffen, vornehmlich im Raumwärmebereich. FAME (Fatty Acid Methyl Ester) wird heute bereits als Beimischkomponente in Heizöl EL schwefelarm mit Anteilen bis zu 10 Vol.-% verwendet. Um klimapolitische Ziele der Bundesregierung zu erfüllen, sind jedoch weitere Biobrennstoffe, wie beispielsweise hydrierte Pflanzenöle (HVO), zu erproben. Die Arbeit stellt die aktuelle Marktsituation von FAME und



HVO, sowie deren Herstellungsverfahren dar. Ausgewählte, marktrelevante Brennstoffblends aus HEL S-arm mit verschiedenen Anteilen HVO und FAME (bis zu insgesamt 50 % biogener Anteil) wurden anhand ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften charakterisiert. Es konnten Blends identifiziert werden, die den geforderten Normen entsprechen. Im Anschluss erfolgten verbrennungstechnische Untersuchungen der Brennstoffblends, bei denen die technische Einsetzbarkeit mit marktüblichen Heizölbrennern gezeigt werden konnte.

**Investigations regarding the versatility of hydrated vegetable oils (HVO) as a substitute for low-sulphur domestic heating oil**

*RWTH Aachen, Department for Industrial Furnaces and Heat Engineering, Course of study: Combustion Engineering*

The diploma thesis deals with political and economic framework conditions for the use of biogenic liquid fuels, especially for domestic fuel applications. FAME (Fatty Acid Methyl Ester) is currently used as an admixture component in domestic heating oil low-sulphur with shares of up to 10 Vol.-%. With a view to meeting the climate policy oriented aims of the Federal Government, further bio fuels, such as hydrated vegetable oils (HVO) must be tested. The thesis points out the current market situation of FAME and HVO and their production processes. Selected, market relevant fuel blends of lowsulphur domestic heating oil with different shares of HVO and FAME (up to 50 % biogenic share) were characterized regarding their chemical physical properties. Blends that meet the requirements could be identified. Moreover, combustion technological investigations of the fuel blends were carried out. The technical versatility with common heating oil burners could be demonstrated.

## Gemeinsam Forschen für die rationelle Nutzung von Energie

### *Oel-Waerme-Institut und Hochschule Hamm-Lippstadt kooperieren*

Die Hochschule Hamm-Lippstadt (HSHL) und das Oel-Waerme-Institut wollen ihre Zusammenarbeit bei Forschungs- und Entwicklungsprojekten künftig auf der Basis einer formellen Kooperation vertiefen und erweitern. Die einander ergänzenden Kompetenzen der HSHL und des OWI sollen zusammengeführt und zur Durchführung gemeinsamer F&E-Projekte eingesetzt werden. Beide Institutionen sehen auf dem Gebiet der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik für die Bereiche Gebäudetechnik und Automotive große Potenziale für eine rationellere Nutzung von Energie. Während in der Gebäudetechnik unter anderem ein großer Bedarf an ebenso intelligenten wie sparsamen Technologien für die Wärme- und Stromerzeugung besteht, bedarf es im Bereich automobiler Anwendungen beispielsweise neuer Konzepte für die Beheizung von Fahrgasträumen, weil immer effizientere Fahrzeugantriebe zu wenig oder keine Abwärme mehr liefern. Eng damit verbunden ist die Frage, welche der im Markt vorhandenen und in Entwicklung befindlichen regenerativen Brenn- und Kraftstoffe künftig die fossilen Energieträger zunehmend ersetzen können. Dazu sind ihre chemisch-physikalischen Eigenschaften zu bestimmen und ihre Einsatzmöglichkeiten in fortgeschrittener Anwendungstechnik zu untersuchen.

Neben den Forschungsprojekten umfasst die Kooperation auch Publikationen zu durchgeführten und geplanten Arbeiten sowie gemeinsame Tagesveranstaltungen zu Themen der Energietechnik, Promotionsvorhaben und Vorlesungen. Die HSHL besitzt umfangreiche Kompetenzen in der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. Das OWI erforscht und entwickelt Technologien und Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung für den Raumwärmemarkt, automobiler Anwendungen und die Industrie. Die Koordination der Zusammenarbeit liegt in den Händen von Prof. Dr. Peter Britz, der an der Hochschule Hamm-Lippstadt die Professur „Rationale Energieverwendung“ inne hat, und Dr.-Ing. Klaus Lucka, dem Geschäftsführer des Oel-Waerme-Instituts.



## Joint research for efficient use of energy

### *Oel-Waerme-Institut and the University of Hamm-Lippstadt cooperate*

The University of Hamm-Lippstadt (HSHL) and the Oel-Waerme-Institut agreed to deepen and to extend their research- and development projects on the basis of a formal cooperation. The complementary skills of HSHL and OWI are supposed to be combined and used in order to carry out joint R&D-projects. Both institutions see great potentials for efficient use of energy in the field of heating, ventilation and air-conditioning technology with regard to building services and automotive. The field of building services demands for intelligent as well as efficient technology for heat and power generation. At the same time, the field of automobile applications requires new concepts for the heating of passenger space because more efficient vehicle drives offer too little or no waste heat. Closely linked to this is the question, which regenerative fuels – being already on the market or in development – can replace fossil fuels in the future. For this purpose, their chemical-physical characteristics must be determined. Further, their fields of application in advanced technology must be investigated.

Besides the research projects, the cooperation comprises publications concerning realized and planned workings and joint conferences on subjects of energy technology, PhD projects and lectures. HSHL has extensive competences in the field of heat, ventilation and air-conditioning technology. OWI researches and develops technologies and procedures for heat and power generation in the domestic heating market, automobile applications and the industry. Prof. Dr. Peter Britz, who holds the professorship for “efficient energy use” at the University of Hamm-Lippstadt, and Dr.-Ing. Klaus Lucka, managing director of the Oel-Waerme-Institute, are responsible for coordinating the cooperation.

*OWI und die Hochschule Hamm-Lippstadt forschen künftig gemeinsam für die rationelle Verwendung von Energie. / OWI and the University of Hamm-Lippstadt will carry out joint research for the efficient use of energy. (Photo: stormpic / photocase.com)*





## Zusammenarbeit mit indischen Hochschulen läuft an

*OWI kooperiert mit IIT Madras und NIE Mysore*

Die Zusammenarbeit des OWI mit zwei indischen Hochschulen, dem Indian Institute of Technology Madras in Chennai und dem National Institute of Engineering (NIE) in Mysore, nahm im vergangenen Jahr konkrete Formen an. Mit dem IIT Madras, einer staatlichen technischen Universität in der indischen Stadt Chennai (früher Madras), die als eine der besten Universitäten für Ingenieurwissenschaften in Indien gilt, wurde eine Kooperationsvereinbarung unterzeichnet. Die Indian Institutes of Technology (IIT) sind eine Gruppe staatlicher indischer Universitäten, die in derzeit 16 Städten vertreten sind. Die Kooperation umfasst die wissenschaftliche Zusammenarbeit und Forschung in gemeinsamen ingenieurwissenschaftlichen Bereichen, wie zum Beispiel dem Gebiet flüssiger, regenerativer Brenn- und Kraftstoffe, die auch schon in einem gemeinsamen Projekt mit dem Internal Combustion Engines Laboratory praktiziert wird. Dazu zählen auch der Austausch wissenschaftlicher Informationen, Materialien und Veröffentlichungen sowie die Unterstützung gemeinsamer Seminare, Workshops und anderer akademischer Veranstaltungen. Nicht zuletzt ist der Austausch von Studenten in beide Richtungen zu Praktika ein Bestandteil der Vereinbarung. Ein OWI-Mitarbeiter nutzte im Herbst 2013 die Möglichkeit, in Indien Erfahrungen zu sammeln, gleichzeitig war ein Student des IIT Madras für sechs Monate als Praktikant am OWI.

### **Austausch mit dem NIE**

Im Rahmen der bereits seit 2011 bestehenden Kooperationsvereinbarung mit dem National Institute of Engineering (NIE) in der südindischen Stadt Mysore kamen im Sommer 2013 vier Studenten zu einem zweimonatigen Praktikumsaufenthalt an das Oel-Waerme-Institut. Sie studieren in Indien gemeinsam im sechsten Semester Maschinenbau und haben am OWI im Juli und August in den Bereichen Brenn-



*Blick in das Internal Combustion Laboratory von Professor Dr. Pramod S. Mehta am IIT Madras. (Foto: OWI)*

und Kraftstoffe, Werkstoffe, Berechnungen und numerische Simulation sowie Steuerungen Erfahrungen gesammelt und an Projekten mitgearbeitet. Zum Wissenstransfer gehörte auch, dass sie bei ihrer Rückkehr nach Indien einen Prüfstand mitgenommen haben, mit dem ein Verfahren zum Test der Oxidationsstabilität von Brenn- und Kraftstoffen durchgeführt werden kann. Durch eine Einweisung in die Technik und das Verfahren waren sie in der Lage, den Reaktor vor Ort selbst aufzubauen, in Betrieb zu nehmen und Tests selbstständig durchzuführen. Das Prüfverfahren wird am Centre for Renewable Energy & Sustainable Technologies in der Forschung und Lehre eingesetzt, indem die vier Studenten ihr am OWI erworbenes Know-how und Erfahrungen als Projektleiter an andere Studenten weitergeben.

Im Oktober 2013 waren OWI-Mitarbeiter beim Indo-German Symposium on Biofuel Technologies am NIE zu Gast. OWI-Geschäftsführer Dr. Klaus Lucka hielt einen Plenarvortrag zur Einführung in die Veranstaltung und Winfried Koch, der Gruppenleiter Brenn- und Kraftstoffe am OWI, sprach zum Thema „Stability and behavior of liquid fuels with biogenic content in technical appliances“. Das Symposium bot für die indischen und deutschen Teilnehmer gleichermaßen die Möglichkeit, Experten kennenzulernen und interessante Kontakte zu knüpfen.



*View into the Internal Combustion Laboratory of Professor Dr. Pramod S. Mehta at IIT Madras (Photo: OWI)*

## Cooperation with Indian universities begins

*OWI cooperates with IIT Madras and NIE Mysore*

The cooperation of OWI with two Indian universities, the Indian Institute of Technology Madras in Chennai and the National Institute of Engineering (NIE) in Mysore was intensified last year. A cooperation agreement was signed with IIT Madras, a public, technical university in the Indian city Chennai (Madras) that is known as one of the best universities for engineering in India. The Indian Institutes of Technology (IIT) are a group of public Indian universities, which are currently represented in sixteen cities. The cooperation encompasses scientific cooperation and research in engineering fields, e.g. research in the field of liquid regenerative fuels, which is also carried out within a joint project with the Internal Combustion Engines Laboratory. Among these research topics the exchange of scientific information, materials, publications and the support of joint seminars, workshops and other academic events is the key focus of the collaboration between both institutes. Additionally, the exchange of students for internships presents a part of the agreement. One of OWI's

employees took the chance in the autumn of 2013 to gain experiences in India. At the same time a student of IIT Madras worked as a trainee at OWI for six months.

### **Exchange with NIE**

As part of the cooperation agreement (2011) with the National Institute of Engineering (NIE) in the Indian city Mysore four students passed a two-month internship at OWI in the summer of 2013. They study mechanical engineering in the sixth semester and gained experiences at OWI in July and August in the fields of fuels, materials, numerical simulations, and automation and control. After their stay in Germany the students took a test rig to India, which can be used to determine the oxidation stability of fuels. A briefing regarding technology and process enabled them to set up the reactor, put it into operation and carry out the measurements independently in India. The test procedure is used at the Centre for Renewable Energy & Sustainable Technologies in research and teaching, as the students share their know-how and experiences as project leaders gained at OWI with fellow students.

In October 2013 OWI employees visited the Indo-German Symposium on Biofuel Technologies at NIE. OWI managing director Dr. Klaus Lucka gave an invited lecture introducing the event and Winfried Koch, head of the fuel group at OWI, presented an overview of the research conducted at OWI in this field, entitled "Stability and behavior of liquid fuels with biogenic content in technical appliances". The Symposium offered the possibility for Indian and German participants, to meet experts and to establish interesting contacts.



## Gute wissenschaftliche Arbeit

### *OWI als An-Institut der RWTH Aachen bestätigt*

Das Oel-Waerme-Institut (OWI) wurde als „An-Institut der RWTH Aachen“ durch das Rektorat der Universität bestätigt. Die RWTH erkennt damit externe Institutionen als Einrichtung an der Hochschule an, wenn diese wissenschaftliche Aufgaben erfüllen, für die die Hochschule selbst keine Kapazitäten hat, und ihre Forschungs- und Entwicklungsprojekte dem Technologietransfer in die Industrie dienen. Das OWI forscht und entwickelt in verschiedenen Bereichen der umweltschonenden Wärme- und Stromerzeugung, wie zum Beispiel der Brennstoffzellentechnologie und Kraftstoffreformierung, am Einsatz energiesparender Verfahren und Technologien in der Heizungs- und Thermoprozesstechnik und der Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten regenerativer Brenn- und Kraftstoffe in modernen Technologien. Auf der Basis von Ergebnissen aus der Grundlagenforschung entstehen gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie neue, marktfähige Technologien und Produkte, wie zum Beispiel „die kleinste Ölheizung der Welt“.

Der Titel „An-Institut“ unterstreicht die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit am OWI. So sind zum Beispiel die Mitarbeiter des OWI aktiv in die Lehre an der RWTH eingebunden. Zahlreiche Studien-, Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten sowie Dissertationen sind durch Studenten der RWTH und anderer Hochschulen im Zusammenhang mit Forschungsarbeiten des OWI unter fachkundiger Betreuung von Institutsmitarbeitern angefertigt worden. Das OWI ist eines von derzeit 16 An-Instituten der RWTH Aachen, die mit über 500 Beschäftigten einen wichtigen Beitrag zur technologischen Entwicklung am Forschungsstandort Aachen leisten.



*Die Entwicklung von Brennstoffzellen-Gesamtsystemen zählt zu den Kernkompetenzen am Oel-Waerme-Institut. / The development of fuel cell systems is one of the core competencies at Oel-Waerme-Institute. (Photo: OWI)*

## Good Scientific Work

### *OWI acknowledged as an Affiliated Institute of RWTH Aachen University*

The Oel-Waerme-Institut (OWI) was acknowledged as an “Affiliated Institute of RWTH Aachen University” by the rectorate of the university. RWTH Aachen acknowledges external institutions as affiliated institutes of the university, when they fulfil scientific tasks, for which the university itself lacks capacities, and when their research and development projects serve the technology transfer into industry. OWI researches and develops in different fields of environmentally friendly heat and power generation, such as fuel cell technology and fuel reforming, the use of energy saving processes and technologies in the heating and thermal processing technology and the extension of application possibilities of regenerative fuels in modern technologies. On the basis of fundamental research results, new marketable technologies and products, such as “the smallest oil heating device of the world”, emerge in cooperation with partners from science and industry.

The title “affiliated institute” underlines the quality of the scientific work at OWI. The employees of OWI are involved actively in the science at RWTH Aachen. Various seminar papers, bachelor, master and diploma theses as well as doctoral dissertations have been written by students at RWTH Aachen and other universities in connection with research tasks of OWI and under competent supervision by its employees. OWI is one of 16 current affiliated institutes of RWTH Aachen University that – with more than 500 employees – contribute importantly to the technological development at the research location of Aachen.



## Knorzeltreffen 2013

### *20. Jubiläum in Freiberg*

Am 25. und 26. Oktober 2013 fand das 20. Knorzeltreffen an der TU Bergakademie im sächsischen Freiberg statt. Den Rahmen des Treffens bildeten Vorträge, Diskussionen, eine Führung durch die Labore des Lehrstuhls für Gas- und Wärmetechnische Anlagen sowie eine externe Betriebsbesichtigung der Produktion bei einem Spezialhersteller von Leuchtmitteln. Insbesondere für Doktoranden ist das Knorzeltreffen eine Plattform zur Vorstellung ihrer Forschungsarbeiten vor einem fachkundigen Publikum, zu dem auch die Leiter der Forschungseinrichtungen gehören. Vom OWI hielten Dominik Kreuzmann einen Vortrag über die Vorverdampfung flüssiger Brennstoffe für den Motorenbetrieb sowie Habib Saptogino und Gunbritt Schacke über experimentelle und numerische Untersuchungen eines Pflanzenölbrenners.

Hinter dem Knorzeltreffen steht ein Netzwerk von Universitäten und Forschungsinstitutionen, die einen regen wissenschaftlichen Austausch pflegen und gemeinsam Forschungsprojekte initiieren und durchführen. Das Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik der Universität Magdeburg, das Institut für Industrieofenbau der RWTH Aachen, der Lehrstuhl für Gas- und Wärmetechnische Anlagen der TU Bergakademie Freiberg und das Oel-Waerme-Institut in Herzogenrath organisieren abwechselnd an ihren Standorten die Treffen.



*Das gemütliche Beisammensein ist fester Bestandteil der Knorzeltreffen. / A friendly get-together is an inherent part of the Knorzeltreffen. (Photo: OWI)*

### *20th anniversary in Freiberg*

The 20th Knorzeltreffen at the TU Bergakademie in Freiberg took place on the 25th and 26th October. Presentations, discussions, a guide tour through the laboratories of the chair for gas and thermo technical systems as well as an external tour regarding the production of illuminants of a special manufacturer constituted parts of the framework program. The Knorzeltreffen offers a platform, especially for doctoral students, to present their research works in front of a competent audience. The OWI employee Dominik Kreuzmann gave a lecture about the pre-evaporation of liquid fuels for engine operation. Further, Habib Saptogino and Gunbritt Schacke gave a lecture about experimental and numerical investigations of a vegetable oil burner.

The Knorzeltreffen is supported by a network of universities and research institutions that foster scientific exchange and initiate and carry out joint research projects. The Institute of Fluid Dynamics and Thermodynamics of the University of Magdeburg, the Department for Industrial Furnaces and Heat Engineering of the RWTH Aachen, the Chair of Gas and Heat Technology of the TU Bergakademie Freiberg and the Oel-Waerme-Institute in Herzogenrath alternatively organize the meetings at their locations.



## Karrierechancen

*für Studierende und Nachwuchswissenschaftler*

Rund 100 Beschäftigte arbeiten gemeinsam am Erfolg und der Weiterentwicklung des Oel-Waerme-Instituts. Sie erforschen und entwickeln in hoch motivierten, interdisziplinären Teams neue Technologien zur künftigen Wärme- und Stromerzeugung. Am OWI gibt es vielseitige Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Studierende und Karrierechancen für Nachwuchswissenschaftler.

### Studien-, Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten

Am OWI werden laufend Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in verschiedenen Tätigkeitsfeldern durchgeführt. Daraus ergeben sich regelmäßig interessante Themen zur Bearbeitung in Studien-, Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten. Wir können Arbeiten für unterschiedliche Bearbeitungszeiträume anbieten.

*Interdisziplinäre Teams forschen und entwickeln am OWI an neuen Technologien zur künftigen Wärme- und Stromerzeugung mit den folgenden Schwerpunkten:*

- Brenn- und Kraftstoffe
- Verbrennungstechnik
- Brennstoffzellensysteme
- Hochtemperaturverfahrenstechnik
- Heizungstechnik
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Reformierung
- Energiespeicher
- Berechnungen und Simulation
- Steuerungsentwicklung

*Hardware-in-the-Loop-Prüfstand für Tests der Wechselwirkungen regenerativer Brenn- und Kraftstoffe mit Geräte-Komponenten. / Hardware-in-the-Loop test bench for testing the interactions of renewable fuels with technical components. (Photo: OWI)*



## Career opportunities

*for students and junior scientists*

Nearly 100 employees work on the success and development of the Oel-Waerme-Institut. In interdisciplinary and highly motivated teams, our employees research and develop new technologies for the heat and power generation of the future. OWI offers a wide range of training opportunities for students and career opportunities for junior scientists.

### Seminar Papers, Bachelor, Master and Diploma Theses

Research and development projects in different fields of activities are carried out at OWI. This regularly results in interesting topics for seminar papers or Bachelor, Master and Diploma theses. We offer theses with varying periods of processing.



### Promotion am OWI

Zur selbstständigen Planung und Durchführung von Versuchen sowie der dazugehörigen Projektakquisition suchen wir regelmäßig Promotionskandidaten bzw. -kandidatinnen. Idealerweise verfügen Sie über ein abgeschlossenes Hochschulstudium des Maschinenbaus oder einer verwandten Fachrichtung. Ihr Schwerpunkt liegt im Bereich der Verfahrenstechnik, Thermodynamik oder Energietechnik. Die Festlegung des Promotionsthemas erfolgt im Einvernehmen zwischen Ihnen und dem OWI.

### Stipendienprogramm

Im Rahmen eines Stipendien-Programms haben Promotionskandidaten am OWI die Möglichkeit, sich wissenschaftlich zu orientieren und verschiedene Projekte kennenzulernen und daran mitzuarbeiten. So können sie thematische und inhaltliche Ideen für ihre Promotion entwickeln. Diese Einarbeitungsphase in Form eines Stipendiums dauert in der Regel 15 Monate und steht prinzipiell allen Promotionskandidaten offen. Die Entscheidung über die Vergabe eines Stipendiums trifft der Stipendien-Ausschuss des OWI.



### PhD at OWI

We are always looking for PhD candidates who want to plan and carry out experiments and the corresponding project acquisition independently. Ideally, you have a university degree in mechanical engineering or a related field. Your focus should be in the field of process engineering, thermodynamics or power engineering. The topic is defined in agreement between you and OWI.

### Scholarship Programme

Within the scholarship programme at OWI, PhD candidates have the opportunity to orientate themselves scientifically and to get to know and work on different projects. They can develop thematic and content-related ideas for their PhD. This familiarization phase in form of a scholarship usually lasts fifteen months and, theoretically, is open to all PhD candidates. The decision on awarding a scholarship is made by the scholarship-committee of OWI.

*Weitere Informationen zu aktuellen Stellenangeboten und Themen für Abschlussarbeiten am OWI sind im Internet zu finden /*

*Further information on current job offers and topics for theses at OWI can be found in the internet:*



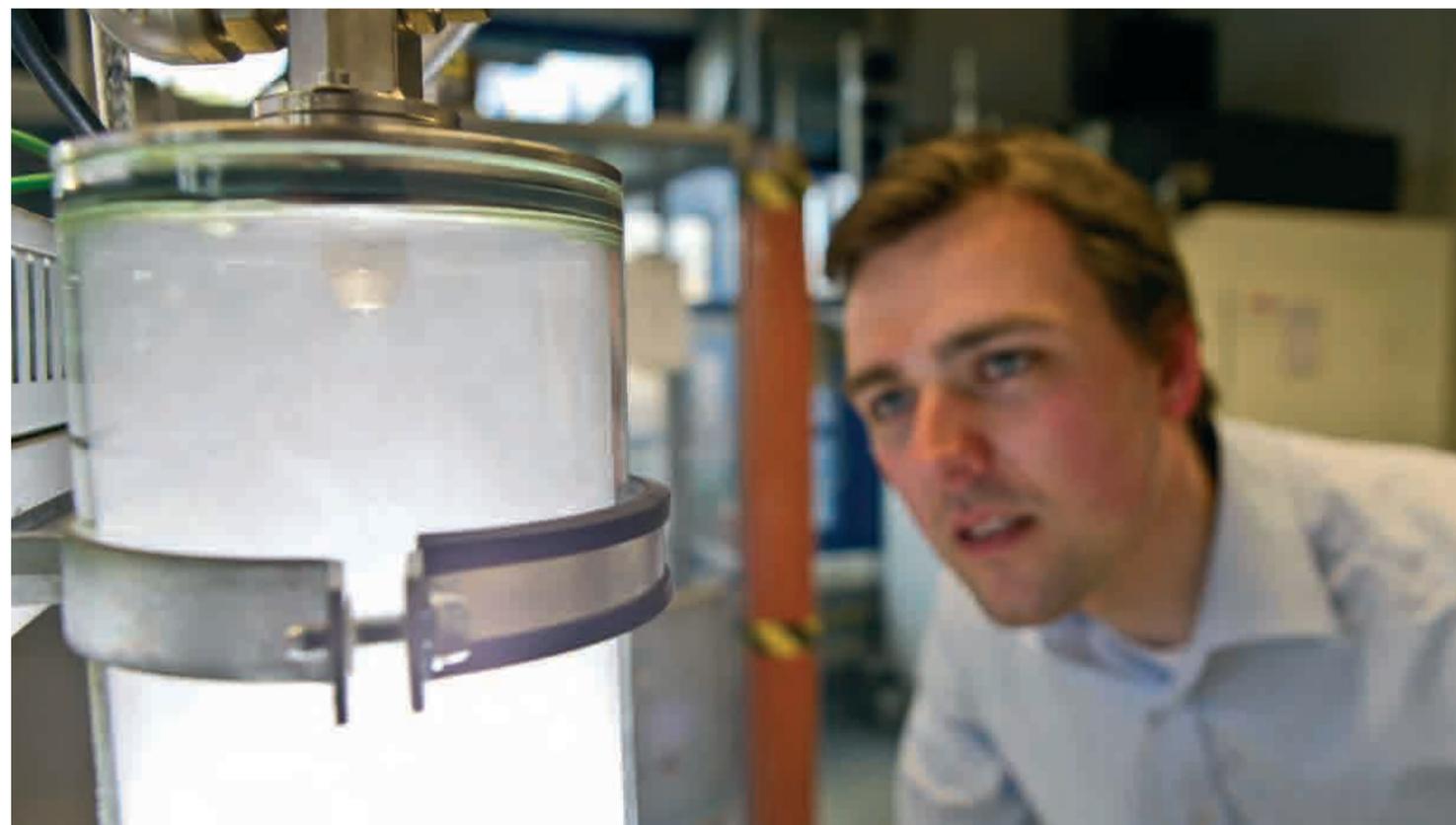
*deutsch*



*english*

*At OWI interdisciplinary teams carry out research and development of new technologies for the heat and power generation with the following core subjects:*

- Fuels
- Combustion Engineering
- Fuel Cell Systems
- High-temperature Process Engineering
- Heating Technology
- Combined Heat and Power
- Reforming
- Energy Storage Devices
- Modelling and Simulation
- Control Development





## Grenztourismus

### Betriebsausflug 2013

Der jährliche Betriebsausflug des OWI war auch 2013 eine willkommene Gelegenheit, die Kollegen abseits des Arbeitsalltags kennenzulernen: Wandern, Spiel und Spaß auf der Sommerrodelbahn standen auf dem Programm eines Ausflugs nach Valkenburg im benachbarten Holland, der von einem Grillfest abgerundet wurde. Hier einige Impressionen des Tages.

## Near-border tourism

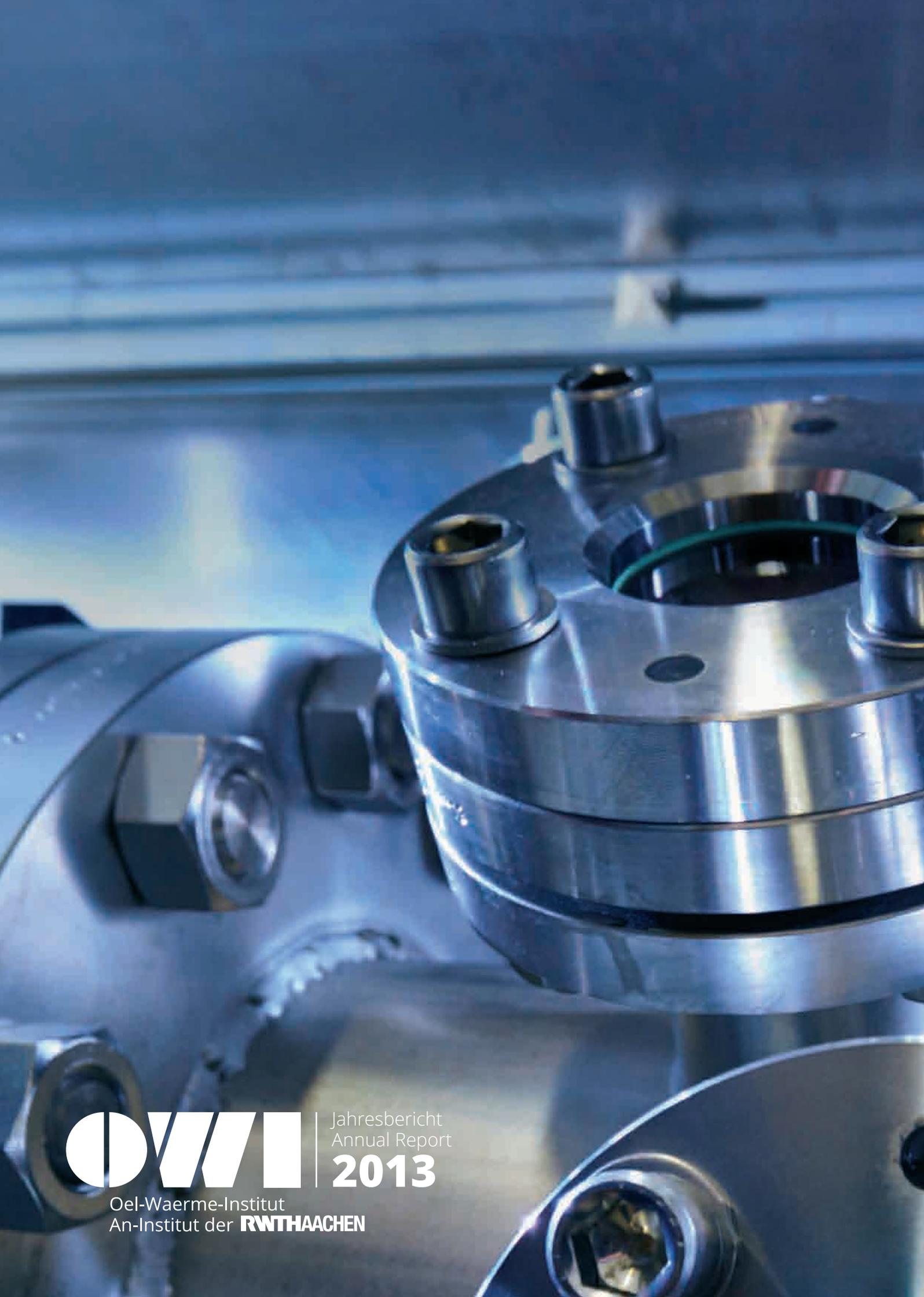
### Firm's outing 2013

OWI's annual firm's outing is a welcome opportunity to meet the colleagues beside the daily business. Hikes, and 'games and fun' on the summer-toboggan were parts of the programme of a trip to the neighbouring Valkenburg in The Netherlands. The day was completed by a barbeque. Here are some impressions.



Photos: OWI





Jahresbericht  
Annual Report

**2013**

Oel-Waerme-Institut  
An-Institut der **RWTHAACHEN**