



Jahresbericht  
Annual Report

**2012**

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

Themenschwerpunkt / Core subject

Heiztechnologien der Zukunft /  
Heating technologies of the future



Jahresbericht  
Annual Report

**2012**

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



## Liebe Leserinnen und Leser,

ob Wohnzimmer, Küche oder Bad: Zuhause soll es vor allem im Winter angenehm warm sein. Der Energieverbrauch dafür ist beachtlich: Die privaten Haushalte verbrauchen rund 29 % der Endenergie in Deutschland. Fast 85 % der zuhause verbrauchten Energie werden für Raumwärme und Warmwasser eingesetzt, etwa 15 % für Strom. Die enorme energie- und klimapolitische Bedeutung der Wärmebereitstellung spiegelt sich in den Diskussionen um die Strategien und Folgen der Energiewende nicht angemessen wider.

Die beiden dominierenden Energieträger bei der Erzeugung von Raumwärme sind Erdöl und Erdgas. Dabei gibt es recht konstant rund sechs Millionen Ölheizungen in Deutschland, doch der Verbrauch von Heizöl sinkt seit Jahren. Die Gründe: Einerseits sind die eingesetzten Heizungstechnologien deutlich effizienter geworden und andererseits sinkt der Anteil fossilen Heizöls durch die Beimischung biogener Brennstoffe. Parallel zu den technischen Innovationen im Heizungsbau geht der Trend vom einzelnen Wärmeerzeuger hin zu umfassenderen Heizungssystemen, sogenannten Hybridsystemen, die sowohl fossile als auch regenerative Energien nutzen, und dabei die Wärme- und Stromerzeugung sowie die Speicherung der Energie miteinander verbinden können. Intelligente Energienutzung benötigt komplexere Steuerungs- und Regelungsmechanismen und führt zu einer integrierten Betrachtung und Optimierung der Systeme mit Blick auf Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit.

Forschung und Entwicklung an neuen Heizungstechnologien, Brennstoffen der Zukunft und das Denken in



(Foto: OWI)

Gesamtsystemen sind wichtige Kernkompetenzen am OWI. Daran arbeiten wir gemeinsam mit Partnern aus Industrie, Verbänden und Wissenschaft, um trag- und zukunftsfähige Antworten auf drängende Fragen zu finden, wie zum Beispiel:

- Wie müssen die Heizsysteme der Zukunft beschaffen sein?
- Wie können Biobrennstoffe so weiterentwickelt werden, dass sie auch bei steigenden Anteilen biogener Beimischungen mit der Heizungstechnik kompatibel sind?
- Wie kann die Nachhaltigkeit biogener Brenn- und Kraftstoffe sichergestellt werden?
- Wie können Gesamtsysteme so geregelt und gesteuert werden, dass sie primärenergetisch effizient und wirtschaftlich sind?

Im Schwerpunktthema dieses Jahresberichts bilden wir einige der Zukunftsfragen rund um innovative Heizsysteme ab, die uns und unsere Partner in der Forschung und Entwicklung beschäftigen. Dass unser Aufgabenspektrum weitaus breiter aufgestellt ist, können Sie an den ausgewählten Projekten sehen, die wir in diesem Heft kurz vorstellen.

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Klaus Lucka



## Dear Readers,

whether the living room, kitchen or bath: your home should always be nice and warm, especially during the winter. The energy consumption is considerable: private households consume about 29 % of the primary energy in Germany. About 85 % of the energy consumed at home is used for room heating and hot water, and about 15 % for electricity. The enormous significance of heat supply for energy and climate policy is not appropriately reflected in the debate on the strategies and consequences of the energy turnaround.

The two predominant energy sources in the generation of heat are heating oil and natural gas. The number of oil heaters in Germany is quite constant at about six million, but the consumption of heating oil has been decreasing for years. The reasons are simple. On the one hand, the heating technology used has become significantly more efficient, while at the same time the share of fossil heating oil has fallen due to addition of biogenic fuels. In parallel with the technical innovations that have taken place in heating design, there is a trend away from individual heat generators towards more comprehensive heating systems. These so-called "hybrid systems", which use both fossil and regenerative energy, combine the generation of heat and electricity with the storage of energy. This intelligent energy use requires more complex control and regulation mechanisms. It leads to an integrated view and optimisation of systems with an eye towards energy efficiency and cost-effectiveness.

Research and development of new heating technologies, the fuels of the future and thinking in whole

systems are important core competencies at OWI. We work together with partners from industry, associations and science to find sustainable, long-term answers to urgent questions, like:

- How must the heating systems of the future be built?
- How can the development of biofuels be continued to ensure compatibility with heating technology even as the biogenic portion in fuel mixtures rises?
- How can the sustainability of biogenic fuels be ensured?
- How can overall systems be controlled and regulated to remain efficient and economical in terms of primary energy?

In the core subject of this annual report, we will examine some of the questions concerning the future of innovative heating systems that we and our partners in research and development are working on. The fact that our range of tasks is considerably broader, can be seen from the selected projects that we introduce briefly in this volume.

Please enjoy reading!

Yours Klaus Lucka



# Inhaltsverzeichnis

## Table of contents

<a href="#">Vorwort / Foreword</a>	4	Industrieofenbau –	
<a href="#">Inhaltsverzeichnis / Table of contents</a>	6	Untersuchungen zum Metal Dusting	
<a href="#">Aktuelles / News</a>	8	<i>Industrial furnace construction –</i>	
		<i>Experiments in metal dusting</i>	53
<a href="#">Schwerpunktthema / Core subject</a>		Brennerentwicklung für die Feuerverzinkung	
Innovative Heizungstechnologien –		<i>Burner development for hot galvanisation</i>	54
effizienter und umweltschonender		Kalte Flammen am Motor	
<i>Innovative heating technologies –</i>		<i>Cool flames for the engine</i>	55
<i>More efficient, more environmentally friendly</i>	12	Biokraftstoffe und Dieseltechnik –	
Vom Strahltriebwerk in den Heizungskeller –		Neue Prüfmethode	
KWK auf Basis einer Mikro-Gasturbine		<i>Biofuels and diesel technology –</i>	
<i>From jet engine to the boiler in the cellar –</i>		<i>New test method</i>	56
<i>Cogeneration based on micro gas turbines</i>	20	Neuer Heizkessel-Prüfstand	
Mehr Energie aus weniger Gas erzeugen –		<i>New Heating boiler test bench</i>	57
Wirkungsgrad von BHKW steigern		Langzeitstabilität von Biobrennstoffen	
<i>Generating more energy from less natural gas –</i>		<i>Long-term stability of biofuels</i>	58
<i>Increasing the efficiency of CHP units</i>	26	<a href="#">OWI im Dialog / In dialogue with OWI</a>	
Entwicklung einer Zeolith-Wärmepumpe –		Knorzeltreffen 2012 –	
Neue und bewährte Technologien kombinieren		Wissenschaftlicher Austausch am OWI	
<i>Development of a Zeolith heat pump –</i>		<i>Knorzeltreffen 2012 –</i>	
<i>Combining new and proven technologies</i>	28	<i>Scientific exchange at OWI</i>	59
Mikro-KWK mit Stirling-Motor –		Ölwärme-Kolloquium –	
Modulierender Öl-Vormischbrenner entwickelt		Heizöl birgt noch Technologiepotenzial	
<i>Micro cogeneration with Stirling motor –</i>		<i>Oil heating colloquium –</i>	
<i>Modulating premix burner developed</i>	34	<i>Heating oil still has technological potential</i>	60
Brennstoffe im Wärmemarkt –		2. Heatflux-Workshop in Warschau	
Bioheizöl ist ein Beitrag zur Energiewende		<i>2<sup>nd</sup> annual heat flux workshop in Warsaw</i>	64
Fuels on the heating market –		Vorträge und Veröffentlichungen	
<i>Biofuel oil is a contribution to shift</i>		<i>Presentations and publications</i>	65
<i>to alternative energy</i>	36	<a href="#">Wissenschaft am OWI / Academic study at OWI</a>	
Vom Heizkessel zum Energiesystem –		Diplom-, Master-, Bachelor- und Studienarbeiten	
Neue Technologien im System bewerten		<i>Diploma, masters and bachelor theses</i>	
<i>From heating boiler to energy system –</i>		<i>and assignments</i>	69
<i>Evaluating new technologies in the system</i>	42	<a href="#">OWI intern / OWI internal</a>	
<a href="#">Forschung und Entwicklung: Projekte /</a>		Neue Mitarbeiter am OWI	
<a href="#">Research &amp; Development Projects</a>		<i>New faces at OWI</i>	74
Pre-Reformer über 3.000 Stunden in Betrieb		OWI-Hotburner feierten ersten Sieg	
<i>Pre-reformer in operation for over 3,000 hours</i>	50	<i>OWI Hotburner team celebrates first victory</i>	76
Stromversorgung durch portable Brennstoffzelle		Betriebsausflug	
<i>Mobile power supply by portable fuel cell</i>	50	<i>Company outing</i>	77
Strom unterwegs selbst erzeugen			
<i>Power generation on the road</i>	52		



## Impressum

© 2013 OWI – Oel-Waerme-Institut GmbH,  
An-Institut der RWTH Aachen

### Firmensitz:

OWI Oel-Waerme-Institut GmbH  
Kaiserstr. 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

### Grafisches Konzept und Umsetzung:

MDSJ Communication · Köln  
http://www.mdsj.eu

Irrtümer und Änderungen vorbehalten.



## Legal notice

© 2013 OWI – Oel-Waerme-Institut GmbH,  
Affiliated Institute to RWTH Aachen University

### Registered office:

OWI Oel-Waerme-Institut GmbH  
Kaiserstr. 100  
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

### Design and implementation:

MDSJ Communication · Köln  
http://www.mdsj.eu

Errors and omissions excepted.



## Aktuelles

### Stromversorgung für indische Dörfer Akademischer Austausch mit indischen Wissenschaftlern

Im Dezember 2012 war Dr. Pramod S. Mehta für drei Wochen am Oel-Waerme-Institut zu Besuch. Er ist Senior-Professor für Mechanical Engineering am Indian Institute of Technology Madras, einer Universität im indischen Chennai, und leitet dort das Internal Combustion Engines Laboratory. Das Ziel der Reise von Prof. Mehta war, sich über das Know-how und die Aktivitäten im Brenn- und Kraftstoffbereich am OWI zu informieren und darüber hinaus auch Kontakte zu Partner-instituten des OWI zu knüpfen. Das Internal Combustion Engines Laboratory von Prof. Mehta forscht und entwickelt schwerpunktmäßig im Motoren- und Kraftstoffbereich, insbesondere mit Blick auf biogene Brenn- und Kraftstoffe.

Hintergrund der Aktivitäten indischer Forscher ist der Energiebedarf in der Landwirtschaft und der Ausbau der Elektrifizierung ländlicher Regionen in Indien. Da ein flächendeckendes Stromnetz nicht realisierbar ist, werden wirtschaftliche Lösungen für eine sichere und umweltschonende lokale Stromerzeugung durch Dieselgeneratoren entwickelt. Da aber Diesel als Kraftstoff zum Betrieb der vorhandenen Motoren durch die Dorfgemeinschaften nicht finanzierbar ist, entwickeln Prof. Mehta und sein Team Lösungen für den Einsatz reiner Biokraftstoffe, wie zum Beispiel Jatropa-Öl oder biogene Abfälle aus der Landwirtschaft. Die Jatropa-Pflanze gedeiht auch auf sehr kargen Böden und kann von der Bevölkerung vor Ort selbst angebaut, geerntet und verarbeitet werden.

Für Prof. Mehta sind die Erfahrungen des OWI mit biogenen Brenn- und Kraftstoffen etwa hinsichtlich der Qualitätssicherung wichtig. Große Bedeutung haben für ihn aber auch die Möglichkeiten zur Validierung von Messverfahren. Für die Zusammenarbeit wurde in der ersten Stufe ein Austausch von Mitarbeitern und Studenten in beide Richtungen vereinbart. In der zweiten Stufe könnte die gemeinsame Beantragung und Durchführung von Forschungsprojekten folgen.

Prof. Mehta kam im Rahmen des akademischen Austausch-Programms des Indo-German Centre for Sustainability (IGCS) nach Deutschland. IGCS initiiert und vertieft Kooperationen zwischen deutschen und indischen Wissenschaftlern in den Bereichen Grundlagenforschung und anwendungsnaher Entwicklungen, Ausbildung und Training und dient dem Austausch von Informationen auf dem Feld der nachhaltigen Entwicklung. Der spezielle Fokus liegt auf dem Umweltschutz in den Bereichen Wasserversorgung, Energie, Landnutzung und ländliche Entwicklung sowie Abfallwirtschaft.

### OWI ist Gründungsmitglied im VIU NRW Forschungsförderung für KMU mitgestalten

Das Oel-Waerme-Institut ist Mitglied in der neu gegründeten Landesgruppe Nordrhein-Westfalen des Verbandes Innovativer Unternehmen e.V. (VIU). Der bundesweit aktive VIU ist eine Interessenvertretung für forschende kleine und mittlere Unternehmen sowie gemeinnützige, nicht grundfinanzierte Industrieforschungseinrichtungen. Er setzt sich als einziger Unternehmensverband explizit für die Entwicklung und Stärkung von Industrieforschungspotenzialen auch in kleinen Unternehmen ein.

Sein Ziel ist die Stärkung der Industrieforschung und die effiziente Markteinführung von Innovationen im industriellen Mittelstand.

Das Oel-Waerme-Institut als freie Forschungsgesellschaft sieht im Verbund mit anderen forschenden Unternehmen und Gesellschaften im VIU eine Möglichkeit, die politischen Rahmenbedingungen der Forschungsförderung mitzugestalten. Da freie Forschungsinstitute in der Regel keine Grundförderung ihrer Aktivitäten erhalten, müssen sie über die Beantragung von Fördermitteln für jeweils einzelne Projekte ihre Finanzierung bestreiten. Sie sind auf öffentliche Projektförderungen angewiesen, die aber teilweise nur 50 Prozent der Kosten decken und in den meisten Fällen nicht die Overheadkosten eines Forschungsunternehmens berücksichtigen.

Der VIU mit Sitz in Berlin beeinflusst seit über 20 Jahren die Förderlandschaft für Forschung und Entwicklung in ganz Deutschland. Zahlreiche Programme, wie zum Beispiel das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie sowie auf der Ebene der Länder, wurden inhaltlich mit geprägt.



(Foto: OWI)



## News

### Power for Indian villages Academic exchange with Indian scientists

In December, 2012, Dr. Pramod S. Mehta visited the Oel-Waerme-Institut for three weeks. He is a Senior Professor in Mechanical Engineering at the Indian Institute of Technology Madras, a premier technology institution in the Indian city of Chennai. The purpose of Prof. Mehta's visit was to gain information about the know-how and activities in the fuel sector at OWI, as well as to make contact with OWI's partner institutions. Prof. Mehta's Internal Combustion Engines Laboratory focuses on research and development in the engine and fuel sector, particularly with respect to biogenic fuels.

The activities of Indian researchers have taken place against the backdrop of India's power needs for the agricultural sector and the ongoing electrification of rural

*Dr. Pramod S. Mehta (left) and Dr. Klaus Lucka.*

regions. Since it is impossible to build a comprehensive electricity grid, economic solutions are being developed for reliable, environmentally friendly local power generation with diesel generators. Since the village communities often cannot afford diesel as a fuel for already existing engines, Prof. Mehta and his team are developing solutions for the use of pure biofuels such as jatropa oil or biogenic waste from agriculture. The jatropa plant flourishes even on very barren ground and can be grown, harvested and processed by the local population.

Prof. Mehta finds OWI's experiences with biogenic fuels important, especially in terms of quality assurance. But the possibility of validation of measurement processes is also very important to him. For the collaborative effort, an exchange of staff and students in both directions was agreed upon as an initial phase. In the second phase, there could be joint proposals and execution of research projects.

Prof. Mehta came to Germany as part of the academic exchange program of the Indo-German Centre for Sustainability (IGCS). IGCS initiates and deepens cooperation between German and Indian scientists in the areas of basic research and applied development, education as well as training and serves as an exchange for information in the field of sustainable development.

### OWI is founding member of VIU NRW Shaping research funding for SMEs

The Oel-Waerme-Institut is a member of the newly founded state committee North Rhine-Westphalia of the Verband Innovativer Unternehmen e.V. (VIU). The VIU is nationally active and represents

the interest of small- and medium-sized companies and non-profit industry research institutions with no basic funding. Among business associations, the VIU is the only one which explicitly stands up for the development and encouragement of the potential of industry research of small companies. The aim is to strengthen industry research and the efficient market launch of innovations of medium-sized industrial enterprises. As an independent research corporation, the Oel-Waerme-Institut sees the cooperation with other research enterprises and associations of the VIU as the opportunity to shape the political framework conditions for research funding. Usually, independent research institutes do not receive basic funding for their activities and, thus, have to finance their projects by applying for subsidies. They depend on public project funding, which covers however only 50 per cent of the expenses and mostly disregards the overhead costs of the research institute.

The VIU, established in Berlin (Germany), has been influencing the funding landscape for research and development in Germany for more than 20 years. Numerous projects, like the Central Innovation Programme for SMEs (ZIM) of the Federal Ministry of Economics and Technology as well as projects at state level were realised. The special focus of the organisation is on environmental protection in the areas of water supply, energy, land use and rural development, as well as waste management.



## Aktuelles

**Studenten steuern Brennstoffzellensysteme**  
*OWI und PLT entwickeln Brennstoffzellenprüfstand für RWTH*

Wie eine Brennstoffzellenanlage gesteuert wird, damit sie die optimale Menge Strom erzeugt und das System stabil bleibt: Das können künftig Studenten am Lehrstuhl für Prozessleittechnik (PLT) der RWTH Aachen in Praktikumsversuchen an einem neu aufgebauten Brennstoffzellenprüfstand lernen. So erhalten sie realitätsnahe Einblicke in die komplexe Regelungstechnik, die die Komponenten des Brennstoffzellensystems miteinander verbindet und den Prozess der Stromerzeugung steuert. Aufgabe der Studenten am PLT wird zum Beispiel die Entwicklung von Steuerungsprogrammen für Prozesskomponenten wie Gebläse und Pumpen, Kühler und Reaktoren sein. Das von ihnen entwickelte (Teil-) Programm wird direkt am Prüfstand durch eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) appliziert und auf seine Funktion getestet. „Auf diese Weise wollen wir Studenten die Arbeit an innovativen Technologien aus dem regenerativen Bereich näher bringen und möchten sie so für Entwicklungsaufgaben rund um Brennstoffzellensysteme begeistern“, erläutert Professor Ulrich Epple, der Leiter des PLT.

Das Oel-Waerme-Institut entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Prozessleittechnik (PLT) der RWTH Aachen bis Anfang 2013 die Basis für diesen Praktikumsversuch zu Brennstoffzellenanwendungen. Das OWI stellt hierbei das Wissen zur Reformierung sowie zum Systemaufbau für die Lehre zur Verfügung und baut den Prüfstand auf.

Kernkomponente der Anlage ist ein HT-PEM Brennstoffzellenmodul der dänischen Serenergy A/S. Zum Betrieb einer solchen Brennstoffzelle wird ein wasserstoffreiches Gas benötigt. Dieses Gas wird durch einen vom Oel-Waerme-Institut entwickelten Reformer erzeugt, der ein Gemisch aus Erdgas, Luft und Wasserdampf durch „autotherme“ Reformierung in Wasserstoff umwandelt. Das im Reformierungsprozess ebenfalls entstehende Kohlenmonoxid darf eine bestimmte Konzentration nicht überschreiten, weil es die Brennstoffzelle schädigen könnte. Um das zu vermeiden, werden nachgeschaltete sogenannte Wasser-Gas-Shift-Reaktoren eingesetzt. Die zur Reformierung benötigten Katalysatoren stellt die Clariant AG kostenlos zur Verfügung. Aus dem erzeugten Gas kann über die Brennstoffzelle eine elektrische Leistung von bis zu 1000 Watt erzeugt werden.



**Abteilungsleitung am OWI**  
*Positionen intern neu besetzt*

Personelle Änderungen am OWI haben zu einer Neustrukturierung der Leitung zweier Abteilungen geführt: David Diarra leitet seit dem 1. Oktober 2012 die Abteilung Hochtemperaturtechnik. Gleich-

zeitig hat Dr. Heide vom Schloß, bisher Abteilungsleiterin der Hochtemperaturtechnik, die Leitung der Abteilung Energieträger übernommen. Die Umstrukturierung war notwendig geworden, nachdem Dr. Oliver van Rheinberg das Institut verlassen hatte.

David Diarra, Jahrgang 1972, hat an der RWTH Aachen Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Energietechnik studiert. Er kam 2001 als Projektingenieur zum OWI und baute seit 2006 die Gruppe Berechnungen und numerische Simulation auf. Heide vom Schloß, Jahrgang 1975, hat Chemietechnik an der Universität Dortmund studiert. 2001 begann sie als wissenschaftliche Angestellte am Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik im Hüttenwesen der RWTH Aachen. Nach ihrer Promotion wechselte sie 2006 zum OWI in die Abteilung Hochtemperaturtechnik, deren Leitung sie ab 2009 inne hatte.

*Dr. Heide vom Schloss leitet seit Oktober 2012 die Abteilung Energieträger am OWI.*

*Dr. Heide vom Schloss has been managing the Energy Sources Department since October 2012. (Photo: OWI)*



## News

**Students control fuel cell systems**  
*OWI and PLT develop fuel cell test bench for RWTH*

How a fuel cell system is controlled so that it generates the ideal quantity of electricity while the system stays stable: in future, students at the Chair of Process Control Engineering (PLT) at RWTH Aachen University will be able to learn about this in practical experiments on a newly constructed fuel cell test bench. They will receive realistic insights into the complex control systems which integrate the components of the fuel cell. Additionally, they learn to control the process of generating electricity. The task of the students at PLT is, for example, to develop control programs for process components, like blowers, pumps, coolers and reactors. The (sub-) programs they develop will be applied directly on the test bench by a programmable logic controller (PLC) and will be tested for proper function. “We hope to bring work on innovative technology in the regenerative sector closer to the students and spark their interest in development work related to fuel cell systems,” explains Professor Ulrich Epple, head of the PLT.

The Oel-Waerme-Institut together with the PLT will develop the basis for this practical experimentation on fuel cell applications until the beginning of 2013. OWI provides knowledge of reformer technology as well as the design of the system and is building the test bench.

The core component of the system is an HT-PEM fuel cell module from the Danish company Serenergy A/S. A hydrogen rich gas is needed to operate such fuel cells. This gas is generated by a reformer devel-

oped by the Oel-Waerme-Institut that converts a mixture of natural gas, air and steam into a hydrogen rich gas through “autothermal” reforming. The carbon monoxide, which is also produced during the reforming process may not exceed a certain concentration because it could damage the fuel cell. To prevent this, downstream systems are used, so-called water-gas shift reactors. The catalysts needed for the reforming process are provided free of charge by Clariant AG. The gas generated can be used in the fuel cell to generate electrical power of up to 1,000 watts.

**Departmental management at OWI**  
*Positions reassigned internally*

Personnel changes at OWI have led to a restructuring of the management of two departments: David Diarra has been managing the High Temperature Technology Depart-



ment since October 1<sup>st</sup>, 2012. At the same time, Dr. Heide vom Schloss, previously head of the department of High Temperature Technology, has taken over the management of the Energy Sources Department. Restructuring became necessary after Dr. Oliver van Rheinberg left the institute.

*Dipl.-Ing. David Diarra leitet seit Oktober 2012 die Abteilung Hochtemperaturtechnik.*

*Dipl.-Ing. David Diarra has been managing the High Temperature Department since October 2012.*

*(Photo: OWI)*



Der Heizungsbau hat große Entwicklungsschritte vollzogen. Innovative Technologien mit steigender Effizienz gehen mit einer Verringerung des Anteils fossiler zugunsten regenerativer Energieträger einher. Das OWI entwickelt für und mit den Heizungsherstellern Verbrennungssysteme und Komponenten, die hohen technischen Ansprüchen genügen müssen. Neben der Reduzierung des Verbrauchs fossiler Energieträger durch neue, effizientere Technologien ist auch die intelligente Verknüpfung bekannter Prozesse Gegenstand der Forschung.

Das Effizienzpotenzial im Raumwärmemarkt ist groß, denn im ölbefeuerten Heizgerätebestand überwiegen in Deutschland immer noch Niedertemperaturkessel, die in den 80er Jahren auf den Markt kamen. Allerdings gewinnen die deutlich effizienteren Brennwertgeräte, die seit Mitte der 90er Jahre verfügbar sind und stetig technisch weiterentwickelt wurden, zunehmend Marktanteile. Durch steigende Standards in der Isolierung von Gebäuden sinkt der Wärmebedarf vor allem im Neubaubereich, aber auch bei modernisierten Gebäuden im Bestand. Daher sind neue Heizungstechnologien in der Entwicklung und teils auch schon am Markt verfügbar, die bei geringerem thermischem Leistungsbedarf effizient und schadstoffarm Raumwärme bereitstellen. Zwei vielversprechende Konzepte, die auch zunehmend in Ein- und Zweifamilienhäusern zum Einsatz kommen sollen, sind die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Wärmepumpen.

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung werden Wärme und Strom in einem Prozess parallel erzeugt. Das Konzept ist auf der Basis unterschiedlicher Technologien im industriellen Bereich ebenso einsetzbar, wie in Mini- und Mikro-KWK-Anlagen. Als Mini-KWK-Anlagen können sie im Leistungsbereich bis 50 kW<sub>el</sub> zum Beispiel Mehrfamilienhäuser, Gewerbebetriebe oder Hotels sowohl mit Wärme als auch Strom versorgen. Für Ein- oder Zweifamilienhäuser etablieren sich die noch kleineren Mikro-KWK-Anlagen im Markt, die im Bereich von 500 W<sub>el</sub> bis 5 kW<sub>el</sub> eine Grundversorgung sicherstellen können. „Mini- und Mikro-KWK-Anlagen sind dort sinnvoll einsetzbar, wo Wärme und Strom

Engineering of heating technology has made great advances. Innovative technologies with increased efficiency naturally lead to a reduction in the share of fossil fuel in favour of regenerative energy sources. OWI develops combustion systems and components for and with heating manufacturers that must satisfy demanding technical requirements. In addition to reducing the consumption of fossil fuels by means of new, more efficient technologies, the intelligent integration of well-known processes is also a topic of research.

The efficiency potential in the domestic heating market is significant because the common built-in oil-fired heating system in Germany is still the low-temperature boiler, which was first introduced in the 1980s. However, the significantly more efficient condensing units that have been available since the mid-90s, which have been continuously optimised since, are gaining market shares. Due to increasingly strict standards for building insulation, the heat demand is decreasing. This development is especially important for newly built houses but also for modernised existing buildings. New heating technologies that can provide domestic heating efficiently and with low level of emissions at lower thermal power output are thus now under development and some are on the market already. Two very promising concepts that should increasingly be seen in single- and two-family houses are cogeneration systems and heat pumps.

In cogeneration, both heat and electricity are generated in parallel in a single process. This concept, based on different technologies, can be used in the industrial sector as well as for mini- and micro-cogeneration systems. Mini-cogeneration systems in the 50 kW<sub>el</sub> range, for example, can supply multifamily buildings, small commercial businesses or hotels with both heat and electrical power. For single- or two-family homes, the even smaller micro-cogeneration systems that can provide basic power in the 500 W<sub>el</sub> to 5 kW<sub>el</sub> range have become established on the market. „Mini- and micro-cogeneration systems are feasible wherever heat and electricity are needed in their immediate vi-

## Innovative Heizungstechnologien / Innovative heating technologies

Effizienter und umweltschonender /  
More efficient, more environmentally friendly



in unmittelbarer Nähe langfristig benötigt werden“, erläutert Jörg vom Schloß, Leiter der Abteilung Energie- und Verbrennungstechnik am OWI. „Durch die parallele Nutzung von Wärme und Strom bei einem Gesamtwirkungsgrad von mindestens 90 % kann eine erhebliche Reduzierung des Primärenergiebedarfs im Vergleich zur herkömmlich getrennten Wärme- und Stromerzeugung erreicht werden.“

Auch Wärmepumpen stellen eine sehr effiziente Art der Wärmeerzeugung dar. Wärmepumpen nutzen die in der Luft, im Grundwasser oder in der Erde vorhandene Wärme und heben (pumpen) sie auf ein Temperaturniveau, das für eine Hausheizung erforderlich ist. Die dafür benötigte Energie wird in der Regel über einen Stromanschluss bereitgestellt. Dies ist umso aufwändiger, je höher die Temperaturdifferenz ist, die das System überwinden muss. Speziell im Winter bei geringer Temperatur der Wärmequelle und hohem Wärmebedarf führt dies zu einem höheren Stromverbrauch. An diesem Punkt setzt die Entwicklung von Wärmepumpensystemen an, die durch einen integrierten Verbrennungsprozess bei ungünstigen Temperaturverhältnissen oder hohem Wärmebedarf effizienter arbeiten.

#### Neue Technologien für eine stabile Energieversorgung

Obwohl die wissenschaftliche Diskussion zum Einfluss des CO<sub>2</sub>-Gehalts auf die klimatische Entwicklung immer noch nicht eindeutig entschieden ist, erscheint es sinnvoll mit den gegebenen Ressourcen möglichst sparsam umzugehen. Die Weiterentwicklung innovativer Technologien für die Haushaltsheizung ist daher nicht nur im Hinblick auf steigende Energiepreise und eine stabile Energieversorgung unerlässlich. Die bisher vorgestellten KWK- und Wärmepumpensysteme basieren zumeist auf Erdgas als Energieträger. Die Heizgeräteindustrie arbeitet aber auch an der Entwicklung von Anlagen auf der Basis von flüssigen Energieträgern, um Marktpotenziale beim Austausch ölbefeuerter Standard- und Niedertemperaturkessel bei Modernisierungen im Bestand, aber auch im Neubau zu erschließen. Auf diesem Wege ist eine langfristig sichere häusliche Energieversorgung auf Basis unterschiedlicher Energieträger möglich.

„Als Spezialisten für Wärme- und Stromerzeugung aus flüssigen Energieträgern entwickeln wir am OWI Verbrennungssysteme und Systemkomponenten für vielfältige innovative Heizungssysteme, die auf ganz unterschiedlichen technischen Konzepten basieren können“, erklärt vom Schloß. „Die Kernkompetenz

Momentaufnahme einer Diffusionsflamme.

cinity over the long-term,” explains Joerg vom Schloß, head of the Energy and Combustion Technology Department at OWI. “With parallel usage of heat and electrical power at an overall efficiency of at least 90 %, we can achieve a significant reduction in primary energy demand in comparison with conventional separate heat and electrical generation.”

Heat pumps are another highly efficient type of heat generation. Heat pumps use the heat already available in the air, groundwater or soil, and raise it (pump it) to the temperature level needed for home heating. The energy required is generally provided through an electrical connection to the national grid. The operating costs increase with the temperature difference that the system must overcome. Especially in winter, with lower heat source temperature but higher heat requirements, this leads to increased electrical consumption. This is the point where the development of heat pump systems that use an integrated combustion process to work more efficiently under unfavourable temperature conditions or high heat demands, comes into play.

Snapshot of a diffusion flame. (Photo: OWI)

#### New technologies for a stable supply of energy

Although the scientific discussion of the influences of CO<sub>2</sub> emissions on climate trends is still anything but settled, it does seem sensible to work as frugally as possible with available resources. The advancement of innovative technologies for domestic heating is thus essential from the standpoint of increasing energy prices and a stable energy supply. The cogeneration and heat pump systems mentioned above mainly rely on natural gas as an energy source. The heating equipment industry, however, is also working on systems based on liquid energy carriers to open up market potential in the replacement of oil-fired standard and low-temperature boilers for the renovation of existing as well as in new buildings. This makes it possible to base long-term reliable domestic energy supply on different energy sources.

“As specialists in the generation of heat and electrical power from liquid energy carriers, here at OWI we develop combustion systems and system components for a wide variety of innovative heating systems that can make use of vastly different technical concepts,” explains vom Schloß. “The core competence at OWI lies in liquid fuels; but OWI also has comprehensive know-how when it comes to the combustion of gas-

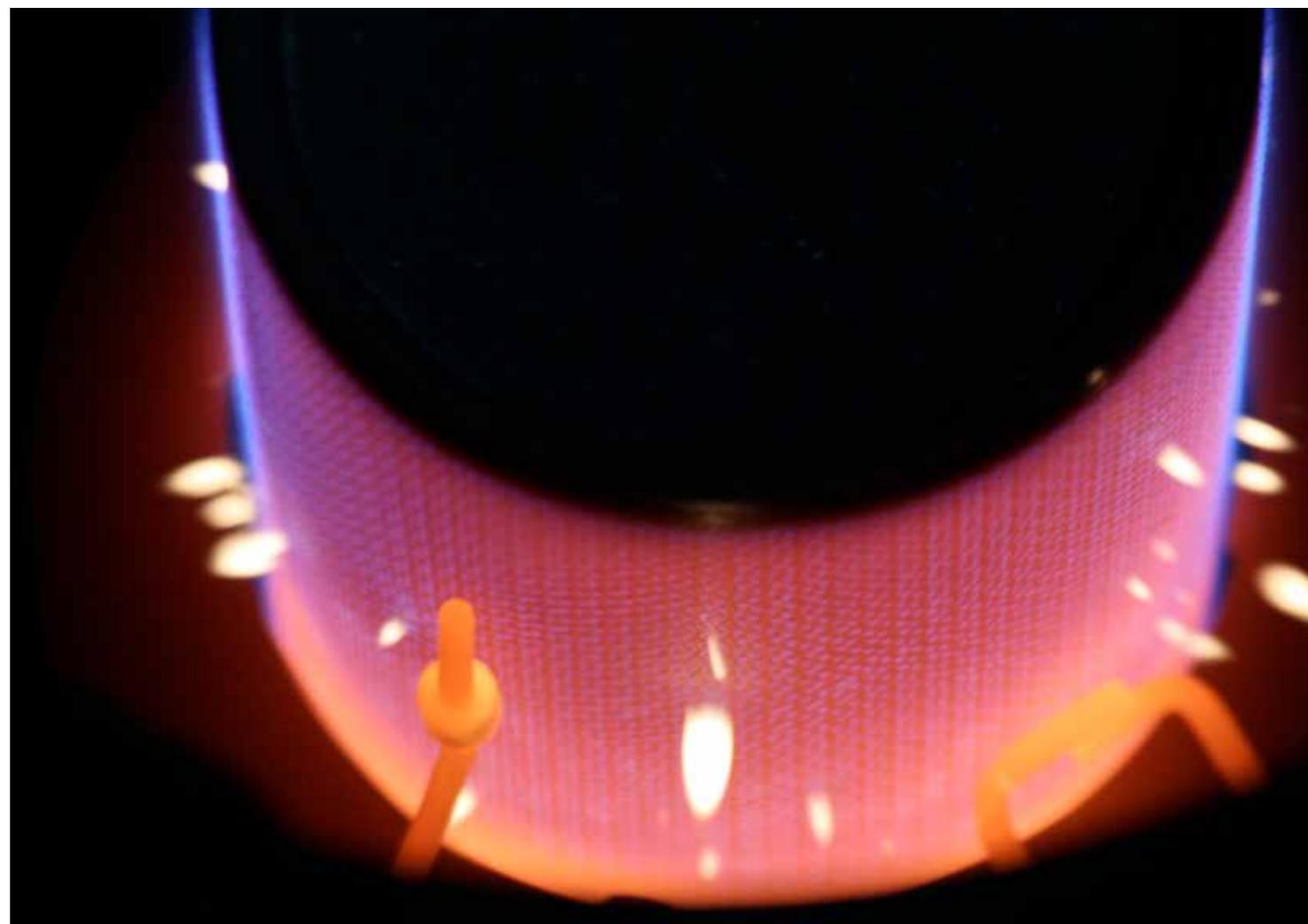


am OWI liegt auf flüssigen Brenn- und Kraftstoffen, aber auch für die technisch einfacher zu realisierende Verbrennung gasförmiger Brennstoffe gibt es am OWI umfassendes Know-how.“ Beides kommt in unterschiedlichen Projekten zum Tragen, wie diese Projektbeispiele zeigen:

- Mikro-KWK auf Basis einer Gasturbine  
Investitionen in Mikro-KWK-Anlagen sind noch relativ teuer. Deutlich preiswerter für den Hausbesitzer sollen sie durch ein Entwicklungsprojekt eines europäischen Konsortiums um den niederländischen Hersteller MTT Micro Turbine Technologies B.V. werden. Das OWI entwickelt in diesem Projekt einen Brenner für flüssige Brennstoffe. Das Vorhaben wird im Rahmen des europäischen Förderprogramms „eurostars“ unterstützt. Einen ausführlichen Bericht dazu lesen Sie ab Seite 20.
- Mini-KWK auf Basis motorischer Verbrennung  
An sich ist die Technik für Strom- und Wärmeerzeugung in motorisch betriebenen Mini-KWK-Anlagen ausgereift. Aber mit einem neuen technischen Ansatz wollen das OWI und der Motorenspezialist ECC GmbH deren elektrischen Wirkungsgrad auf bis zu 45 % erhöhen. Basis des Projekts ist ein erdgasbetriebener, aufgeladener Verbrennungsmotor, in dessen System eine Reformierungsstufe integriert wird. Hintergründe zu dem laufenden Projekt lesen Sie auf Seite 26.
- Mikro-KWK auf Basis eines Stirling-Motors  
Das OWI hat ein Funktionsmuster eines modulierenden Brenners für flüssige Brennstoffe zum Einsatz in einem Stirling-KWK-Gerät der WhisperTech Ltd. entwickelt. Um eine schadstoffarme Verbrennung und hohe Wirkungsgrade zu erreichen, wurden ein Verdampfer mit Startbrenner und ein mehrstrahliger Vormischbrenner entwickelt. Informationen zum Projekt finden Sie auf Seite 34.
- Zeolith-Adsorptions-Wärmepumpe mit modulierendem Heizöl EL-Brenner  
Das OWI entwickelt ein Brennermodul für eine Zeolith-Wärmepumpe der Viessmann Werke, das sowohl den Einsatz von Heizöl EL als auch Beimischungen von Bioheizöl ermöglicht. Dabei wird ein Oberflächenbrenner eingesetzt und mit einem Kalte-Flammen-Verdampfer zur Vormischung kombiniert. Vorgestellt wird das Projekt auf Seite 28.

Im Zentrum der Aktivitäten am OWI rund um Verbrennungssysteme steht in der Regel die Entwicklung von Ölbrennern in möglichst kompakter Bauweise, die den Anforderungen der Auftraggeber hinsichtlich Betriebssicherheit, Abgasemissionen, Thermoakustik, Energieeffizienz und kostengünstiger Herstellung entsprechen. In der Regel handelt es sich dabei um vormischende Brennerkonzepte, so dass die Vormischung sowohl Teil der Konzeptentwicklung als auch der Entwicklung ist. Um die erforderliche Leistungsbandbreite zu erreichen, werden zum Beispiel Oberflächenbrenner eingesetzt. Zur Erleichterung der Markteinführung wird – so weit möglich – auf bereits vorhandene Serienkomponenten (z.B. Öldüse, Zündeinheiten) bei der Entwicklung zurückgegriffen.

*Flammenbild eines Oberflächenbrenners.*



eous fuels, which is technically easier to implement.“ Both are used in different projects, as can be seen from these project examples:

- Micro-cogeneration based on a gas turbine  
Investment in micro-cogeneration systems is still relatively expensive. But thanks to the development project of a European consortium led by Dutch manufacturer MTT Micro Turbine Technologies B.V., they should become significantly more cost-effective for homeowners. OWI is developing a burner for liquid fuels as part of this project. The project is supported within the scope of the European “eurostars” grant program. You can find a detailed report on the project starting on page 20.

*Flame of a surface burner. (Photo: OWI)*

- Mini-cogeneration system based on an internal combustion engine  
Inherently, the technology for the generation of electrical power and heat in engine-powered mini-cogeneration systems is well-engineered. But OWI and engine specialist ECC GmbH hope to increase its electrical efficiency up to 45 % using a new technological approach. The project is based on a natural gas-driven, turbocharged internal combustion engine with an integrated reformer stage. You can obtain background information on this ongoing project starting on page 26.
- Micro-cogeneration system based on a Stirling engine  
OWI has developed a functional prototype of a modulating burner for liquid fuels for the use in a Stirling cogeneration unit by WhisperTech Ltd. To achieve combustion with low emission and high efficiency, an evaporator was developed with a start-up burner and multi-stage premixing burner. You can find information on the project starting on page 34.
- Zeolith adsorption heat pump with modulating low sulphur heating oil burner  
OWI is developing a burner module for a Zeolith heat pump by Viessmann Werke that permits the use of either heating oil or blends with biofuels. It uses a surface burner combined with a Cool Flame evaporator for premixing. The project is presented on page 28.

The focus of activities at OWI concerning combustion systems is generally the development of oil burners that are as compact in design as possible and meet the requirements of customers in terms of operational safety, exhaust emissions, thermoacoustics, energy efficiency and cost-effective manufacture. These are generally premixing burner designs so that premixing is both part of concept development and engineering. To achieve the required power bandwidth, for example, surface burners are used commonly. To simplify market introduction, OWI relies – as far as possible – on existing series components (such as oil nozzles and ignition units) during development. The following development aspects can be part of OWI's scope of service, for example:



Folgende Entwicklungsaspekte können beispielsweise zum Leistungsumfang des OWI zählen:

- Auslegung von Brennern für flüssige Brennstoffe (inklusive biogener Brennstoffe)
- Entwicklung einer Vormischtechnik zur Erzeugung eines homogenen Brenngases, zum Beispiel durch Einsatz der Kalte-Flammen-Technik
- Simulation der Strömung mittels CFD (und vereinfachter Verbrennungsrechnung, inklusive Tropfenverdampfung)
- Konstruktion (CAD) und Fertigung von Funktionsmustern
- Steuerungsentwicklung für den Laborbetrieb
- Brennerentwicklung am Prüfflammrohr
- Bestimmung und Optimierung von Betriebskennfeldern
- Durchführung von Lebensdauertests unter simulierten Feldbedingungen
- Organisation und Betreuung von Feldversuchen

#### Denken in Energiesystemen

Die Auslegung innovativer Heizungstechnologien sollte nicht ohne eine Betrachtung des Umfelds erfolgen, in das sie integriert werden sollen. Darum führt das OWI auch Analysen zur Systemintegration von Heizungsanlagen durch, bei denen Bedarfsprofile der Wärme- und Stromerzeugung ermittelt und bewertet werden. Das Ziel ist eine optimale Betriebsweise, die zu einem möglichst geringen Primärenergieeinsatz und einer maximalen Ausbeute an Wärme und gegebenenfalls Strom führt. Auch eine intelligente Verknüpfung mehrerer Energieträger, wie zum Beispiel Heizöl und Strom im Hinblick auf eine günstige Nutzung bei Überangebot oder Mangel ist damit möglich. Durch die Berechnung und Simulation von Lastprofilen und optimierten Betriebsweisen werden am OWI Modelle entwickelt, die eine intelligente Steuerung und Regelung der Anlagen ermöglichen.

- designing burners for liquid fuels (including biogenic fuels)
- development of premixing systems to generate homogeneous combustion gases, for example by using cool flame technology
- simulation of flow using CFD (and simplified combustion modelling, including droplet evaporation)
- design (CAD) and construction of functional prototypes
- development of controllers for laboratory operation
- Burner development on test flame tubes
- calculation and optimisation of operating characteristics
- performance of long-term testing under simulated field conditions
- organisation and supervision of field testing

#### Thinking in energy systems

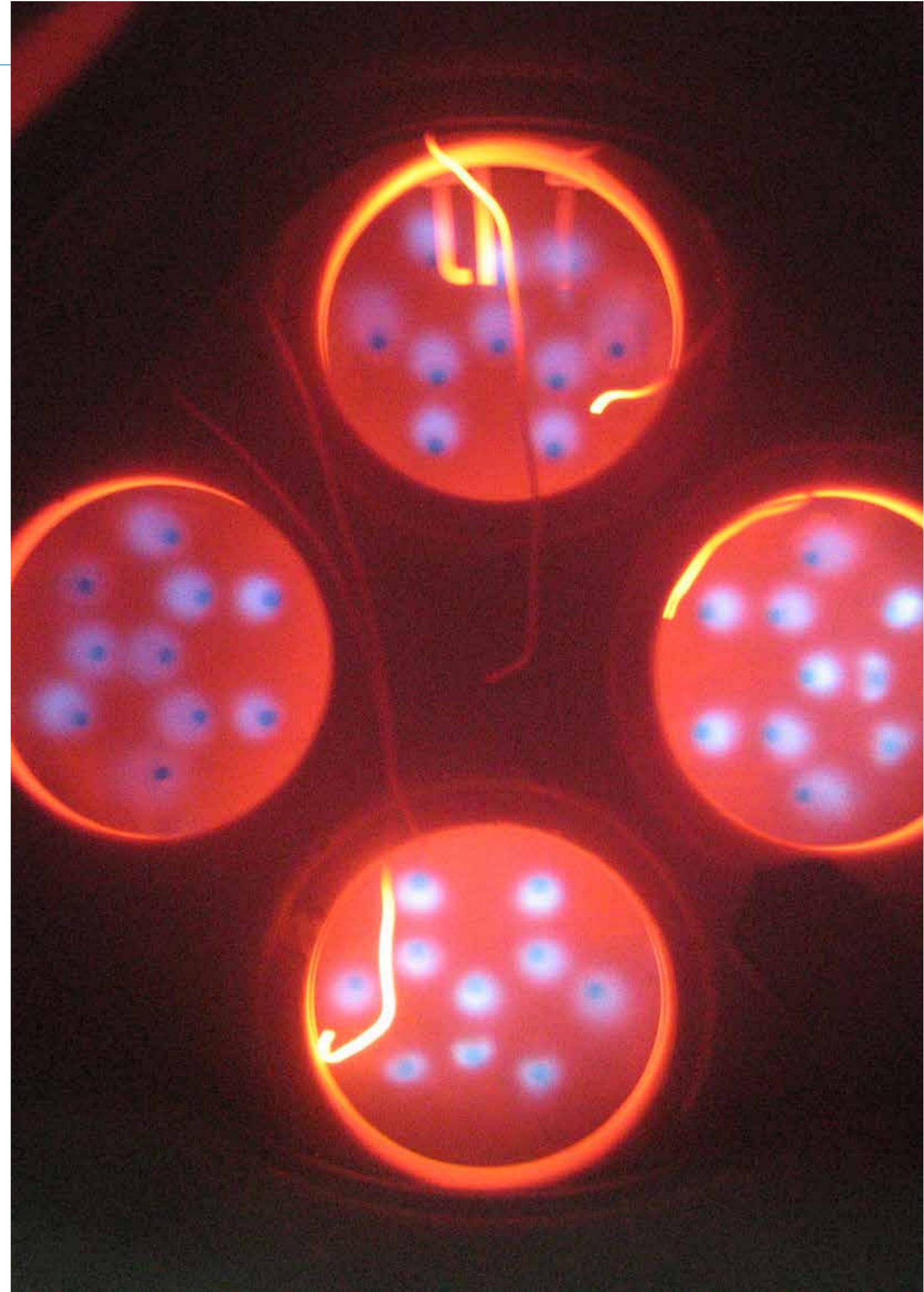
Innovative heating technology should never be designed without a thought for the environment into which it will be integrated. This is why OWI also carries out analyses of system integration of heating systems, in which the requirement profiles for heat and electrical power generation are modelled and evaluated. The goal is to achieve optimum operation leading to the lowest possible consumption of primary energy and maximum yield of heat and, if necessary, electrical power. This also allows the intelligent combination of multiple energy sources, such as heating oil and electrical power, to permit cost-effective use in case of surplus or shortages. The calculation and simulation of load profiles and optimised operational modes enables OWI to develop models that permit the intelligent control and regulation of systems.

---

#### Kontakt/Contact:

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

*Heizölbrenner eines Stirling-Motors /  
Heating oil burner of a Stirling engine  
(Photo: OWI)*





Flammenbild des Brenners auf Basis der Lean-Premixed-Prevaporized-Combustion (LPP).  
Flame pattern of the burner based on lean premixed prevaporised combustion (LPP).  
(Photo: OWI)

## Vom Strahltriebwerk in den Heizungskeller

### *KWK auf Basis einer Mikro-Gasturbine*

*Von Wilfried Visser, MTT Micro Turbine Technology BV*

Was in Flugzeugen und Kraftwerken maximale Leistung und Effizienz bringt, kann in kleinem Maßstab auch im Heizungskeller funktionieren: Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis einer Mikro-Gasturbine für Einfamilienhäuser kann klimaschonend und wirtschaftlich sein. Ein Konsortium europäischer Unternehmen und Forschungsinstitutionen entwickelt ein System für flüssige Brennstoffe in Mikro-Gasturbinen mit einer elektrischen Ausgangsleistung von 3 kW<sub>el</sub>.

Angesichts steigender Energiekosten besteht ein großer Bedarf an innovativen Heizungssystemen mit günstigen Investitionskosten und reduziertem Primärenergieverbrauch. Eine vielversprechende Variante der Energiewandlung ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Durch eine gekoppelte, dezentrale, bedarfsgerechte Wandlung von Brennstoff zu Wärme und Strom ist theoretisch ein Gesamtwirkungsgrad von über 90 % (bezogen auf den Brennwert H<sub>s</sub>) erzielbar und damit ein sehr effizienter und klimaschonender Einsatz der Brennstoffe möglich. Die wenigen bisher vorgestellten Mikro-KWK-Systeme arbeiten mit Verbrennungs- oder Stirling-Motoren sowie Brennstoffzellen. Sie haben im Vergleich zu konventionellen Heizungssystemen noch den Nachteil hoher Investitionskosten. Aktuell entwickelt die Micro Turbine Technology B.V. (MTT) in einem europäischen Konsortium aus Unternehmen und Forschungsinstituten ein KWK-System für flüssige Brennstoffe auf der Basis

## From jet engine to the boiler in the cellar

### *Cogeneration based on micro gas turbines*

*By Wilfried Visser, MTT Micro Turbine Technology BV*

What works in aircraft and power plants to provide maximum power and efficiency can also work in smaller dimensions in your home boiler. Cogeneration based on a micro gas turbine for single-family houses shows great environmental and economic potential. A consortium of European companies and research institutions is developing a system for liquid fuels in micro gas turbines with an electric power output of 3 kW<sub>el</sub>.

In view of rising energy costs, there is a great need for innovative heating systems with affordable investment costs and reduced primary energy consumption. A promising variant of energy conversion is cogeneration. Its coupled, decentralised, need-based conversion of fuel to heat and electrical power can theoretically achieve an overall efficiency of over 90% (relative to the combustion heating value H<sub>s</sub>), making very efficient and environmental friendly use of fuels possible. The few micro-cogeneration systems presented to date are based on the internal combustion concept or Stirling engines, as well as fuel cells. In comparison with conventional heating systems, they have the disadvantage of higher investment costs. Micro Turbine Technology B.V. (MTT), acting within a European consortium of companies and research institutions, is currently developing a cogeneration system for liquid fuels based on a micro gas turbine. The OWI Oel-Waerme-Institut GmbH is handling the develop-



Die Mikro-KWK-Anlage von MTT zur Strom- und Wärmeerzeugung soll künftig mit flüssigen Brennstoffen betrieben werden.  
MTT's micro-cogeneration system for the generation of electrical power and heat will in future be driven with liquid fuels. (Photo: MTT)

zu erwarten. Gasturbinen besitzen bauartbedingt nur einige wenige sich bewegende Bauteile, die zudem sehr geringen Schwellbeanspruchungen unterliegen. Weiterhin zeichnet sich der offene Joule-Prozess aufgrund des kontinuierlichen Verbrennungsvorgangs durch niedrige Schadstoff- und Geräuschemissionen bei hoher Leistungsdichte sowie einem weiten Modulationsbereich aus.

Bei der verwendeten Mikro-Gasturbine sind das einstufige radiale Verdichter- sowie Turbinenrad und der Generator auf einer Welle angeordnet. Diese kompakte Ausführung ermöglicht den Betrieb bei vergleichsweise hohen Drehzahlen und darauf ausgelegten Brennkammerdrücken und -temperaturen. Der elektrische Strom wird über einen schnelllaufenden Permanentmagnet-Generator erzeugt und durch einen elektronischen Frequenzumrichter auf die erforderliche Netzfrequenz gewandelt. In dieser Anordnung ist im Gegensatz zu Kraftwerksturbinen, die Generatorzahl nicht an die Netzfrequenz gebunden. Mit Hilfe einer lastabhängigen Drehzahlmodulation kann die Turbineneintrittstemperatur in einem breiten Lastbereich konstant gehalten werden. So können auch unter Teillast hohe Wirkungsgrade und niedrige Emissionen erreicht werden. Durch rekuperative Luftvorwärmung, bei der die Abgasenthalpie nach der Turbine genutzt wird, gelingt zusätzlich eine erhebliche Steigerung der Systemeffizienz.

Aufgrund der Temperaturlimitierung im Heißgasbereich durch die ungekühlte Turbine und den Rekuperator ist die Steigerung des Wirkungsgrads jedoch begrenzt. Die Grenztemperatur des eingesetzten Turbinenwerkstoffs liegt mit etwa 1.050 °C deutlich unter der adiabaten, nahstöchiometrischen Verbrennungstemperatur. Zur Lösung dieser Problematik wird eine Frischgasbeimischung vor der Turbine eingesetzt. Bei dieser Technik kann die Brennkammer in verschiedene Zonen eingeteilt werden. Im ersten Abschnitt der Brennkammer wird zumeist eine drallstabilisierte, nahstöchiometrische diffusive Verbrennung ausgeführt, die aufgrund der Materiallimitierung der Brennkammer durch Filmkühlung in einen Luftman-

einer Mikro-Gasturbine. Die OWI Oel-Warme-Institut GmbH übernimmt dabei die Entwicklung des Verbrennungssystems für flüssige Brennstoffe. Das Ziel ist die Realisierung eines KWK-Systems mit bis zu 25 % niedrigerem Primärenergieverbrauch im Vergleich zu konventionellen Heizungen. Die in der Entwicklung befindliche Mikro-KWK-Anlage kann je nach Anforderung bis 3 kW elektrische und 14 kW thermische Leistung erzeugen und so den Eigenbedarf eines Einfamilienhauses an Strom und Wärme decken.

#### Geringere Systemkosten durch weiter entwickelte Turbolader-Technologie

MTT hat einen Weg gefunden, durch den Einsatz von Turbolader-Technologie aus dem Automotive-Bereich preiswerte Gasturbinen zu entwickeln. Zudem ist bei einer Gasturbine im Systemvergleich zu Kolbenmotoren sowie Brennstoffzellen eine deutlich höhere Lebensdauer bei geringerer Wartungsintensität



Prüfstand für die Brennerentwicklung zur MTT Mikro-KWK-Anlage.

Test rig for the burner development of MTT's micro CHP. (Photo: OWI)

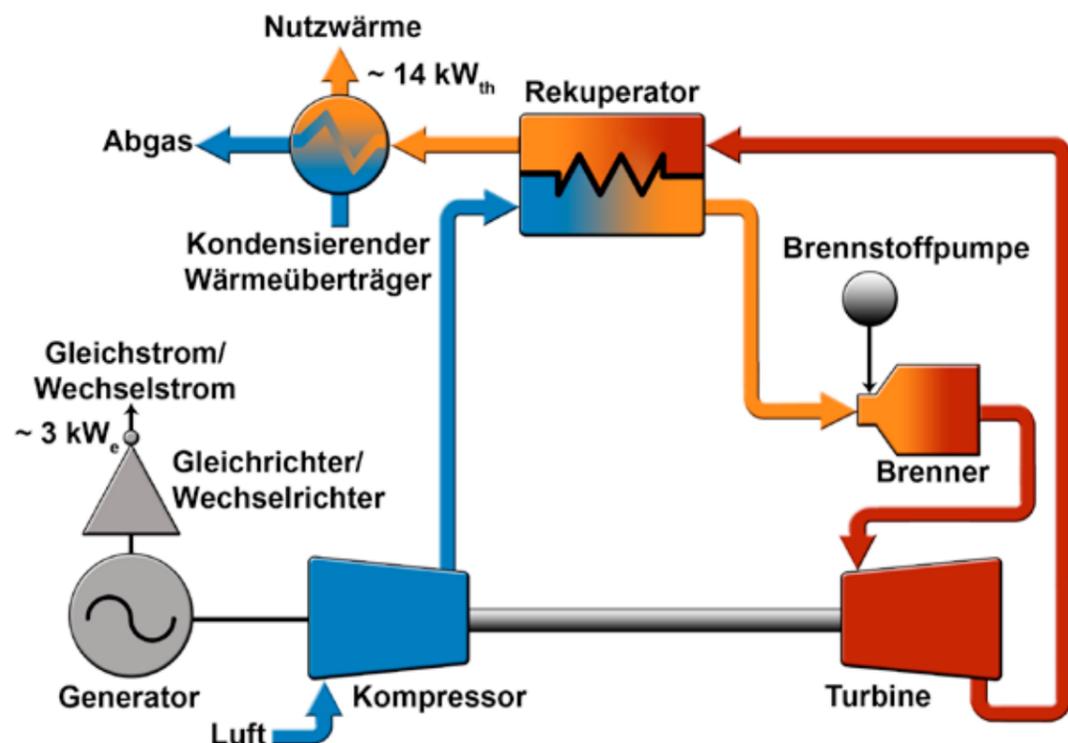
ment of the burner system for liquid fuels. The goal is to implement a cogeneration system with up to 25 % lower primary energy consumption in comparison to conventional heaters. The micro-cogeneration system currently under development can generate up to 3 kW of electrical power and 14 kW of thermal power as needed, covering the electrical and heating demand of a single-family house.

#### Lower system costs thanks to advanced turbocharger technology

MTT has opened a way to develop low cost gas turbines by using automotive turbocharger technology. Moreover, comparing the overall system of piston engines and fuel cells, a gas turbine has a significantly longer lifetime while presumably requiring less main-

tenance. Because of their design, gas turbines have only a few moving parts, which are subject to very low threshold stress. The open Joule process, due to its continuous combustion, also has lower emissions of both hazardous materials and noise, at a higher power density and with a broad modulation range.

In the micro gas turbines used, a single-stage radial compressor and turbine wheel and the generator are arranged on a single shaft. This compact construction permits operation at relatively high speeds and optimal cycle pressure and temperature. The electrical power is generated by a fast-running permanent magnet generator and converted to the grid by an electronic frequency converter. In this arrangement, in contrast with power plant turbines, the speed of the



Funktionsprinzip der KWK Mikro-Gasturbine bei Einsatz von flüssigen Brennstoffen.

Functional principle of the CHP micro gas turbine when using liquid fuels. (Illustration: OWI)

tel eingfasst ist. In den stromabwärts folgenden Zonen wird das Verbrennungsprodukt fortwährend verdünnt, so dass am Austritt der Brennkammer ein homogenes Temperaturniveau auf maximaler Turbineneintrittstemperatur vorliegt.

#### Potenziale zur Emissionsminderung nutzen

In der am OWI durchgeführten Entwicklung für flüssige Brennstoffe wird das Konzept der Lean-Premixed-Prevaporized-Combustion (LPP) verfolgt, das gegenüber der konventionellen Verbrennungsführung ein enormes Emissionsminderungspotenzial besitzt. Erste praktische Ergebnisse der Forschungsarbeit zeigen, dass das Konzept der LPP auch in den niedrigen Leistungsbereich der Haushaltsverbrennung erfolgreich übertragbar ist. Dies gelingt durch eine veränderte geometrische Gestaltung der Brennkammer, bei der die Brennstoffverdampfung und Gemischbildung von der eigentlichen Reaktionszone unter Beibehaltung der Betriebsstabilität räumlich getrennt werden. Bei entsprechender Konzeption aller Komponenten ist eine stabile, homogene und emissionsarme Verbrennung auf einem vergleichsweise niedrigen Temperaturniveau möglich. Durch Kombination der Vorver-

dampfung mit schneller Mischung bei Verwendung von drallstabilisierten Strömungen werden geringe Emissionswerte bei hoher Leistungsdichte erreicht.

Die Partner im Projekt MTT Micro CHP innerhalb des europäischen Förderprogramms „eurostars“ sind:

- ACTE S.A., Belgien (Entwicklung Rekuperator)
- Hiflux Ltd., Großbritannien (Entwicklung Rekuperator)
- Micro Turbine Technology B.V., Niederlande (Turbinentwicklung und Systemintegration)
- OWI Oel-Waerme-Institut GmbH, Deutschland (Brennerentwicklung für flüssige Energieträger)
- Polidoro, Italien (Brennkammerfertigung)
- ProDrive B.V., Niederlande (Elektronikentwicklung)
- Technische Universität Eindhoven, Niederlande (Brennerentwicklung gasförmige Energieträger)



generator is not related to the frequency of the power grid. Using load-dependent speed modulation, the intake temperature of the turbine can be kept constant over a wide range of power output. Even under partial load, high efficiency and low emissions can still be achieved. By using recuperative air preheating, in which the enthalpy of the exhaust gas after the turbine is utilised, the system efficiency can also be significantly increased.

However, due to the temperature limitation in the hot gas area by the uncooled turbine and the recuperator the increase in efficiency is restricted. At about 1,050 °C, the limit temperature of the turbine material applied is significantly lower than the adiabatic, nearly stoichiometric combustion temperature. To resolve this problem, a fresh gas mixing process is utilized upstream of the turbine. By applying this technique, the combustion chamber can be divided into different zones. The first zone of the combustion chamber usually uses swirl-stabilised, nearly stoichiometric, diffusive combustion, which is encased, due to the material limitations of the combustion chamber, by an air sheet generated by film cooling. In the downstream zones, the combustion product is uniform diluted so that when it emerges from the combustion chamber it is at a homogeneous temperature level at the maximum turbine intake temperature.

#### Making use of emission reduction potential

The development carried out by OWI for liquid fuels follows the concept of lean premixed prevaporised combustion (LPP), which in contrast with conventional combustion offers an enormous potential for emission reduction. The first practical results of the research work indicate that the LPP concept can be implemented successfully in the power range of household appliances. This is achieved by means of a modified geometry in the combustion chamber, in which fuel vaporisation and mixing is spatially separated from the actual reaction zone while maintaining operational stability. When all components are designed appropriately, stable, homogeneous and low-emission combustion is possible at a relativ low temperature. The combination of prevaporisation with fast mixing using swirl-stabilised flows achieves low emission values at high power densities.

The Partners in the MTT Micro CHP project within the European “eurostars” grant program are:

- ACTE S.A., Belgium (recuperator development)
- Hiflux Ltd., Great Britain (recuperator development)
- Micro Turbine Technology B.V., Netherlands (turbine development and system integration)
- OWI Oel-Waerme-Institut GmbH, Germany (burner development for liquid energy sources)
- Polidoro, Italy (combustion chamber fabrication)
- ProDrive B.V., Netherlands (electronics development)
- Eindhoven Technical University, Netherlands (burner development for gaseous energy sources)

#### Autor/The author:

Wilfried Visser ist als Chief Technical Officer verantwortlich für die technischer Entwicklungsprogramme bei der MTT Micro Turbine Technology BV, Eindhoven, Niederlande. Chief Technical Officer Wilfried Visser is responsible for the technical development programs at MTT Micro Turbine Technology BV, Eindhoven, the Netherlands. Internet: [www.mtt-eu.com](http://www.mtt-eu.com)



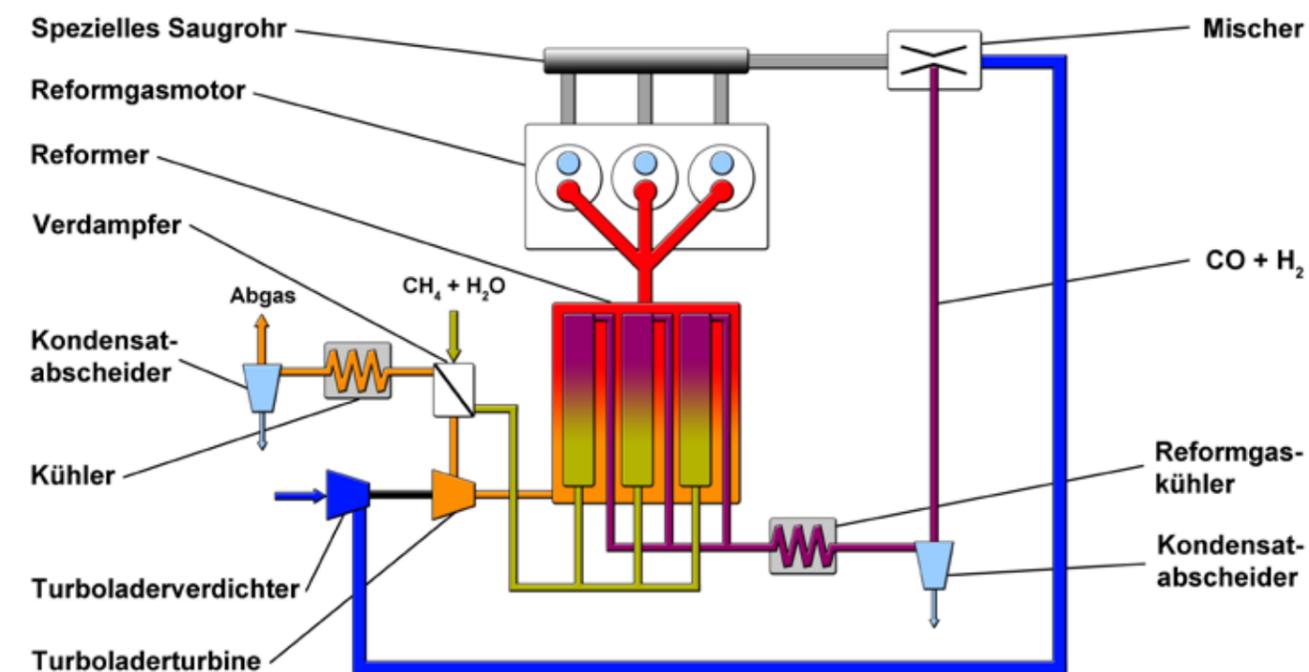
## Mehr Energie aus weniger Gas gewinnen

### Wirkungsgrad von BHKW durch Reformierung steigern

Die Marktchancen und die Umweltbilanz von kleinen und mittleren Blockheizkraftwerken (BHKW) mit Gasmotoren entscheidend zu verbessern, ist das Ziel eines gemeinsamen Entwicklungsprojektes des OWI und des Motorenspezialisten ECC Automotive GmbH. Bei den in kleinen und mittleren Leistungsbereichen mit einer Stromlast von bis zu 50 kW<sub>el</sub> eingesetzten, stöchiometrisch betriebenen Motoren soll der mit etwa 35 % vergleichsweise niedrige elektrische Wirkungsgrad durch Einsatz eines Reformierungsprozesses auf über 40 % gesteigert werden. Eine Steigerung des elektrischen Wirkungsgrads hat zur Folge, dass für die Erzeugung der gleichen Menge an elektrischer Energie weniger Erd- bzw. Biogas benötigt wird und die CO<sub>2</sub>-Emissionen somit sinken. Damit wären dezentrale, kleine BHKW etwa so effizient wie die leistungsstärkeren BHKW mit Großgasmotoren ab 100 kW<sub>el</sub> und dadurch wirtschaftlicher, umweltschonender und marktfähiger.

Der technische Ansatz besteht darin, die Abwärme des Motors für die Dampfreformierung von Methan und Biogas zu nutzen, um sie unter Einsatz von Wasser in ein wasserstoffreiches Gas umzuwandeln. Hierdurch steigt der Energiegehalt des Gases um zirka 20 %, was den elektrischen Wirkungsgrad der Gesamtanlage erhöht. Bei der Verstromung von Biogas werden normalerweise aufgrund des geringeren Heizwerts gegenüber Methan niedrigere Wirkungsgrade erreicht. Bei der Reformierung dagegen ist der natürliche CO<sub>2</sub>-Gehalt von Biogas sogar vorteilhaft, weil hier ebenfalls eine Umwandlung zu brennbarem CO stattfindet und gleichzeitig weniger Wasser für die Reaktion verdampft werden muss. Dadurch fallen die Wirkungsgradgewinne sogar noch etwas höher aus.

**Reformierung und Motorkonzept als Herausforderung**  
Das Gesamtsystem, bestehend aus dem Verbrennungsmotor zur Stromerzeugung, einem Reformer und den benötigten Nebenaggregaten, wird im Rahmen des Projekts entwickelt und als Versuchsanlage



Funktionsprinzip des Reformgasmotors.  
Functional principle of the reform gas motor. (Illustration: OWI)

realisiert, um die technische Machbarkeit nachzuweisen. Zur Umsetzung des Konzepts sind eine Reihe technischer Herausforderungen zu bewältigen. Um den Motor mit dem energiereicheren Kraftstoff „Reformgas“ zu betreiben und die Reformgaserzeugung mit hoch wasserstoffhaltigen Brenngasen gefahrlos einzusetzen, ist ein spezielles System zu entwickeln. Aufgrund der sehr hohen Abgastemperatur von zirka 1.100 °C kann kein konventioneller Abgaskrümmter zum Einsatz kommen. Daher wird hier eine besondere Zylinderkopfgeometrie verwendet, welche die Wärmeverluste durch kurze Längen und kleine Oberflächen minimiert und dabei den Entfall eines gesonderten Abgaskrümmers ermöglicht. Insbesondere auf der Auslassseite ergeben sich erhebliche Potenziale für eine verbesserte Bauweise. Die Anforderung ist eine optimale Wärmeausnutzung und eine optimierte Medienführung, sowohl für den Motor als auch für den Reformer.

Das Projekt wird gefördert durch das Land Nordrhein-Westfalen und die Europäische Union (EU) im Rahmen des „Ziel 2-Programms 2007-2013 (EFRE)“.

## Generating more energy from less natural gas

### Increasing the efficiency of CHP units by the use of reforming

Significantly improving the market opportunities and environmental balance sheets of small and medium combined heat and power plants with gas engines is the goal of a joint development project of OWI and engine specialist ECC Automotive GmbH. Stoichiometrically driven engines used in the low and middle power ranges with a current load of up to 50 kW<sub>el</sub> and a comparatively low electrical efficiency of about 35 % shall be improved to over 40 % efficiency by using a reforming process. Increased electrical efficiency means that less methane is required to generate the same amount of electrical power – and that CO<sub>2</sub> emissions are reduced. This would make decentralised small CHP units about as efficient as bigger CHP plants with large gas engines with more than 100 kW<sub>el</sub> and thus more cost-efficient, better for the environment and more favourable for the market.

The technical aspect of this approach is using the exhaust heat of the engine for the steam reforming of methane and biogas, using water to convert them into a hydrogen-rich gas. This increases the energy content of the gas by about 20 %, which has a direct effect on the electrical efficiency of the overall system. The generation of electricity from biogas normally achieves lower efficiencies than with methane due to its lower calorific value. With reforming, however, the natural CO<sub>2</sub> content of biogas is actually advantageous, because it is also converted into combustible CO and simultaneously less water needs to be evaporated for the reaction. The efficiency gains are thus even higher.

### Reforming and engine design as challenge

The entire system, consisting of a combustion engine for power generation with an engine design, reformer and all necessary auxiliary assemblies, is developed during the project and implemented as a test system to demonstrate technical feasibility. There are a series of technical challenges to be overcome to implement the design. A special system must be developed to operate the engine as well as the reforming process with gas containing high hydrogen concentration. To operate the engine with the more energy-rich “reformed gas” and to be able to reform gas generation when operating combustion engines on fuel with high hydrogen content, a special system must be developed. Conventional exhaust manifolds cannot be used due to the very high exhaust temperatures of about 1,100 °C. Therefore a special cylinder head geometry minimises heat loss using shorter lengths and smaller surfaces, permitting the special exhaust manifold to be eliminated. In particular this results on the outlet side offers significant potential for an improved construction. The requirement is to produce optimum thermal utilisation and optimised media supply layout, both for the engine and for the reformer.

The project is supported by the state of North Rhine-Westphalia und der European Union (EU) in the framework of the “Ziel 2-Programm 2007-2013 (EFRE)“.



## Entwicklung einer Zeolith-Wärmepumpe mit Heizöl / Development of a Zeolith heat pump with heating oil

Die Vorteile neuer und bewährter Technologien kombinieren /  
Combining the advantages of new and proven technologies

Brennerentwicklung am OWI-Prüfstand.  
Burner development at an OWI test rig. (Photo: OWI)



Von Konrad Ritter, Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Die Viessmann Werke entwickeln zurzeit eine kompakte Zeolith-Wärmepumpe für den Betrieb mit flüssigen Brennstoffen. Diese Haushaltsheizung ist speziell auf den Wärmebedarf in Ein- und Zweifamilienhäusern ausgerichtet. Gemeinsam entwickeln das Oel-Waerme-Institut und Viessmann dazu einen neuartigen Öl-Vormischbrenner, der auf der „Kalte-Flammen-Technologie“ basiert. Gegenüber herkömmlichen Brennwertkesseln senkt dieses neuartige System den CO<sub>2</sub>-Ausstoß um zirka 20 % und erhöht den Norm-Nutzungsgrad bezogen auf den Heizwert auf bis zu 126 %. Das spart Brennstoff und schont die Umwelt.

Manchmal entstehen gute Produkte, indem die Vorteile neuer und bewährter Technologien intelligent miteinander kombiniert werden. Ein Beispiel dafür ist die bei Viessmann entwickelte Zeolith-Wärmepumpe, die unterschiedliche Formen der Energiewandlung in einem Heizgerät verbindet und so insgesamt deutlich weniger Primärenergie verbraucht. Basis des Heizsystems ist eine Adsorptionswärmepumpe mit integriertem Brennwertgerät. Das Wärmepumpenmodul nutzt Wärme aus dem Grundwasser sowie dem Erdreich oder Sonnenenergie aus Solarthermie, um damit die Grundlast des Wärmebedarfs in einem Ein- oder Zweifamilienhaus abzudecken. Für Bedarfsspitzen, zum Beispiel bei der Warmwasserbereitstellung und zur Beheizung des Zeolith-Desorptionsvorgangs, steht ein Heizölbrenner zur Verfügung, der im Brennwertbetrieb arbeitet.

Anstelle eines elektrisch betriebenen Verdichters, wie er bei einer Kompressions-Wärmepumpe verwendet wird, benutzt das Zeolith-Wärmepumpenmodul einen thermisch betriebenen Kreisprozess mit einem Zeolith/Wasser-Zweistoffsystem. Beim Zeolith (griech. Siedestein) handelt es sich um einen Keramikwerkstoff, der Wasserdampf aufnehmen, binden und dabei Wärme mit hoher Temperatur freisetzen kann. Wasser wird dazu im Vakuum mit Hilfe von Naturwärme oder Sonnenenergie verdampft und anschließend



By Konrad Ritter, Viessmann Werke GmbH & Co. KG

Viessmann Werke are currently developing a compact Zeolith heat pump for operation with liquid fuels. This household heating unit is designed especially for the heating requirements in single- and two-family houses. The Oel-Waerme-Institut and Viessmann are jointly developing a new type of oil premixing burner based on “cool flame” technology. In comparison with conventional condensing boilers, this new type of system reduces CO<sub>2</sub> emissions by about 20 % and increases the standard efficiency to a thermal value of up to 126 %. This saves fuel and spares the environment.

Sometimes good products are created through the intelligent combination of the advantages of new and proven technologies. One example is the Zeolith heat pump developed at Viessmann that combines different energy conversion types in one heating unit, thereby consuming significantly less primary energy in all. The basis of this heating system is an adsorption heat pump with a built-in condensing unit. The heat pump module uses heat from the ground water as well as from the soil or solar energy from solar thermal collectors to cover the basic heating needs in single- or two-family homes. For peak needs, for example due to the provision of hot water and for heating the Zeolith desorption process, there is a heating oil burner available that works in condensing mode.

Instead of the electrically powered compressor normally used in compression heat pumps, the Zeolith heat pump module uses a thermally driven circulation process with a Zeolith / water two-material system. Zeolith (Greek for “boiling stone”) is a ceramic material that can absorb steam, bind it, and release heat at a high temperature at the same time. To enable this process, water is evaporated in vacuum using natural heat or solar energy, and then adsorbed by the Zeolith. The adsorption heat released is transferred to the heating system. By adding heat, using oil combustion, the bound water is then “driven out” of the Zeolith. The steam condenses and returns the condensation heat to the heating circuit.



*Zeolith-Heizgerät von Viessmann.  
Viessmann Zeolith heating unit. (Photo: IWO)*

vom Zeolith aufgenommen. Die dabei freigesetzte Adsorptionswärme wird an das Heizungssystem abgegeben. Durch Wärmezufuhr mittels Öl-Verbrennung wird das gebundene Wasser anschließend wieder aus dem Zeolith „ausgetrieben“. Der Dampf kondensiert und gibt die Kondensationswärme an den Heizkreis ab.

#### Neuartiger Brenner mit „Kalte-Flammen-Technologie“

Das Oel-Waerme-Institut entwickelt ein Brenner-Modul, das den Einsatz von Heizöl EL als Brennstoff ebenso ermöglicht wie die Verwendung biogener, flüssiger Brennstoffe (z.B. Bioheizöl) als Beimischung entsprechend der DIN 51603-1/6 in diesem System. Es kann Heizöl EL mit einem Anteil von bis zu 20 % biogenen

Brennstoffen eingesetzt werden. Der Leistungsbereich des Brenner-Moduls ist stufenlos modulierbar und liegt zwischen 4 und 16 kW. Zudem ist das Ziel der Entwicklung, anspruchsvolle Emissionsgrenzwerte in Anlehnung an den „Blauen Engel“ (RAL-UZ) einzuhalten. Die Verbrennung flüssiger Brennstoffe stellt insbesondere im niedrigen Leistungsbereich eine große Herausforderung für die Dosierung und Verdampfung dar. Diese soll für die Sicherstellung eines hohen Wirkungsgrades mit minimaler elektrischer Leistungsaufnahme realisiert werden. Eine weitere große Herausforderung stellt die Geometrie der Brennkammer dar: Das insgesamt zur Verfügung stehende Volumen ist relativ klein und hat nur eine geringe Tiefe.

Unter den möglichen Konzepten für die Brennerentwicklung fiel die Entscheidung auf eine räumliche Trennung der Verdampfung und Gemischbildung von der Verbrennung. In einem separaten Verdampfer wird unter Einsatz des Phänomens der Kalten Flamme der Brennstoff autotherm, also ohne die Zufuhr externer Energie, verdampft und mit einem Teil der Verbrennungsluft gemischt. Nach der Zuführung der restlichen benötigten Verbrennungsluft wird das Brennstoff-Luft-Gemisch an einem Oberflächenbrenner verbrannt. Die dabei entstehende Wärme kann an den Zeolith oder direkt an den Warmwasserkreislauf abgegeben werden.

Die Verbrennung findet vollständig im Bereich der Brennkammer statt. In der Verdampfungskammer, die der Brennkammer vorgeschaltet ist, herrschen deutlich geringere Temperaturen vor, die mit Hilfe eines handelsüblichen Isolierungsmaterials nach außen abgeschirmt werden können. Im Gegensatz zu Konzepten mit direkter Verbrennung spielt die Zerstäubungsqualität bei der Verbrennung mit vorgeschaltetem Kalte-Flammen-Verdampfer eine untergeordnete Rolle. Die Stabilisierung dieser Vorreaktion erfolgt thermisch durch ein sich einstellendes Gleichgewicht von Wärmefreisetzung und Wärmeverlusten.

Im Vergleich zu einem konventionellen Heizölbrenner ist das System in fünf Einheiten gegliedert: einen Startbrenner zur Vorwärmung des Systems, den Verdampfer, eine Mischeinrichtung zur Mischung der Sekundärluft mit dem Kalte-Flammen-Produkt, einen Wärmeübertrager zur Vorwärmung der Sekundärluft und den Oberflächenbrenner. Diese fünf Einheiten



*Modulierender Öl-Vormischbrenner mit „Kalte-Flammen-Technologie“ für den Betrieb der Zeolith-Adsorptionswärmepumpe von Viessmann mit Heizöl EL (B10).*

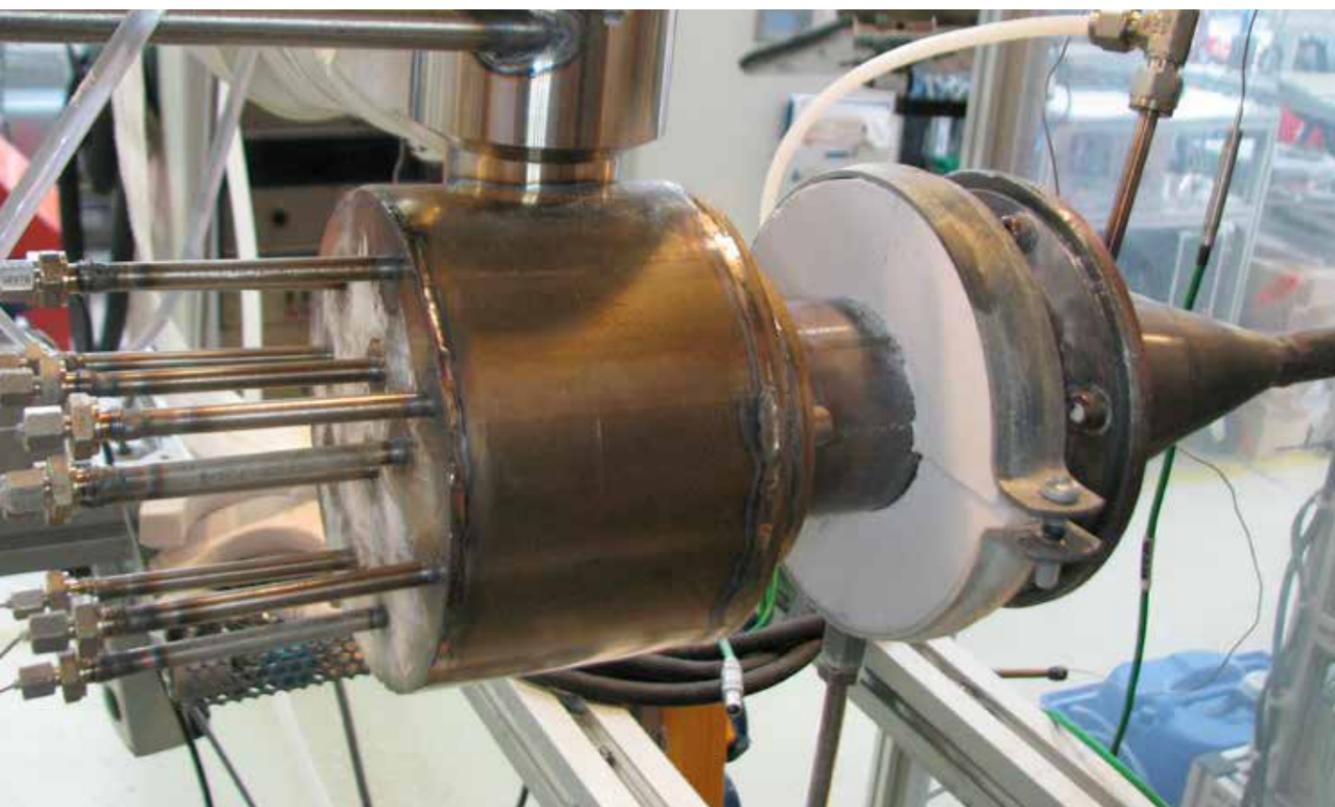
#### Innovative burner with „cool flame technology“

The Oel-Waerme-Institut is developing a burner module that permits the use of heating oil as a fuel in this system as well as an admixture of biogenic liquid fuels (such as biofuel oil) in accordance with DIN 51603-1/6. Heating oil can be used with a biogenic fuel portion of up to 20 %. The power range of the burner module can be continuously modulated to a value between 4 and 16 kW. Another goal of the development is to comply with the strict emission limits based on the “Blue Angel” eco label (RAL-ZU). The combustion of liquid fuels, particularly in the low power range, represents a significant challenge in terms of dispensing and evaporation. This must be achieved to ensure

*Modulating oil premixing burner with “cool flame technology” for the operation of the Viessmann Zeolith adsorption heat pump with fuel oil EL (B10). (Photo: Viessmann)*

high efficiency while consuming minimal electrical power. Another great challenge is the geometry of the combustion chamber. The total volume available is relatively small and not very deep at all.

Among the possible concepts for burner development, researchers decided on a spatial separation of evaporation and mixture formation from combustion. A separate evaporator uses the cool flame phenomenon to evaporate the fuel autothermally (without supplying external energy) and mixes it with a portion of the combustion air. After the rest of the combustion air needed has been supplied, the fuel-air mixture is burned on a surface burner. The resulting heat can



Labormuster des Kalte-Flammen-Verdampfers.  
Laboratory model of the Cool Flame evaporator. (Photo: OWI)

wurden als separate Baugruppen entwickelt, optimiert und miteinander zu einem funktionsfähigen System gekoppelt. Die Entwicklung ist so weit fortgeschritten, dass nach einer Optimierungsphase des Systems im Labor mit daran anschließenden Dauerversuchen der Brenner auf eine Felderprobung in einer Kleinserie vorbereitet wird.

#### Intelligente Technik und Komfort

Für den Hausbesitzer wie den Heizungsinstallateur zählen neben der intelligenten Technik und dem geringeren Primärenergieeinsatz, der Komfort und die einfache Handhabung. Darum ist die Zeolith-Wärmepumpe so konstruiert, dass sie sich mit kompakten Maßen ins Küchenraster einfügt und flüsterleise ist. Das Zeolith-Wasser-System ist absolut ungiftig und somit im Wohnbereich einsetzbar. Es ist zudem in jedes bestehende Heizsystem mit geringem Installations-

aufwand und unter Nutzung bestehender Anschlüsse integrierbar. Dank des Modulationsbereiches des Brenners von 1:4 (4 bis 10 kW / (16 kW für Brauchwasser)) eignet sich die Viessmann Zeolith-Wärmepumpe (2 kW - 10 kW) auch für Niedrigenergie- und Passivhäuser.

Die Entwicklung des Brenners wird im Rahmen der Technologie-Initiative der deutschen Mineralölwirtschaft unterstützt. Partner dieses Projektes sind die Viessmann Werke sowie die Mineralölunternehmen aws Wärme Service, BayWa, Mabanaft und Shell. Unter Koordination des Instituts für Wärme und Oeltechnik e. V. (IWO) arbeiten in dieser Initiative Geräteindustrie und Mineralölwirtschaft zusammen, um das Potenzial flüssiger Brennstoffe noch weiter auszuschöpfen.



be fed to the Zeolith or directly into the hot water circulation.

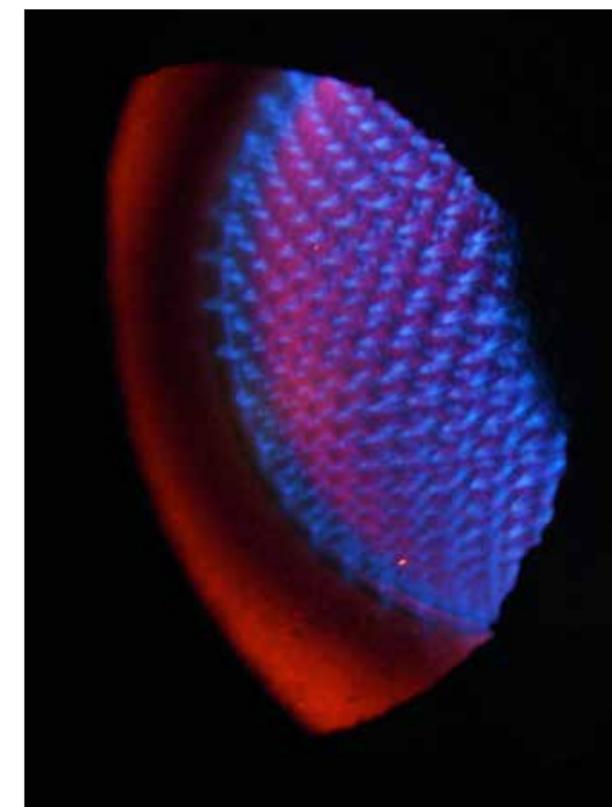
Combustion takes place entirely in the area of the combustion chamber. In the evaporation chamber upstream of the combustion chamber, there are significantly lower temperatures, which can be shielded from the outside using conventional insulation. In contrast to concepts with direct combustion, atomisation quality plays a minor part in combustion using upstream cool flame evaporators. This preliminary reaction is stabilised thermally by maintaining a balance between heat release and heat loss.

In comparison with conventional heating oil burners, the system is divided into five units: a starting burner to preheat the system, the evaporator, a mixing unit to mix the secondary air with the cool flame product, a heat transfer unit to preheat the secondary air, and the surface burner. These five units were developed and optimised as separate assemblies and then coupled to form a functional system. The development has progressed far enough so that, after an optimisation phase of the system in the laboratory with subsequent long-term testing, the burners are already prepared for field testing in a small series.

#### Intelligent technology and comfort

Homeowners and heating installers alike value intelligent technology and low primary energy consumption along with the convenience and ease of use. This is, why Zeolith heat pumps are designed with compact dimensions to fit into kitchens easily and be super-silent. The Zeolith / water system is absolutely non-toxic and can even be used directly in the living area. It can also be integrated into any existing heating system with little installation effort, using existing connections. Thanks to the 1:4 modulation range of the burner (4 to 10 kW / (16 kW for hot water use)), Viessmann Zeolith heat pumps (2 kW - 10 kW) are also suitable for low energy and passive houses.

The development of the burner is supported as part of the technology initiative of the German petroleum industry. Partners in the project are Viessmann Werke as well as the petroleum companies aws Wärme Service, BayWa, Mabanaft and Shell. With the coordination of the Institut für Wärme und Oeltechnik e. V.



Flammenbild des Oberflächenbrenners im Brennwertgerät: Kriterium für eine optimale Verbrennung unter Einhaltung der Grenzwerte für CO-, NOx- und Restkohlenwasserstoff-Emissionen ist die Flammenverteilung auf der Brenneroberfläche.

Flame pattern of the surface burner in the condensing unit: the criterion for optimum combustion in compliance with the limits for CO, NOx and residual hydrocarbon emissions is the flame distribution across the burner surface. (Photo: OWI)

(IWO), the equipment industry and petroleum providers are working together in this initiative to further utilise the potential of liquid fuels.

#### Author/The author:

Dipl.-Ing. Konrad Ritter ist bei den Viessmann Werken als Teamleiter im Bereich Verbrennungstechnik tätig.  
Dipl.-Ing. Konrad Ritter works at the Viessmann Werke as teamleader in the combustion technology.



## Mikro-KWK mit Stirling-Motor

### Modulierender Öl-Vormischbrenner entwickelt

Eine der Technologien, mit denen KWK-Konzepte für Ein- und Zweifamilienhäuser umgesetzt werden können, ist der Einsatz eines Stirling-Motors. Das Stirling-Prinzip wurde bereits im 19. Jahrhundert entdeckt, aber erst mit modernen keramischen und metallischen Werkstoffen ist es heutzutage auch für Mikro-KWK-Anlagen einsetzbar. Der Motor ist ein in sich geschlossenes System, in dem ein Arbeitsgas abwechselnd erhitzt und abgekühlt wird. Es treibt dabei über einen Kolben einen Generator an, der die Bewegungsenergie in Strom umwandelt. Die in diesem Prozess entstehende Wärme wird zum Heizen genutzt. So lassen sich mehr als 90 % der Energie, die im Brennstoff steckt, in Nutzenergie umwandeln. Als Brennstoffe für Stirling-KWK-Geräte kommen sowohl flüssige und gasförmige als auch Festbrennstoffe infrage. Der Stirling-Motor ist wartungsarm und erreicht durch die kontinuierliche Verbrennung ein im Vergleich zum Verbrennungsmotor niedriges Emissionsniveau.

Für die WhisperTech Ltd. hat das OWI einen modulierenden Ölbrenner entwickelt, der sowohl den Einsatz von schwefelarmem Heizöl als auch von Heizöl mit Biokomponenten ermöglicht. Basis der Entwicklung ist das bereits im Markt befindliche gasbetriebene Stirling-KWK-Gerät WhisperGen®. Mit einer Leistung von bis zu 14,5 kW thermisch und 1 kW elektrisch ist es speziell für Einfamilienhäuser ausgelegt.

Um die Effizienz und den Modulationsbereich zu erhöhen wurde das Verbrennungsverfahren in zwei funktionelle Bereiche unterteilt: Einen Verdampfer und einen mehrstrahligen Vormischbrenner mit integriertem Rekuperator. Aufgrund des begrenzten Bauraumes im KWK-Gerät musste ein Verdampfer mit einer flachen Bauform entwickelt werden. Dem Verdampfer werden der Brennstoff und ein Teil der rekuperativ vorgewärmten Verbrennungsluft im Gegenstrom zugeführt, so dass ein homogenes, brennbares Gemisch entsteht. Aufgrund des Temperaturniveaus im Verdampfer von zirka 400 °C bildet sich eine Kalte-

Flammen-Reaktion. Das Brennstoff-Luft-Gemisch wird beim Austritt aus dem Verdampfer mit der verbleibenden Verbrennungsluft durch kreuzende Gasströme gemischt. Anschließend wird es aufgeteilt und in vielen Einzelstrahlen in die Brennkammer geleitet, wo es – bedingt durch den Freistrahleffekt, welcher große Mengen Abgas rezirkuliert – auf einem relativ niedrigen Temperaturniveau verbrennt. Die Kohlenmonoxid- und Stickoxidemissionen bleiben über den gesamten Modulationsbereich des Brenners deutlich unter den gesetzlichen Vorschriften der DIN EN 267.

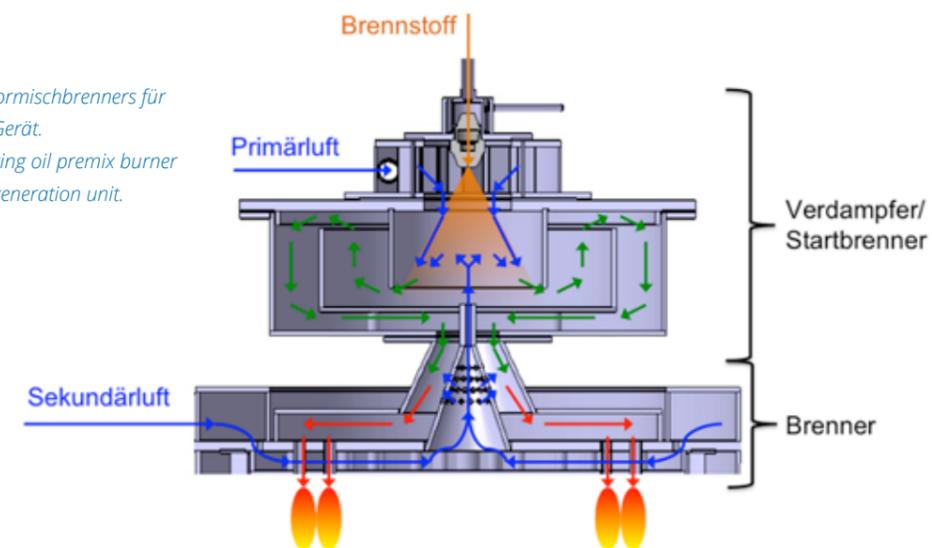
Die Entwicklung und die Tests eines Funktionsmodells des Ölbrenners sind erfolgreich abgeschlossen. Mitte des Jahres 2012 wurde das Projekt allerdings vorläufig gestoppt. Aufgrund der Erdbebenkatastrophe 2011 in Christchurch/Neuseeland, dem Standort des Projektpartners WhisperTech Ltd., kann die Fortführung der weiteren Entwicklungsarbeit derzeit nicht geleistet werden. Das Projekt wurde im Rahmen der Technologie-Initiative der Mineralölwirtschaft vom Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO) initiiert, die beteiligten Partner sind neben WhisperTech Ltd. die Mineralölunternehmen Shell und TOTAL sowie die Schweizer Erdöl-Vereinigung EV/UP. Die Fortführung des Projektes zur Integration des Brennersystems für flüssige Brennstoffe wird von allen Seiten angestrebt.

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

Dipl.-Ing. Lars Paesler  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-146  
e-mail: L.Paesler@owi-aachen.de



Prinzip des modulierenden Öl-Vormischbrenners für das WhisperGen® Stirling-KWK-Gerät.  
Principle of the modulating heating oil premix burner of the Whisper-Gen® Stirling cogeneration unit.  
(Illustration: OWI)



## Stirling micro-cogeneration system

### Modulating heating oil premix burner developed

One of the technologies that can be used to implement cogeneration concepts for single- and two-family houses is the use of a Stirling engine. The Stirling principle was discovered in the 19th century, but only modern ceramic and metallic materials have made it suitable for use in micro-cogeneration systems. The engine is a closed system in which a working gas is alternately heated and cooled. It drives a generator by the movement of pistons, and the generator converts the kinetic energy into electric current. The heat resulting from the process is used for the heat demand in the household. More than 90 % of the energy in the fuel can be utilised. Stirling cogeneration units can use either liquid or gaseous or even solid fuels. Due to its continuous combustion, the Stirling engine emissions are low in comparison to internal combustion engines. Further the Stirling engine requires less maintenance.

OWI has developed a modulating oil burner for WhisperTech Ltd. that permits the use of low-sulphur domestic heating oil as well as domestic heating oil with bio-components. The development was based on the gas-powered Stirling cogeneration unit WhisperGen® which is already available on the market. With a power output of up to 14.5 kW thermal and 1 kW electrical, it is specifically designed for single family houses.

To increase the efficiency and the modulation range, the combustion process was divided into two functional parts: an evaporator and a multiple single jet

burner with an integrated recuperator. Due to the space limits in the cogeneration unit, an evaporator with a flat shape had to be developed. The fuel and a part of the recuperatively preheated combustion air are introduced into the evaporator as a counter flow, delivering in a homogeneous, combustible mixture. A temperature level of about 400 °C in the evaporator allows a Cool Flame reaction. The fuel/air mixture is mixed with the remainder of the combustion air as it emerges from the evaporator by crossing gas streams. Then it is divided into many small independent streams and introduced into the combustion chamber. Due to the free jet effect a large amount of the exhaust gas recirculates into the flame, which leads to a relative low flame temperature. The carbon monoxide and nitrous oxide emissions are significantly below the legal requirements of EN 267 for the power modulation range of the burner.

The development and testing of a functional model of the oil burner has already been completed successfully. In mid-2012, however, the project was temporarily stopped. Due to the 2011 earthquakes in Christchurch, New Zealand (the location of project partner WhisperTech Ltd.), there are currently no resources to continue the development work. The project was initiated as part of the technology initiative of the mineral oil industry by the Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO), with participating partners WhisperTech Ltd. and mineral oil companies Shell and TOTAL as well as the Swiss mineral oil union EV/UP. The continuation of the project to integrate the burner system for liquid fuels is currently an active goal of all parties.



Rapsernte / Rapeseed harvest. (Photo: Michael Fritzen - Fotolia.com)

## Brennstoffe im Wärmemarkt

*Bioheizöl ist ein Beitrag zur Energiewende*

Der Energiemix in der Wärmeversorgung hat eine große energie- und klimapolitische Bedeutung. Biomasse birgt noch ein enormes Potenzial zur Substitution fossiler Energieträger im Wärmemarkt. Voraussetzung ist, dass sie hohe Qualitätsansprüche erfüllt. Die Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel arbeitet gemeinsam mit ihren Partnern an der Umsetzung hoher Standards, damit Endkunden und Industrie gleichermaßen zufrieden sind und die politischen Ziele erreicht werden.

*Von Dieter Bockey, Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. (AGQM)*

## Fuels on the heating market

*Biofuel is a contribution to shift to alternative energy*

The energy mix in heat supply is of great significance for energy and climate policy. Biomass still represents an enormous potential for replacing fossil energy on the heating market. The only condition is that it must meet strict quality requirements. The working group Quality Management Biodiesel is working together with its partners to implement strict standards to satisfy both end customers and industry while achieving political goals.

*By Dieter Bockey, working group Quality Management Biodiesel e.V. (AGQM)*



*Vorbereitung von Kraftstoffproben im OWI-Chemielabor für weitere Tests.*

*Preparation of fuel samples for further tests at OWI's laboratory. (Photo: OWI)*

Unter der deutschen Ratspräsidentschaft wurden im ersten Halbjahr 2007 auf EU-Ebene erstmals verbindliche Ziele für die Reduzierung des Energieverbrauchs sowie der Treibhausgasemission um jeweils 20 % auf Basis des Jahres 1990 festgelegt. Die Bundesregierung schritt zugleich voran, um für die Erfüllung dieser Zielvorgaben im Rahmen der sogenannten Meseberger Beschlüsse den erforderlichen rechtlichen Rahmen zu schaffen. Mit dem Inkrafttreten der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (EER) im Jahr 2009 wurden alle Mitgliedsstaaten verpflichtet, die entsprechenden Zielsetzungen zu erfüllen. Die öffentliche Diskussion wird hierzulande jedoch durch die Energiewendediskussion bestimmt, und der Super-Gau in Fukushima hat die Bundesregierung veranlasst, den Ausstieg aus der Atomstromproduktion noch zu beschleunigen. Seitdem bestimmen der Netzausbau und vor allem die Kosten für Verbraucher und Industrie die öffentliche Diskussion. Die Bundesregierung hat überdies einen Dialogprozess zur Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) in Gang gesetzt. Im Rahmen eines mehrmonatigen Multistakeholderprozesses sollen schließlich im Frühjahr 2013 die Diskussionsergebnisse in ein Konzept einfließen.

Mit Blick auf den Energiemix kommt jedoch der Wärmeversorgung eine nicht minder große energie- und klimapolitische Bedeutung zu. Der Bundesverband Bioenergie wies vor diesem Hintergrund zu Recht mehrfach darauf hin, dass die Biomasse insgesamt aufgrund ihrer vielfältigen Einsatzmöglichkeiten ein

Under the German Presidency of the European Council, the first binding goals for the reduction of energy consumption and greenhouse gas emissions by 20 %, based on the year 1990, were defined at EU level during the first half of 2007. The German federal government took immediate steps to provide the legal framework to meet these goals as part of the so-called Meseberger Decisions. When the Renewables Directive took effect in 2009, all member states were required to meet the corresponding goals. The public debate in Germany, however, is shaped by the debate on the shift to alternative energy sources. The worst-case incident in Fukushima has motivated the federal government to accelerate the move away from nuclear power production. Since that time, extension of the power grid and especially costs to consumers and industry have determined the public debate. In addition to this, the federal government also initiated a dialogue process to develop a Mobility and Fuel Strategy (MKS). As part of a months-long multi-stakeholder process, the results of that discussion should finally take shape in a concept in spring, 2013.

However, from the standpoint of the energy mix, heat supply has an equal significance for energy and climate policy. In this context, the Bundesverband Bioenergie indicated more than once that due to its variety of applications, biomass is a regular "sleeping giant" for heat, the significance of which could already be seen in 2011 from its 10 % share in overall heat generation. The use of solid fuels in a wide variety of system



regelrecht „schlafender Riese“ für die Wärmegewinnung ist, dessen Bedeutung sich 2011 bereits mit einem Anteil von 10 % an der gesamten Wärmeerzeugung ablesen lässt. Die Verwendung von Festbrennstoffen in den unterschiedlichsten Anlagenkonzepten, von Hackschnitzel- über Scheitholzkessel bis hin zu Pellet-Feuerung sowie Bioerdgas, gewinnt für die Wärmegewinnung unter anderem durch Anreizprogramme oder über die entsprechenden rechtlichen Voraussetzungen an Fahrt. Bioheizöl führt dagegen noch ein Schattendasein. Bei Lichte besehen hat jedoch die Mineralölwirtschaft inzwischen eine Vielzahl von Projektvorhaben auf den Weg gebracht, um die Verwendung von Fettsäuremethylester (FAME) als Blendkomponente in Heizöl zu integrieren. Diese Vorhaben stehen unter der grundsätzlichen Zielsetzung, dass am Ende der Verwendungskette ein zufriedener Kunde stehen muss. Diesen Weg unterstützt die Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel (AGQM) im Rahmen ihrer Möglichkeiten, weil nicht zuletzt die Gründung der AGQM eine Folge einer zunächst nicht ausreichend professionell erfolgten Markteinführung von Biodiesel war. Mit der Einführung eines Qualitätssicherungssystems konnte verhindert werden, dass Fahrzeughersteller die erforderlichen Freigaben für die Verwendung von Biodiesel zurückzogen.

#### Qualitätsentwicklung von FAME

Die AGQM hat die Qualitätsentwicklung von FAME vor dem Hintergrund stetig steigender abgasrechtlicher Anforderungen aktiv unterstützt. Hieraus ergeben sich auch Zeit sparende Synergieeffekte für die Entwicklung und Prüfung von Bioheizöl. Konsequenterweise stellt sich die Frage nach der Brennstoffqualität von FAME als Blendkomponente in Bioheizöl. Die Weiterentwicklung der FAME-Qualität hat die AGQM in Anerkennung der zunehmenden motortechnischen beziehungsweise emissionsrechtlichen Anforderungen mit vorangetrieben. Betroffen sind hier Qualitätsparameter, wie zum Beispiel die Aschebildung oder die Reduzierung des Phosphoranteils, die ebenfalls die Brennstoffeigenschaften in modernen Heizölbrennern betreffen. Analog zu den Einspritzdüsen moderner Hochdruckeinspritzsysteme sind Ablagerungsbildungen durch Alkali- beziehungsweise Erdalkalimetalle auch bei Brennerdüsen unerwünscht. Die Evaluierung der angebotenen Biodieselqualität durch unangemeldete Probenahmen der AGQM bei ihren Mitgliedern bestätigt in über 8.000 ausgewerteten

Einzelmessungen das heute erreichte Qualitätsniveau. Dessen tatsächlicher Nachweis wird durch die derzeit verfügbare Qualität der Analysemethoden begrenzt (Kurzstudie zur Evaluierung der Metall-, Phosphor- und Schwefelgehalte in Biodiesel – [www.agqm-biodiesel.de](http://www.agqm-biodiesel.de)). Die Entscheidung der Mineralölwirtschaft war richtig und nachvollziehbar, die Anforderungsnorm für FAME an die Kraftstoffqualität EN 14214 analog für die Verwendung von FAME als Blendkomponente in Heizöl zu übernehmen. Dies hat überdies den Vorteil, dass unterschiedliche Normen nicht auch administrativ fortgeführt und gepflegt werden müssen, die zugleich auch Einkaufskriterien für die Mineralölwirtschaft wären. Mit der Übernahme der Kraftstoffnorm für FAME gehen auch verwaltungstechnische Vereinfachungen einher.

Die AGQM begrüßt außerordentlich das umfangreiche Engagement der DGMK Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle, des Instituts für Wärme- und Oeltechnik IWO und des OWI Oel-Waerme-Instituts zur Durchführung von Projektvorhaben, die FAME als Blendkomponente in Heizöl EL prüfen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, aber auch die inzwischen vorliegenden Erfahrungen einzelner Unternehmen zur Markteinführung von Heizöl mit 10 % FAME-Anteil bestätigen, dass ein kontinuierlicher und störungsfreier Brennerbetrieb möglich ist. Allerdings müssen die besonderen Bedingungen in der Brennstoffverwendung, insbesondere was die Lagerung beziehungsweise Lagerungsdauer betrifft, berücksichtigt werden. Das Thema Oxidationsstabilität, aber auch die Frage einer möglichen mikrobiellen Kontamination, zieht sich wie ein roter Faden durch die Fachdiskussionen. Wie die Auswertung der Analysen im Rahmen der unangemeldeten Probenahmen der AGQM-Mitglieder (Biodieselqualität in Deutschland: Die AGQM Herstellerbeurteilung 2011, [www.agqm-biodiesel.de](http://www.agqm-biodiesel.de)) ausweisen, besteht auch beim Wassergehalt eine Qualitätsreserve. Die aktuelle FAME-Norm EN 14214 sieht einen Wassergehalt in Höhe von maximal 500 mg/kg, die Qualitätsanforderung der AGQM für die Abgabe von FAME ab Werk von maximal 220 mg/kg vor. Das von der AGQM entwickelte Qualitätssicherungssystem ist international gesehen einzigartig. Es stellt sicher, dass im Schadensfall die Rückverfolgbarkeit möglich ist.



Rapsblüte / Rapeseed blossom. (Photo: André Vázquez - Fotolia.com)

concepts (from wood chip to split log boilers and even to pellet firing and bionatural gas) for heat generation is gaining more attention, among other things due to incentive programmes or corresponding legal requirements. In contrast to this, biofuel is still leading only a shadow existence. However, the fuel industry has initiated a variety of projects in the meantime to integrate the use of fatty acid methyl ester (FAME) as a blend component in heating oil. These plans all have the underlying goal of ensuring that there is a satisfied customer at the end of the consumption chain. This path is supported by the working group Quality Management Biodiesel within the boundaries of their possibilities, not least because the founding of the AGQM was the result of a market introduction of biodiesel that was initially insufficiently professional. The introduction of a quality assurance system was able to prevent vehicle manufacturers from revoking the approvals needed for the use of biodiesel.

#### Quality development of FAME

The AGQM actively supported the quality development of FAME in the context of increasingly strict legal requirements for exhaust gases. This also results in time-saving synergy effects for the development and testing of biofuel. The consequential issue is the fuel quality of FAME as a blend component in biofuel. The AGQM has participated in driving the continued development of FAME quality forwards, in recognition of the increasingly strict requirements of engine technology and emissions law. This affects quality parameters like ash formation or reduction of phos-

phorus content that also affect fuel characteristics in modern heating oil burners. Analogous to the injector nozzles in modern high-pressure injection systems, the formation of deposits due to alkaline and alkaline earth metals is also undesired in burner nozzles. The evaluation of the quality of biodiesel available with unannounced sampling by the AGQM among its members has confirmed the quality level achieved today in over 8,000 individual measurements. However, the actual evidence obtained in this manner is limited by the currently available quality of analysis methods (Short Study to Evaluate the Metal, Phosphorus and Sulphur Content in Biodiesel – [www.agqm-biodiesel.de](http://www.agqm-biodiesel.de)). The decision of the petroleum industry to apply the EN 14214 standard for FAME in fuel quality analogously for the use of FAME as a blend component in heating oil was correct and reasonable. This has the added advantage that different standards, which would also be used as purchasing criteria for the petroleum industry, need not be administratively maintained and updated. The use of the fuel standard for FAME also permits simplification of the administrative technology.

AGQM would like to express its warmest gratitude for the extensive dedication of the DGMK Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle, the Institut für Wärme- und Oeltechnik IWO and the OWI Oel-Waerme-Institut to carry out project plans testing FAME as a blend component in heating oil. The results of these investigations, along with the experiences of individual companies in the meantime in the market introduction of heating oil with 10 % FAME content, confirm that continuous and



*Brennstoffproben mit biogenen Anteilen werden in Langzeittests am OWI auf ihre Wechselwirkungen mit Materialien getestet, die im Heizungsbau zum Einsatz kommen.*

Angesichts einer verfügbaren FAME-Produktionskapazität von etwa 5 Millionen Tonnen und einer tatsächlichen Produktion von etwa 2,5 bis 2,8 Millionen Tonnen in Deutschland wird das große Interesse der Biodieselindustrie deutlich, einen neuen Absatzmarkt möglichst zeitnah zu erschließen. Hinzu kommt, dass die inzwischen geänderten förderpolitischen Rahmenbedingungen, denen zufolge aus Rest- und Abfallstoffen hergestellter Biodiesel zweifach auf die Biokraftstoffquotenverpflichtung angerechnet werden kann, zu einer weiten und erheblichen Reduzierung des physischen Bedarfs an FAME führen werden.

Erfreulich ist, dass die Heizölbranche bereits selbst erfolgreicher Trendsetter im Hinblick auf die Markteinführung von hoch qualitativem Heizöl EL schwefelarm ist. Bei einem Gesamtabsatz von etwa 19 Millionen Tonnen Heizöl EL im Jahr 2011, betrug der Anteil schwefelarmen Heizöls bereits 82,4 %. Dies entspricht einem Anstieg gegenüber dem Jahr 2010 um 36,7 %. Das Marketing ist in dieser Hinsicht offensichtlich sehr erfolgreich. Auf diesen „Zug“ möchte die AGQM mit ihren Mitgliedern aufspringen, weil im Rahmen der ressourcen- und klimatechnischen Diskussion auch beim Endverbraucher angekommen sein dürfte, dass in Verbindung mit Effizienz und erneuerbaren Energien auch individuell ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz geleistet werden kann. Mit Blick auf die aktuell intensiver werdende Diskussion über die Nachhaltigkeit von Biomasse zur Kraftstoffnutzung

*Fuel samples with biogenic components are tested in long-term tests at OWI with regard to their interactions with material that is used in heating engineering. (Photo: OWI)*

muss auch der FAME-Anteil die Nachhaltigkeitskriterien gemäß der Erneuerbare-Energien-Richtlinie erfüllen. Hier ist kein gesondertes Zertifizierungssystem erforderlich, denn beginnend beim Rohstoffanbau über die Verarbeitung bis hin zur FAME-Herstellung wurden inzwischen internationale Zertifizierungssysteme etabliert, die der Kontrollaufsicht der zuständigen Stellen der EU-Mitgliedsstaaten wie auch in den Drittstaaten, wie Brasilien, Argentinien und so weiter, unterstellt sind. Biokraftstoffe sind hier der „Schrittmacher“ für eine Entwicklung, die zukünftig auch die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe einbeziehen wird. Der Druck zur Etablierung der auch von den Nichtregierungsorganisationen (WWF, BUND und so weiter) anerkannten Zertifizierungssysteme wird demzufolge weiter steigen. FAME für die Biodieselerwendung muss von Beginn an in diese bestehenden Systeme integriert werden, damit nicht der Verdacht entsteht, mit „Bioheizöl“ ein outlet im Sinne einer Umgehungsmöglichkeit geschaffen zu haben, auch wenn FAME möglicherweise ohne steuerliche Förderung oder Quotengesetz, wie Biokraftstoffe, den Marktzugang schafft. Hier ist die Frage grundsätzlich noch offen, ob durch die Schaffung förderpolitischer Rahmenbedingungen, beispielsweise als Ergebnis der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes, der erforderliche Zwang für den Nachweis der Nachhaltigkeitszertifizierung geschaffen wird.



problem-free burner operation is possible. However, special conditions in fuel use must be taken into consideration, in particular with respect to type and/or duration of storage. The topic of oxidation stability, but also the question of possible microbiological contamination, is a recurrent theme in the technical discussion. As confirmed by an evaluation of analyses in the context of unannounced sampling of AGQM members (Biodiesel Quality in Germany: 2011 AGQM Manufacturer Testing, [www.agqm-biodiesel.de](http://www.agqm-biodiesel.de)), there is a margin with respect to water content as well. The current FAME standard, EN 14214, specifies a maximum water content of 500 mg/kg, while the AGQM quality requirement for the approval of FAME at the factory permits a maximum of 220 mg/kg. The quality assurance system developed by AGQM is internationally unique. It ensures possible traceability in case of damage.

The available FAME production capacity of about 5 million tonnes and the actual production of about 2.5 to 2.8 million tonnes in Germany alone clearly show the great interest of the biodiesel industry in opening a new sales market as soon as possible. Add to this the fact that the recently changed general framework for funding policy, as a result of which biodiesel manufactured from residual and waste materials may be counted twice against biofuel quota requirements, will lead to a significant reduction in the physical need for FAME.

It is fortunate that the heating oil sector is already a successful trendsetter when it comes to the market introduction of high-quality low-sulphur heating oil. With total sales of about 19 million tonnes of heating oil in 2011, the share of low-sulphur heating oil was already 82.4 %. This corresponds to an increase over 2010 of 36.7 %. Marketing has obviously been very successful in this respect. The AGQM and its members would like to jump on this bandwagon because, in the context of the resource and climate technology discussion, end consumers may come to the conclusion that in addition to efficiency and renewable energy they can also make an individual contribution to climate and resource protection. From the standpoint of the current ever more intensive debate regarding the sustainability of biomass for fuel use, the FAME share must also meet sustainability criteria in accordance with the Renewables Directive. There is no special



*Veresterungsreaktoren in der Biodieselerstellung. Esterification reactors for the biofuel production. (Photo: VERBIO AG)*

certification system needed here, because starting with the cultivation of the raw materials and extending through processing to the manufacture of FAME, international certification systems have now become established that are subject to the inspection overview of the responsible agencies of the EU member states as well as in other nations such as Brazil, Argentina and so on. Biofuels are here the “pacemaker” for development that in future will also involve the use of renewable raw materials. The pressure to establish certification systems also recognised by non-governmental organisations (WWF, BUND and so on) will therefore continue to intensify. FAME for biodiesel use must be integrated into these existing systems right from the beginning so that there will be no suspicion of having created an outlet or circumvention with “biofuel”, even if FAME possibly achieves market success even without tax funding or a quota law like that applicable to biofuels. Here, the question is still open as to whether the provision of a general framework for funding policy, for example as the result of a modification of the Renewable Energy Heat Law, would provide the impetus needed to verify sustainability certification.

*Der Autor/ The author:  
Dieter Bockey ist Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. in Berlin.  
Dieter Bockey is the managing director of the working group Quality Management Biodiesel e.V. in Berlin.*



## Vom Heizkessel zum Energiesystem / From heating boiler to energy system

Neue Technologien im System bewerten /  
Evaluating new technologies in the system

Die Kombination von Effizienztechnologien macht den Heizungskeller zur Energiezentrale.  
The combination of efficiency technologies changes the boiler room into an energy center. (Photo: frankoppermann - Fotolia.com)



Um die steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz im Wärmemarkt zu erfüllen, setzt die Industrie auf technisch zunehmend komplexere Heizungssysteme. Sie kombiniert fossile und regenerative Energieerzeuger so miteinander, dass sie dank intelligenter Steuerungs- und Regelungstechniken Wärme und Strom bedarfsgerecht produzieren. Die steigende Komplexität und Diversifizierung dieser Effizienztechnologien bedarf neuer Methoden der Technologiebewertung.

Gebäude verursachen rund 40 % des Endenergieverbrauchs und etwa ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland. Die Bundesregierung hat die Energieeffizienz daher als umweltpolitisches Ziel ausgegeben und fördert die Anschaffung neuer, energiesparender Heizungstechnologien ebenso wie die Gebäudesanierung mit finanziellen Anreizen. Dies hat technische Entwicklungen in der Heizgeräteindustrie in Gang gesetzt, die die konventionelle Heizungstechnologie stark beeinflussen werden.

Die grundlegenden Anforderungen an die bedarfsgerechte Bereitstellung von Wärme, die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte und einen hohen wirtschaftlichen und effizienten Betrieb wurden viele Jahre durch konventionelle Kessel-Wärmespeichersysteme erfüllt. Allerdings lässt sich beobachten, dass sich die Randbedingungen für diese etablierten Technologien mittelfristig deutlich ändern werden. So wird durch neue Standards in der Wärmedämmung beim Neubau und der Sanierung von Bestandsgebäuden eine deutliche Absenkung des Wärmebedarfs möglich. Gleichzeitig spielt die Nutzung von regenerativen Energiequellen einerseits im Hinblick auf die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und andererseits hinsichtlich der Brennstoffeinsparung eine bedeutende Rolle. Insbesondere die durch Solarthermie und Wärmepumpentechnologie bereitgestellte Heizwärme reduziert den Leistungsbedarf konventioneller Technologien im Grundlastbereich erheblich.

Kernkomponente solcher auf mehreren Wärmeerzeugern aufbauenden Heizungssysteme ist ein



To meet the increasingly strict requirements for energy efficiency in the heating market, the industry is relying on technically more complex heating systems. It combines fossil and regenerative energy sources in such a way that heat and electric power can be produced as needed, thanks to intelligent control and regulation technology. The increasing complexity and diversification of these efficiency technologies requires new methods of technology assessment.

Buildings cause about 40 % of the energy consumption and about a third of the CO<sub>2</sub> emissions in Germany. The German government has therefore declared energy efficiency as an environmental policy goal and is funding the purchase of new, energy-saving heating technologies as well as building renovations with financial impulses. This has speed up the technical development in the heating equipment industry that will have a great influence on conventional heating technology.

The basic requirements for need-based provision of heat, compliance with emission limits as well as cost-effective and efficient operation have been met for many years with conventional boiler heat storage systems. However, it can be observed that the basic conditions for these established technologies will change over the medium term. For example, new standards for the thermal insulation of newly constructed and renovated buildings enable a significant reduction in the heating demand. At the same time, the use of renewable energy sources also plays a decisive role, in terms of both the reduction of CO<sub>2</sub> emissions and fuel savings. In particular, heat provided by solar power and heat pump technologies significantly reduces the need for energy supply of conventional heating technologies in the basic load range.

The core component of modern heating systems based on multiple heat sources is a thermal storage unit that acts as a buffer. So-called stratified storage units are used, in which heat can be provided at different temperature levels. In a heating system that



*Für das Handwerk bieten neue Heiztechnologien auch Chancen. Heating technologies pose new opportunities for the craft. (Photo: Dan Race - Fotolia.com)*

thermischer Speicher, der als Pufferspeicher dient. Zum Einsatz kommen so genannte Schichtenspeicher, in denen die Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus bereitgestellt werden kann. In einem Heizsystem, das beispielsweise aus einem modernen Heizkessel, etwa einem öl- oder gasbefeuerten Brennwertgerät, in Kombination mit einer Wärmepumpe oder solarthermischen Anlage besteht, wird zunächst die regenerativ erzeugte Energie in den Pufferspeicher auf niedrigem Temperaturniveau eingespeist. Sobald die Wärmemenge durch regenerative Energien allein nicht mehr ausreichend gedeckt werden kann, springt der Heizkessel ein und produziert die zur Deckung des aktuellen Bedarfs erforderliche Wärme. Der Heiz-

kessel deckt mit fossilen Energieträgern lediglich die Bedarfsspitzen bei Brauchwasser und den erhöhten Wärmebedarf in Kälteperioden ab und kann somit kleiner, das heißt für einen geringeren Wärmebedarf dimensioniert werden. Für die Forschung und Entwicklung von Verbrennungskonzepten für moderne Kessel bedeutet dies, dass insbesondere modulierende Brenner mit kleiner Leistung eingesetzt werden, die stufenlos regelbar sind. Da Heizöl vor der Verbrennung zunächst aus der flüssigen in eine Gasphase überführt werden muss, stellt dies besondere Herausforderungen an die Brennerentwicklung (siehe dazu auch Seite 13 des Jahresberichts).

#### Ansätze zur ganzheitlichen Energieversorgung

Überdies haben sich in den vergangenen Jahren Konzepte etabliert, die durch die Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie einen ganzheitlichen Ansatz der häuslichen Energieversorgung darstellen, wie etwa die Photovoltaik sowie der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung. Ergänzende Anforderungen an zukünftige Energieversorgungskonzepte sind daher

- die bedarfsgerechte Bereitstellung nicht nur von Wärme, sondern auch von Strom,
- und die Erhöhung der Primärenergieeinsparung durch Verwendung regenerativer Energiequellen.

Die Bereitstellung elektrischer Energie für die häusliche Versorgung aus regenerativen Energiequellen (Photovoltaik) bzw. effizienter Brennstoffnutzung (Kraft-Wärme Kopplung) scheint auf den ersten Blick besonders attraktiv und macht das Gebäude praktisch zur Energiezentrale. Allerdings werden derzeit verfügbare Konzepte dem Anspruch der bedarfsgerechten Bereitstellung nur unter hohem technologischem Aufwand gerecht. Die Einbindung von Photovoltaik-Anlagen bietet selbstverständlich den Vorteil der Stromerzeugung auf regenerativer Basis. Jedoch lassen sich die anfallenden Energiemengen nur schwer vorhersagen, eine direkte Speicherung wie bei der thermischen Energie, etwa durch einen Akkumulator, ist derzeit nicht wirtschaftlich darstellbar. Der Einsatz von Mikro-KWK-Geräten, die sowohl Wärme als auch Strom erzeugen, bietet den offensichtlichen Vorteil, dass die Bereitstellung der Energie steuerbar ist. Allerdings sind Strom und Wärmeproduktion miteinander gekoppelt. Die Stromproduktion ist also gegebenenfalls durch den aktuellen Wärmebedarf eingeschränkt,



*Der Trend geht zur Kombination fossiler und regenerativer Energien, zum Beispiel die der Photovoltaik.*

for example consists of a modern boiler, perhaps an oil- or gas-fired condensing unit in combination with a heat pump or solar thermal system, the energy generated from renewable sources is first fed into the buffer storage at a low temperature level. Once the quantity of heat needed can no longer be covered by renewable energy alone, the boiler starts rapidly and produces the heat needed to satisfy the current demand. The boiler uses fossil energy sources only to cover peak-load in hot water and the increased thermal requirements for cold weather, and as a result must be designed for a smaller albeit highly fluctuating thermal demand. For the research and development of burner designs for modern boilers, this means that particularly low-power modulating burners can be used that can be continuously adjust-

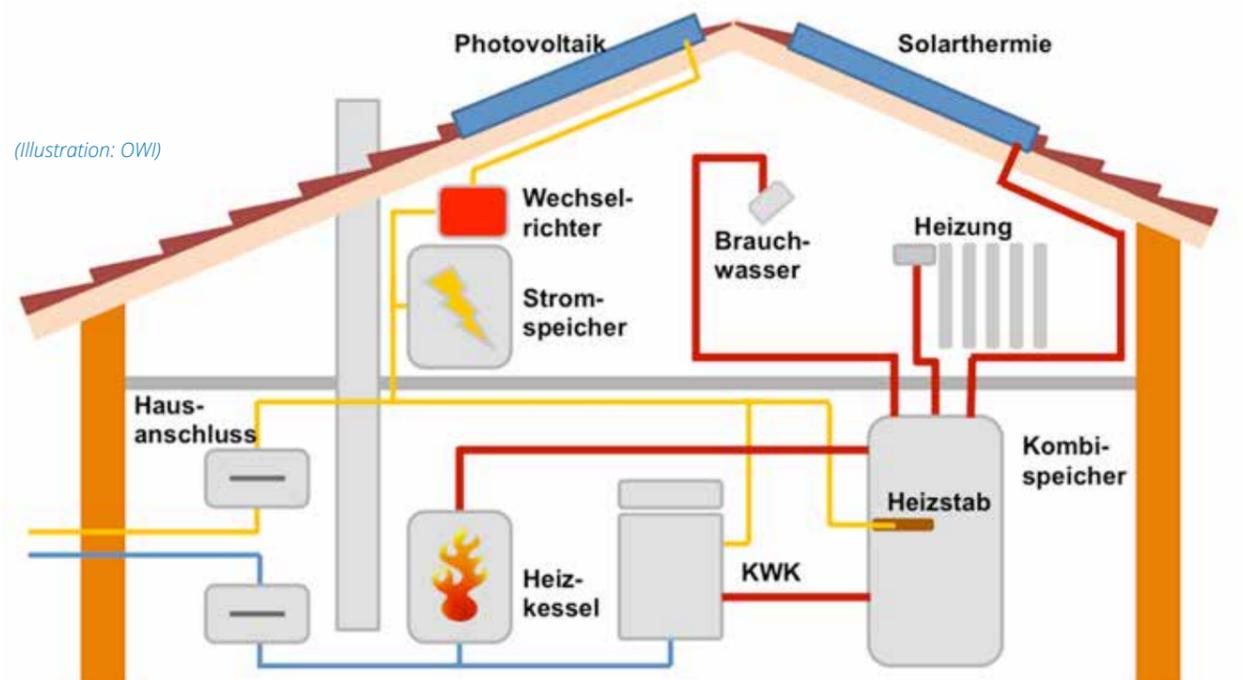
*Efficiency technologies offer various combination possibilities, e.g., a combination with a photovoltaic-plant. (Photo: tonympix - Fotolia.com)*

ed in an optimum manner. Since heating oil must first be converted from the liquid to a gaseous phase, this represents a special challenge for the burner development (see also page 13 of the annual report).

#### Approaches to unified energy provision

Furthermore, over the past few years, concepts have been developed that use the provision of both electrical and thermal energy as a unified approach to domestic energy provision, technologies like photovoltaic power and the use of cogeneration. Additional requirements for future energy supply concepts are thus

- the need-based provision not only of heat, but also of electrical power,



(Illustration: OWI)

Viele Kombinationsmöglichkeiten von Effizienztechnologien sind denkbar – aber nicht alles, was machbar ist, ist auch sinnvoll.

sofern der Pufferspeicher über keinerlei Kapazitäten mehr verfügt (beispielsweise im Sommerbetrieb). Diese Einschränkung erschwert die Bewertung, inwiefern die KWK-Technologie ihren Effizienzvorteil unter den gegebenen Randbedingungen entfalten kann.

#### Technologiebewertung – eine Basis für Entscheidungen

Aus der Komplexität und Diversifizierung der Systeme ergeben sich für die Marktteilnehmer Fragen zur Bewertung der Systeme. Hausbesitzer und Planer brauchen etwa bei Neubauten und Sanierungen Entscheidungshilfen für langfristig tragfähige Investitionsentscheidungen. Auch die Politik muss Entscheidungsgrundlagen haben, etwa zur Gestaltung von Marktanzreizprogrammen für Technologieinvestitionen, die zu größerer Primärenergieeffizienz im Gebäudebestand führen sollen.

Das Oel-Waerme-Institut beschäftigt sich mit der Bewertung von Energiesystemen und den Möglichkeiten ihrer Optimierung sowohl mittels Technolo-

Various combination possibilities of efficiency technologies are conceivable – but not all feasible combinations are practical.

gieverbesserung als auch durch die Optimierung der Prozessführung. Um Aussagen über die Relevanz verschiedener Technologien zur Erfüllung der CO<sub>2</sub>-Einsparungsziele zu erhalten, wurde eine Methode zur Bewertung der Primärenergieeffizienz moderner Energieversorgungskonzepte entwickelt. Als Kennzahl dient die Primärenergieeinsparung, welche den Primärenergiebedarf des zu analysierenden Systems auf den eines Systems mit konventioneller Technologie bezieht. Als Referenztechnologie werden der Nieder-temperaturkessel für die Wärmeerzeugung sowie der Strombezug aus dem Netz (Kraftwerksstrom) angesetzt.

Der zunächst rein analytische Ansatz führt zur Beschreibung eines theoretischen Potenzials zur Primärenergieeinsparung, das von den technischen Eigenschaften der Anlage und dem ermittelten Bedarf abhängt. Damit dieses Potenzial vollständig erschlossen werden kann, muss die Anlagentechnik Strom und Wärme jederzeit bedarfsgerecht bereitstellen. Die



- increased primary energy savings by using regenerative energy sources.

The provision of electrical energy for domestic power from renewable energy sources (photovoltaics) and/or more efficient fuel use (cogeneration) seems at the first glance to be particularly attractive, practically turning the building into its own power plant. But currently available designs can only meet the demands of need-based provision at a high technological cost. The integration of photovoltaic systems, of course, offers the advantage of power generation on a renewable basis. However, incoming energy quantities can be predicted only with difficulty, and direct storage such as is used for thermal energy, for example using a battery, is currently not cost-effective. The use of micro-cogeneration units that generate both heat and electrical power offers the obvious advantage of making energy provision controllable. However the production of electricity and heat is coupled. Thus, the production of electrical power is restricted by the current heat demand, if the buffer storage system has no additional capacity (for example during the summer). This restriction makes it more difficult to assess the extent to which cogeneration technology can make use of its efficiency advantage under the actual conditions of use.

#### Technology assessment – a basis for decision making

The complexity and diversification of systems make it essential for market participants to evaluate systems. Home owners and planners, for example, need decision tools for new construction and home renovations to make investment decisions that will be valid for the long-term. Policymakers must also have a basis for making decisions such as the design of market stimulus programs for technology investment that will lead to greater primary energy efficiency in existing buildings.

The Oel-Waerme-Institut is developing concepts for the assessment of modern energy systems and is optimising them by improving technology along with enhancement of the process control. To obtain information about the relevance of different technologies in meeting CO<sub>2</sub> reduction goals, a method was developed to assess the primary energy efficiency of modern energy supply concepts. The characteristic number used is primary energy savings, which relates

the primary energy requirements of the system being analysed to the primary energy requirements of a system with conventional technology. The reference technology used is the low-temperature boiler for heat generation in combination with electrical power supply from the grid (from a power plant).

The analytical approach provides a description of a theoretical potential for primary energy savings that depends on the technical characteristics of the system and the energy requirements calculated. For this potential to be fully accessed, the system technology must be able to follow the load profiles of electrical power and heat exactly. The method is in principle applicable to any technology. That is, it can be used for the assessment of energy systems with different technologies. By changing system parameters, load profiles, system dimensions and components can be varied just as well as the energy requirements. It is possible to carry out calculations for single- or two-family houses just as easily as for local heating appliances, where for example a combined heat and power plant provides an entire group of buildings with energy.

#### Need-based provision of electrical power and heat

The method was developed and verified as part of a study carried out by OWI on the "Assessment of the primary energy savings of cogeneration systems using the example of home energy provision" in a multifamily residential building. In this particular case, it was determined for nearly all conventional cogeneration technologies that the full electrical energy needed can sometimes not be provided and that this results in a difference between the theoretical potential and the actual primary energy savings achieved. A high degree of modulation of cogenerated power, the variable ratio of electrical power to heat and the use of electrical energy storage devices increase primary energy savings.

The example shows clearly that a highly efficient technology does not necessarily lead to high primary energy savings. Rather, the provision of electrical power and heat according to the demand is more important. For this type of complex energy system to be operated efficiently, flexible control and regulation technology is needed that connects all the technological components of the system (boiler, solar heat,



Methode ist prinzipiell technologieoffen, das heißt sie kann zur Bewertung von Energiesystemen mit unterschiedlichen Technologien eingesetzt werden. Durch Veränderung der Anlagen- und Bedarfsparameter können die Dimensionierung und die Komponenten einer Anlage ebenso variiert werden wie der Energiebedarf. So ist eine Berechnung für ein Ein- oder Zweifamilienhaus ebenso möglich wie für ein lokales Nahwärmenetz, in dem zum Beispiel ein Blockheizkraftwerk eine Gruppe von Häusern mit Energie versorgt.

#### Bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom und Wärme

Entwickelt und verifiziert wurde die Methode im Rahmen einer am OWI durchgeführten Studie zur „Bewertung der Primärenergieeinsparung von KWK-Anlagen am Beispiel der häuslichen Energieversorgung“ in einem Mehrfamilienhaus. In dem konkreten Fall wurde bei nahezu allen marktüblichen KWK-Technologien festgestellt, dass die elektrische Energie zeitweise nicht bedarfsgerecht bereitgestellt werden konnte und sich daraus eine Differenz zwischen dem theoretischen Potenzial und der tatsächlich erreichten Primärenergieeinsparung ergab. Eine hohe Modularität der KWK-Leistung, ein variables Verhältnis von Strom zu Wärme sowie der Einsatz von elektrischen Energiespeichern erhöhen hingegen die Primärenergieeinsparung.

Das Beispiel zeigt deutlich, dass eine hocheffiziente Technologie nicht zwangsläufig zu hohen Primärenergieeinsparungen führen muss. Hier ist vielmehr die bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom und Wärme von Bedeutung. Damit derart komplexe Energiesysteme effizient betrieben werden können, ist eine flexible Steuerungs- und Regelungstechnik erforderlich, die alle technischen Komponenten (Heizkessel, Solarthermie, etc.) des Systems miteinander verschaltet und gegebenenfalls auch die Anforderung aus dem Stromnetz in die Betriebsstrategie mit einbezieht. Entsprechende Betriebsstrategien werden derzeit am OWI für den Einsatz von SOFC-Brennstoffzellensystemen in der häuslichen Energieversorgung untersucht.

Die primärenergetische Technologiebewertung kann in vielen Fällen eine Entscheidungshilfe bieten, doch zahlreiche individuelle Faktoren lassen sich nicht in einem Modell abbilden. Einfache technische Lösungen, die optimal auf jeden Bedarf passen, gibt es derzeit im Raumwärmemarkt nicht. Das primärenergetische und



das wirtschaftliche Optimum gleichzeitig zu erreichen, ist kaum realisierbar. Wer Kaufentscheidungen ohne Rücksicht auf wirtschaftliche Gesichtspunkte treffen kann, wird vielleicht eher zum teuren, primärenergetischen Idealfall tendieren. Wer dagegen beim Kauf geringe Kosten als zentrales Kriterium voranstellt, wird kaum eine primärenergetisch optimale Lösung realisieren können. Abhängig von den individuellen Zielen und Rahmenbedingungen sind von Fall zu Fall angemessene Lösungen für die Frage nach dem passenden Energiesystem zu finden.

#### Kontakt /Contact:

Dipl.-Ing. David Diarra  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-126  
e-mail: D.Diarra@owi-aachen.de  
Dipl.-Wirt.-Ing. Elmar Pohl  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-188  
e-mail: E.Pohl@owi-aachen.de

*Die bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom und Wärme ist ein wichtiger Beitrag zur Energieeffizienz von Gebäuden.*

etc.) and if necessary also incorporates purchase of electrical power from the grid in the operating strategy. Corresponding operating strategies are currently being investigated at OWI for the use of SOFC fuel cell systems in home energy provision.

In many cases, primary energy technology assessment can represent an aid to make decisions, but numerous individual factors cannot be demonstrated in a single model. Simple technical solutions that can be adapted optimally to any need are currently not available on the room heating market. Achieving optimal primary energy savings and an economical optimum at the same time is almost impossible. Anyone able to make purchasing decisions with no thought for economic

*The need-based energy and heat supply is an important contribution to the energy efficiency of buildings. (Photo: Eisenhans - Fotolia.com)*

points of view may tend towards the expensive primary energy savings. But anyone whose central purchasing criterion calls for low cost will find it very difficult to implement an ideal primary energy solution. Depending on individual goals and conditions, reasonable solutions for the appropriate energy system must be found on a case-by-case basis.



## Er läuft, und läuft, und läuft ...

### Pre-Reformer über 3.000 Stunden in Betrieb

Er ist einfach nicht kaputt zu kriegen: In einem Langzeit-Versuch wurde am OWI ein Pre-Reformer erfolgreich getestet. Dieser erzeugte mehr als 3.000 Stunden aus Dieselkraftstoff und Wasserdampf ein wasserstoff- und methanreiches Brenngas für eine Brennstoffzelle. Bei Messungen konnten außer Methan keine nennenswerten Konzentrationen anderer Kohlenwasserstoffe nachgewiesen werden. Somit ist das erzeugte Brenngas optimal nutzbar für den Betrieb einer Festoxid (SOFC) oder Schmelzkarbonat (MCFC) Brennstoffzelle.

Dieser erfolgreiche Versuch ist wichtiger Bestandteil des Machbarkeitsnachweises im Rahmen des Projektes „SchIBZ“ - SchiffsIntegration Brennstoffzelle, das im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) mit der Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung durchgeführt wird. Innerhalb des Projektes „SchIBZ“ entwickeln, fertigen und erproben acht Unternehmen und Institutionen, zu denen auch das OWI gehört, in interdisziplinärer Zusammenarbeit ein hochseetaugliches Stromaggregat auf der Basis von Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Ziel ist es, die derzeit an Bord üblichen Dieselgeneratoren durch eine umweltschonendere und effizientere Form der Stromerzeugung für seegehende Schiffe zu ersetzen.

## Mobile Stromversorgung

### Auf dem Weg zur portablen Brennstoffzelle

Seit geraumer Zeit wird an einer netzunabhängigen Stromversorgung durch Brennstoffzellensysteme für Geräte mit niedriger bis mittlerer elektrischer Leistungsaufnahme geforscht. Die Versorgung etwa von Laptops oder Zweirädern soll stabil funktionieren, klein, portabel, kostenoptimiert und damit marktfähig sein. Einer der erfolgversprechenden Ansätze ist: In



## It runs, and runs, and runs...

### Pre-reformer in operation for over 3,000 hours

It just does not fail: a long-term test at OWI has successfully approved a pre-reformer. For over more than 3,000 hours, it converted diesel fuel and steam into a hydrogen- and methane-rich fuel gas for a fuel cell. Measurements were unable to detect any significant concentrations of hydrocarbons other than methane. The fuel gas generated is thus ideal for the operation of a solid oxide (SOFC) or molten carbonate (MCFC) fuel cell.

This successful test is an important part of the feasibility verification for the project “SchIBZ” – ship integration of fuel cells, a project carried out as part of the National Innovation Program for Hydrogen and Fuel Cell Technology (NIP) with the support of the German Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development. In the SchIBZ project, eight companies and institutions, including the OWI, are working together on an interdisciplinary basis to develop, fabricate and test a power assembly based on high temperature fuel cells that is suitable for use on the high seas. The goal is to replace diesel generators currently used on board with a more environmentally friendly, more efficient form of electrical power generation for seagoing vessels.

#### Kontakt/Contact:

Dipl.-Ing. Nils Kleinohl  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-183  
e-mail: N.Kleinohl@owi-aachen.de

## Mobile power supply

### On the way to a portable fuel cell

Portable fuel cells are a promising concept for the design of off-grid power supply for equipment with low to medium electrical power requirements. The power supply of laptops or bicycles, for example, should work reliably and be small, portable, cost-optimised and thus marketable. One promising approach is to generate hydrogen in a compact, integrated fuel cell /



einem kompakten, leistungsstarken Brennstoffzellen- und Reformer-Kombisystem wird aus regenerativ herstellbarem Methanol Wasserstoff erzeugt, um damit eine Brennstoffzelle des Typs HT-PEM (High Temperature Proton Exchange Membrane) zu betreiben. Allerdings sind im Methanol-Reformat noch Schadgase wie Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe enthalten, die die Lebensdauer der Membranen in der Brennstoffzelle verringern. Da der Einfluss von Schadgasen auf die Lebensdauer von Brennstoffzellen bisher nicht ausreichend untersucht und dokumentiert ist, haben die OWI Oel-Waerme-Institut GmbH und die Aixcellsys GmbH nun mit Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ein Forschungsprojekt gestartet.

Basis der Untersuchung ist ein bereits von den Projektpartnern entwickeltes Brennstoffzellensystem mit einer Leistung von zirka 50 Watt. Im Rahmen des 14-monatigen Forschungsprojektes wurden am Markt verfügbare Membranen verschiedener Hersteller auf ihr Leistungsverhalten im Dauerbetrieb und im Zyklusbetrieb unter dem Einfluss von realem und synthetischem Methanol-Reformat untersucht. Um die verschiedenen Einflüsse auf die Leistung zu erfassen, wurden im Rahmen des Kurzscreenings mit synthetischem Reformat die Gaskonzentrationen, die Volumenströme und die Betriebstemperatur in einem weiten Bereich variiert. Neben dem Kurzscreening werden Start-Stopp-Zyklen im Dauerbetrieb mit synthetischem und realem Reformat durchgeführt, um das Systemverhalten abzubilden. Die Erzeugung des Reformates erfolgt dabei in einem Methanol-Dampfreformer. Erwartet wird, dass mit diesen Erkenntnissen die Grundlagen zur Auslegung und Konstruktion eines marktauglichen Brennstoffzellensystems mit höherer Leistung und Lebensdauer geschaffen werden. Dies soll in einem nachfolgenden Projekt umgesetzt werden.

#### Kontakt/Contact:

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

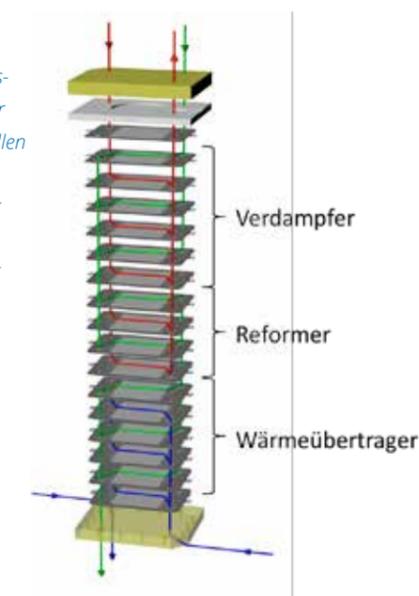


reformer system using renewable methanol to operate an HT-PEM (High-Temperature Proton Exchange Membrane) fuel cell. However, the reformed methanol also contains hazardous gases such as carbon monoxide that shorten the lifetime of the membranes in the fuel cell. Since the influence of hazardous gases on the lifetime of fuel cells has not yet been sufficiently examined and documented, Oel-Waerme-Institut GmbH and Aixcellsys GmbH have started a joint research project with the support of the Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

The basis for the investigation is a fuel cell system design with a power of about 50 watts developed by the project partners. During the ongoing 14-month research project, membranes from different manufacturers are tested with synthetic reformat as well as reformat from a methanol steam reformer in long-term and cyclic operation. To compare the different membranes, a screening is conducted with synthetic reformat, varying gas composition, volume flow and operating temperature. In addition to the screening, start-stop cycles are carried out to model transient system behaviour. Eventually, the fuel cell is coupled to a methanol steam reformer setting the basis for the layout and construction of a market-ready fuel cell system with increased performance and lifetime. In-depth analysis of the fuel cell system will be implemented in a follow-up project.

Im Methanol-Dampf-reformer wird ein wasserstoffreiches Gas für HT-PEM-Brennstoffzellen erzeugt.  
The methanol vapour reformer generates a hydrogen-rich gas for HT-PEM fuel cells.

(Illustration: OWI)





## Strom unterwegs selbst erzeugen

### *OWI entwickelt mobiles Brennstoffzellensystem*

Im Reisemobil oder auf dem Boot die Ruhe genießen, aber nicht auf den Komfort einer Klimaanlage oder den Fernseher verzichten. Die Ansprüche steigen gerade im Freizeitbereich, sind aber aufgrund eines fehlenden Stromanschlusses nicht immer zu erfüllen. Darum arbeitet das Oel-Waerme-Institut gemeinsam mit den Industriepartnern Behr GmbH & Co. KG, Enasys GmbH und Inhouse Engineering GmbH an einem mobilen Brennstoffzellensystem, das auf Basis des ohnehin mitgeführten Dieseldiesels zirkuliert 3 kW elektrische Leistung erzeugt. In dieser Leistungsklasse sind aktuell nur mit Benzin oder Diesel betriebene verbrennungsmotorische Stromgeneratoren am Markt verfügbar. Ihr Einsatz ist jedoch oftmals im Hafengebiet oder auf Stellplätzen für Reisemobile auf Grund von Lärm- und Emissionsschutzvorgaben nur beschränkt zulässig. Das Brennstoffzellensystem hat dagegen den Vorteil, dass es geräusch- und vibrationsarm arbeitet. Sein elektrischer Wirkungsgrad lässt sich gegenüber Dieseldieseln erheblich steigern und die Schadstoffemissionen werden deutlich reduziert.

Nachdem im Vorläuferprojekt das System bereits erfolgreich betrieben wurde, soll nun die technische Reife des Systems für den Einsatz demonstriert werden. Die bereits entwickelten Systemmodule Brenngaserzeuger und Brennstoffzelle werden mit Blick auf ihre Einzelkomponenten und die Prozessführung weiter optimiert. Für den mobilen Einsatz wird das System um ein zusätzliches Modul erweitert, das die Leistungselektronik und einen Batteriespeicher beinhaltet. Im Verlauf des Projektes wird die Funktion des Systems im gekoppelten Betrieb aller Module demonstriert. Zudem soll die technische Machbarkeit für die Hausenergieversorgung aufgezeigt werden. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.



## Power generation on the road

### *OWI is developing a mobile fuel cell system*

Relaxing in a camper or on a boat without giving up the comfort of an air conditioning or a television – customer demands are rising in the leisure sector, but due to a missing power supply, they cannot always be met. Together with industrial partners Behr GmbH & Co. KG, Enasys GmbH and Inhouse Engineering GmbH, OWI GmbH is developing a mobile fuel cell system that uses the onboard diesel fuel to generate about 3 kW of electrical power. Currently, there are only generators based on petrol- or diesel-fuelled combustion engines available on the market. However, their use is often restricted in ports or in camping sites due to noise and exhaust gas emissions. In contrast to that, the fuel cell system has the advantage of working virtually without noise or vibration. Its electrical efficiency can be significantly higher and emissions can be reduced.

After the system has been operated successfully in the predecessor project, the current project "MÖWE III" is aiming at the demonstration of the technical maturity of the system. The previously developed fuel processor module and fuel cell module will be further optimised with respect to single components and process control. For the mobile application, an additional module containing the power electronics and battery storage will complement the system. Within the project, the function of the system will be demonstrated in coupled operation of all modules. Furthermore, the technical feasibility shall be shown for domestic energy supply.

This project is funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology.

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

*Dipl.-Ing. Marius Maximini  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-176  
e-mail: M.Maximini@owi-aachen.de*



## Industrieofenbau

### *Untersuchungen zum Metal Dusting werden fortgesetzt*

Aufgrund der hohen Betriebstemperaturen in Industrieöfen von 400 bis 1.200 °C entwickeln sich chemische Prozesse wie das Metal Dusting, das die Standzeit vieler metallischer Bauteile beschränkt. Metal Dusting ist eine Form der Hochtemperaturkorrosion, die in aufkohlenden Atmosphären auftritt: Kohlenstoff aus Kohlenstoffverbindungen (Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe) scheidet sich katalytisch auf dem Metall ab und greift es an. Bei den Hochtemperaturlegierungen ist Grübchenbildung eine häufig anzutreffende Erscheinungsform des Angriffs. Die Folge ist, dass die metallischen Bauteile oft bereits nach 1,5 Jahren ausgetauscht werden müssen.

In einem bereits durchgeführten Metal Dusting-Forschungsvorhaben konnte am OWI nachgewiesen werden, dass mit Sol-Gel-ZrO<sub>2</sub> beschichtete Werkstoffproben eine signifikant höhere Beständigkeit gegen Metal Dusting aufweisen, die die zu erwartende Lebensdauer metallischer Bauteile deutlich erhöht. Dem stehen relativ geringe Beschichtungskosten gegenüber, so dass damit auch ein wirtschaftlich attraktives Verfahren zur Verfügung steht. Weitere Potenziale zu Kosteneinsparungen liegen darin, dass teure Sonderlegierungen durch preiswerte Sol-Gel-beschichtete Stähle ersetzt werden könnten.

Die bisherigen Untersuchungen haben auch gezeigt, dass die Beschaffenheit der Oberfläche des Metalls einen größeren Einfluss auf seine Kohlenstoffaufnahme hat als die Zusammensetzung der Metalllegierung. Für eine zuverlässige Beurteilung der Beständigkeit gegen Metal Dusting ist es deshalb notwendig, auch den Einfluss verschiedener Oberflächenzustände wie kalt- oder warmgewalzt, gebeizt, geschliffen, etc. zu untersuchen. Dieser Fragestellung geht das OWI in einem im April 2012 gestarteten Folgeprojekt nach. Außerdem sind vor einer industriellen Nutzung des Sol-Gel-Verfahrens die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Oberflächenzustände auf das Metal Dusting-Verhalten weiter abzusichern. Dies geschieht in industriellen Feldtests mit realen Ofenbauteilen. Das OWI führt das von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) geförderte Projekt gemeinsam mit der Stiftung Institut für Werkstofftechnik (IWT) durch.



## Industrial furnace construction

### *Experiments in metal dusting continue*

The high operating temperatures of 400 to 1,200 °C in industrial furnaces cause chemical processes such as metal dusting that limit the lifetime of some metallic parts. Metal dusting is a form of high-temperature corrosion that takes place in carburising atmospheres. Carbon from carbon compounds in the atmosphere (carbon monoxide, hydrocarbons) reacts with the metal and attacks it. As a result, metallic components must often be replaced after only 1.5 years.

In a completed research project dealing with metal dusting, OWI was able to demonstrate that material samples coated with sol gel ZrO<sub>2</sub> have a significantly higher resistance to metal dusting. Therefore, the coating may increase the expected life of metallic components considerably. This is associated with relatively low coating costs, so that it is also an economically attractive process. There is additional potential for cost savings in that expensive special alloys can be replaced with cost-effective sol gel coated steels.

Investigations till date have also shown that the surface quality of the metal has a greater influence on its carbon uptake than its composition. Reliable evaluation of resistance to metal dusting therefore requires investigating the influence of different surface conditions such as cold or hot rolling, pickling, grinding etc. This issue will be the object of a follow-up project to the previous investigations that started in April, 2012. The results considering the effect of surface conditions on metal dusting behaviour and the effect of the coating will also be confirmed by industrial field tests with furnace components. OWI is carrying out this project funded by the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) in cooperation with the Foundation Institute of Materials Science (IWT).

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

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



## Ein Bad in heißem Zink

### *Brennerentwicklung für die Feuerverzinkung*

Zum Schutz gegen Umwelteinflüsse werden metallische Stückgüter wie zum Beispiel Leitplanken oder Draht in Industrieöfen mit einer Schicht aus Zink überzogen. Dazu werden sie in Verzinkungsöfen in ein Bad mit zirka 450 °C heißem Zink getaucht. Zur gleichmäßigen Erwärmung und Verflüssigung des Zinks in großen Stahlwannen sind spezielle Industriebrenner, sogenannte Flachflammenbrenner, Stand der Technik. Sie übertragen Strahlungswärme großflächig und gleichmäßig auf die Wanne. Das Konzept des Flachflammenbrenners, der in der Industrie weit verbreitet ist, wurde für gasförmige Brennstoffe entwickelt.

Die Zink Körner GmbH im westfälischen Hagen ist ein Hersteller von Verzinkungsanlagen, die national wie international gefragt sind. Für den Export in Länder ohne Erdgasinfrastruktur müssen sie aber mit Brennern für flüssige Brennstoffe ausgerüstet werden. Zink Körner setzt dazu einen handelsüblichen Stauscheibenbrenner für den Betrieb mit Heizöl ein, der durch Flammen-Umlenkung quasi zu einem Flachflammenbrenner weiterentwickelt wurde.

In einem gemeinsamen Forschungsvorhaben wollen das Oel-Waerme-Institut und Zink Körner einen optimierten Flachflammenbrenner für flüssige Brennstoffe entwickeln, der mit verdrahteter Flamme und konischem Brennerstein in den beiden Leistungsstufen 90 kW und 180 kW arbeitet. Vorgesehen ist ein vormischendes Konzept, welches unter Ausnutzung des Kalte-Flammen-Phänomens die Gemischbildung und die Verbrennung räumlich voneinander trennt. Dadurch wird unter anderem eine Absenkung der Schadstoffemissionen erwartet. Geplant sind die Konzeption, Fertigung und Erprobung einer Gemischbildungseinrichtung und die Entwicklung eines geeigneten Brennersteins an einem Brenner-Grundlagenprüfstand.



## A bath in hot zinc

### *Burner development for hot galvanisation*

To protect metallic items such as guardrails or wires against environmental influences, a zinc coating is applied. To do this, they are submerged in a zinc bath at a temperature of about 450 °C in a galvanisation furnace. To heat and liquefy zinc in large steel basins, special industrial burners called flat flame burners are used. Flat flames transmit radiant heat evenly over a large surface area of the basin. The concept of the flat flame burner is state of the art in the industry and is fully developed for gaseous fuels.

Zink Körner GmbH in the town of Hagen in Westphalia is a manufacturer of galvanisation systems, which are demanded in both nationally and internationally. However, for the export to countries without a natural gas infrastructure they must be equipped with burners for liquid fuels. Zink Körner uses a conventional baffle burner to work with heating oil which has been equipped with a flame redirection plate to force the flame topology into a flat flame. The plate and other parts of the burner are exposed to high thermal loads which are reducing the component lifetime significantly.

In a joint research project, Oel-Waerme-Institut and Zink Körner develop an optimised flat flame burner for liquid fuels that works with a swirled flame and a conical quart block at two power levels: 90 kW and 180 kW. The burner implements a premixing concept that uses the cool flame phenomenon for spatial separation of mixture formation and combustion. This will also reduce emissions. The design, fabrication and testing of a mixing system and the development of a suitable quart block on a burner base test bench are planned.

---

**Kontakt/Contact:**

*Dipl.-Ing. Dirk Möntmann*

*Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-119*

*e-mail: D.Moentmann@owi-aachen.de*



## Kalte Flammen am Motor

### *Vorentwicklung für effiziente und schadstoffarme Verbrennung*

Biokraftstoffe weitgehend ungereinigt in aufgeladenen Motoren einsetzen und die Schadstoffemissionen so weit reduzieren, dass eine kostenintensive und den Wirkungsgrad verschlechternde Abgasnachbehandlung durch Partikelfilter überflüssig wird. Was wie die Quadratur des Kreises klingt, sind durchaus realistische Ziele eines öffentlich geförderten Forschungsprojektes des Oel-Waerme-Instituts in Kooperation mit der Universität Hannover und der Aixcellsys GmbH. Diese Vorentwicklung einer neuen Verbrennungstechnologie könnte zum Beispiel in Blockheizkraftwerken zur Wärme- und Stromerzeugung zum Einsatz kommen, die mit flüssigen Brennstoffen wie Biodiesel oder Pflanzenöl betrieben werden.

Das technische Konzept sieht vor, dass der Kraftstoff in einem dem Motor vorgelagerten Reaktor zunächst zu einem homogenen Gemisch verdampft wird. Dies soll mit der am OWI entwickelten „Kalte-Flammen-Technologie“ unter hohem Druck von bis zu 5 bar geschehen, so dass auch aufgeladene Motoren mit einer optimierten Befüllung betrieben werden können. Das so entstehende Gasgemisch wird in einen stationären Einzylinder-Forschungsmotor zur Verbrennung eingedüst, wobei unterschiedliche Varianten aus homogener und partieller Vormischung getestet werden. Ziel ist es, durch die autotherme Vorverdampfung das Brennverfahren so zu beeinflussen, dass sowohl die Stickoxid- als auch die Rußemissionen deutlich sinken und im Idealfall ein Partikelfilter zur Abgasnachbehandlung nicht mehr erforderlich ist. Durch den Einsatz von biogenen Kraftstoffen kann eine weitgehend CO<sub>2</sub>-neutrale Verbrennung realisiert werden.

Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz über dessen Projektträger, die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).



## Cool flames for the engine

### *Preliminary development for efficient, low emission combustion*

Using biofuels in turbocharged engines, largely without purification, and reducing emissions to the point that cost-intensive, efficiency-robbing exhaust gas treatment with particle filters is rendered superfluous. It all sounds like squaring the circle, but these are definitely realistic goals for a public-funded research project at the Oel-Waerme-Institut in cooperation with the University of Hannover and Aixcellsys GmbH. This preliminary development of a new combustion technology could for example be used in combined heat and power plants to generate heat and electricity – plants operated with liquid fuels like biodiesel or vegetable oil.

The technical design specifies that the fuel is first evaporated into a homogeneous mixture in a reactor upstream of the engine. This takes place using the “cool flame” technology developed at OWI at a high pressure of up to 5 bar, so even turbocharged engines can be operated with optimised filling. The resulting gas mixture is injected into a stationary one-cylinder research engine for combustion. Different variants of homogeneous and partial premixing are being tested. The goal is to use autothermic pre-evaporation to influence the combustion process in such a way that both nitrous oxide and soot emissions are significantly reduced and a particle filter is ideally not needed to treat the exhaust gas. The use of biogenic fuels can enable largely CO<sub>2</sub>-neutral combustion.

The project is funded by the German Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection through its project sponsor, the Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

---

**Kontakt/Contact:**

*Dipl.-Ing. Dirk Möntmann*

*Tel.: +49 (0) 2407/9518-119*

*e-mail: D.Moentmann@owi-aachen.de*



## Biokraftstoffe und Dieseltechnik

### *OWI entwickelt neue Prüfmethode*

Hersteller von Kraftstoffen, Biokraftstoffen und Additiven sind verpflichtet, die Unbedenklichkeit ihrer Produkte für die Fahrzeugtechnik nachzuweisen. Die derzeit eingesetzten Prüfmethode der Verkokung von Injektoren für Dieselkraftstoff, XUD9 und DW10, sind allerdings entweder technisch nicht mehr auf dem heute möglichen Stand oder aufwändig und teuer. Daher entwickelt das Oel-Waerme-Institut gemeinsam mit der AGQM Biodiesel, der ASG Analytik Service Gesellschaft und der ERC Emissions-Reduzierungs-Concepte ein neues Prüfverfahren, das auch als alternatives No-harm-Kriterium für Kraftstoffe und Additive eingesetzt werden kann. Insbesondere biogene Kraftstoffe, wie zum Beispiel Biodiesel, haben variierende physikalisch-chemische Eigenschaften, die bei höheren Beimischungen zu inneren und äußeren Ablagerungen an den Injektoren führen können.

Der zu entwickelnde Hardware-in-the-Loop-Prüfstand und die zugehörige Prüfmethode können den Einspritzvorgang unter Verzicht auf die motorische Verbrennung abbilden und so kostengünstiger arbeiten. Der Kraftstoff wird im Kreis gefördert, so dass nur eine geringe Kraftstoffmenge von voraussichtlich 50 Litern benötigt und eine forcierte Kraftstoffalterung erreicht wird. So ergibt sich eine Korrelation der Injektorverkokungen mit dem Zustand des Kraftstoffs. Durch Einsatz unterschiedlicher Injektoren, Temperaturprofile und Einspritzdrücke können zudem die Bedingungen unterschiedlicher Motoren nachgebildet werden.

Das Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz über dessen Projektträger, die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), gefördert. Projektbeschreibungen können unter [www.fnr.de](http://www.fnr.de) in der Projektsuche unter dem Stichwort „ENIAK“ gefunden werden.



## Biofuels and diesel technology

### *OWI develops new test method*

Manufacturers of fuels, biofuels and additives are obligated to verify the harmlessness of their products for vehicle technology. However, the current injector deposit test methods XUD9 and DW10 are either obsolete (XUD9) or extensive and expensive. This is why the Oel-Waerme-Institut is cooperating with AGQM Biodiesel, ASG Analytik Service Gesellschaft and ERC Emissions-Reduzierungs-Concepte to develop a new test procedure that can be used as an alternative no-harm test for fuels and additives. In particular, biogenic fuels like biodiesel have varying physical and chemical properties that can lead to internal and external deposits on the injectors at higher mix portions.

The hardware-in-the-loop test bench to be developed and its associated test methods can model the injection process without the need for combustion in the engine, allowing them to be used more cost-efficiently. The fuel is conveyed in a circuit, so that only a small quantity of fuel, estimated at 50 litres, is needed and forced fuel aging can be achieved. This results in a correlation between injector fouling and the condition of the fuel. Using different injectors, temperature profiles and injection pressures, moreover, enables modelling of the conditions in different engines.

The research project is funded by the German Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection through its project sponsor, the Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Project descriptions can be found at [www.fnr.de](http://www.fnr.de) in the project search under the keyword "ENIAK".

---

**Kontakt/Contact:**

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



## Drei Heizungs-generationen auf einem Prüfstand

### *OWI testet Brennstoffe und misst Wirkungsgrade*

Mineralölstämmige und regenerative Brennstoffe sowie unterschiedliche Mischungen testen und Wirkungen neuer Additive nachweisen – das ist nun an einem neu aufgebauten Prüfstand im Labor des Oel-Waerme-Instituts möglich. Vier Öl-Heizkessel, die drei unterschiedliche Generationen von Heizgeräten repräsentieren, und eine ausgefeilte Messtechnik zum Vergleich von Kesselwirkungsgraden stehen dazu bereit. Neben zwei Niedertemperaturkesseln mit Stauscheibenbrennern (Gelbbrenner) sind ein aktuelles Brennwertgerät mit Rezirkulationsbrenner (Blaubrenner) und ein technisch neu entwickeltes, wandhängendes Brennwertgerät für den Einsatz im Wohnbereich in den Prüfstand integriert. Die Niedertemperaturkessel der 80er und 90er Jahre dominieren zwar noch den Bestand unter den Ölheizkesseln, werden aber durch den seit Ende der 90er Jahre stetig steigenden Anteil von Brennwertkesseln abgelöst.

Am OWI kann damit im Langzeitverhalten der Kesselwirkungsgrad von Heizkesseln getestet werden. So sind zum Beispiel Vergleiche von Heizöl EL schwefelarm mit biogenen Brennstoffen unterschiedlicher Art möglich. Ob Bioheizöl oder vielversprechende Zukunftsbrennstoffe wie Butanol, hydriertes Pflanzenöl und Pyrolyseöle – neben der Messung von Wirkungsgraden sind auch Untersuchungen der Verbrennungseigenschaften sowie der Wechselwirkungen von Brennstoffen mit technischen Komponenten und Materialien möglich. Darüber hinaus kann der Einfluss einer abgestimmten Additivierung zur Sicherstellung der Langzeitstabilität eines Brennstoffs dargestellt werden. Um valide, von Jahreszeit und Witterungsbedingungen unabhängige Messergebnisse am Prüfstand zu erzielen, sind die Randbedingungen, wie zum Beispiel die Kühlwassertemperatur oder der Unterdruck im Kamin, auf konstante Werte einstellbar.



## Three heating generations on one test bench

### *OWI tests fuels and measures efficiency*

Testing petroleum-based and regenerative fuels as well as different mixtures, verifying the effects of new additives – now possible on a newly constructed test bench in the OWI Oel-Waerme-Institut laboratory. Four oil heating boilers representing three different generations of heating equipment and refined measurement technology for the comparison of boiler efficiency are ready to go. In addition to two low-temperature boilers with retention head burners (yellow flame burners), there is also a current condensing unit with a recirculating burner (blue flame burner) and a technically newly developed, wall-mounted condensing unit for use in the domestic heating built into the test bench. The low-temperature boilers of the 80s and 90s still dominate the existing installed base of oil heating boilers, but since the end of the 90s they are being replaced by a continually growing share of condensing boilers.

At OWI, the long-term behaviour of boiler efficiency of the heating boilers can be tested. For example, comparisons of low-sulphur heating oil and biogenic fuels of different kinds are possible. Whether biofuel oil or promising future fuels such as butanol, hydrogenated vegetable oil and pyrolysis oils – in addition to measuring efficiency, it is also possible to examine combustion properties and the interactions of fuels with technical components and materials. The influence of a given additive mixture can also be examined in terms of how well it ensures the long-term stability of a fuel. To obtain valid measurement results on the test bench independently from season and weather conditions, background conditions such as cooling water temperature and vacuum in the chimney can be set to constant values.

---

**Kontakt/Contact:**

*Dipl.-Ing. Christian Jaschinski*  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-129  
e-mail: [C.Jaschinski@owi-aachen.de](mailto:C.Jaschinski@owi-aachen.de)



## Biobrennstoffe marktfähig machen

### *Bioheizöle müssen lange stabil sein*

Zur Gewährleistung der Produktqualität von Bioheizöl wurden am OWI bereits eine Reihe von Untersuchungen zur Anwendungstechnik sowie der Langzeitlagerung und Stabilität der Brennstoffe durchgeführt. Hier zeigte sich, dass die Stabilität der reinen Produkte wie Biodiesel / FAME (Fatty Acid Methyl Ester) gut beschrieben und vorhergesagt werden kann. Bei Mischungen (Bioheizöl) kann es dagegen zu Wechselwirkungen zwischen dem FAME und dem mineralölstämmigen Produkt und damit zu unerwarteten Effekten kommen.

Das Ziel eines gemeinsam mit dem Institut für Analytische und Anorganische Chemie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster laufenden Projekts ist es, die Einflüsse der Heizölkomponenten und die Wechselwirkungen mit dem eingesetzten FAME auf die Oxidationsstabilität von Blends zu erfassen. Eine eindeutige Vorhersage und Verbesserung der Stabilität insbesondere von Bioheizölen mit höherem FAME-Anteil ist von entscheidender Bedeutung, um diese Brennstoffe flächendeckend in den Markt einführen zu können.

Im Projektverlauf werden chemische Analysen der Brennstoffe hinsichtlich ihres technischen Einsatzes und zur Weiterentwicklung von Additiven durchgeführt. Dieses Projekt wird mit Unterstützung der Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. (AGQM) und des Instituts für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO) durchgeführt.

## Making biogenic fuels market-ready

### *Biofuel must remain stable over the long-term*

To ensure the product quality of biofuel, OWI has already carried out a series of examinations of application technology as well as the long-term storage and stability of fuel. Here, it turned out that the stability of pure products such as biodiesel / FAME (fatty acid methyl ester) can be described and predicted well. For blends (such as biofuel), on the other hand, interactions can occur between the FAME and the petroleum-derived product, leading to unexpected effects.

The goal of an ongoing joint project with the Analytical and Inorganic Chemistry Department of the Westphalian Wilhelm University of Münster is to examine the influence of heating oil components and their interaction with the FAME used on the oxidation stability of blends. A clear prognosis and improvement of the stability, in particular that of biofuel with higher FAME content, is of crucial importance for the introduction of these fuels to the market over wide regions.

During the project a chemical analysis of fuels with respect to their technical use and to the further development of additives will be conducted. This project is being carried out with the support of Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. (AGQM) and the Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO).

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

*Winfried Koch, M.Sc.  
Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-159  
e-mail: W.Koch@owi-aachen.de*



## Knorzeltreffen 2012

### *Wissenschaftlicher Austausch am OWI*

Am 18. und 19. Oktober 2012 fand in Aachen das 19. Knorzeltreffen statt, das in diesem Jahr vom Oel-Waerme-Institut organisiert wurde. Vorträge, Diskussionen und nicht zuletzt das gemütliche Beisammensein – neudeutsch „Networking“ genannt – bilden den Rahmen des jährlich stattfindenden Knorzeltreffens. Insbesondere für Doktoranden, die in den Bereichen Verbrennungs- und Hochtemperaturtechnik sowie Industrieofenbau promovieren, ist dies eine Plattform zur Vorstellung ihrer Forschungsarbeiten vor einem fachkundigen Publikum, zu dem auch die Leiter der Forschungseinrichtungen gehören.

Hinter dem Knorzeltreffen steht ein Netzwerk von Universitäten und Forschungsinstitutionen, die einen regen Austausch pflegen und gemeinsam Forschungsprojekte initiieren sowie 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 das Treffen. Das 20jährige Jubiläum des Treffens findet im nächsten Jahr am Geburtsort des Knorzels, im sächsischen Freiberg, statt.



### *Scientific exchange at OWI*

On October 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> 2012 the nineteenth annual „Knorzeltreffen“ took place in Aachen, organised this year by the Oel-Waerme-Institut. Presentations, discussions and last but not least gathering – so-called “networking” – were on the agenda for the annual Knorzeltreffen. The meeting is in particular organised for doctoral students in the areas of combustion and high-temperature technology as well as industrial furnace engineering. This is a platform to present their research work to a technical audience that also includes the heads of the research institutions.

Behind the “Knorzeltreffen” meeting, there is a network of universities and research institutions that maintain frequent exchanges and also initiate and carry out joint research projects. The Institute of Fluid Dynamics and Thermodynamics at the University of Magdeburg, the Department of Industrial Furnaces and Heat Engineering at RWTH Aachen University, the chair of Gas and Heat Technology at the TU Bergakademie Freiberg and the Oel-Waerme-Institut in Herzogenrath take turns in organising the meeting at their respective locations. The meeting’s 20th anniversary will be held next year at the birthplace of Knorzel, in Freiberg, Saxony.

*Der Knorzel, dem das Treffen seinen Namen verdankt, ist ein Vierkanteisen, das im historischen Hammerwerk der sächsischen Gemeinde Freibergsdorf geschmiedet wurde. Er wird im Netzwerk jährlich dem Veranstalter des Treffens überreicht und verbleibt ein Jahr bei ihm.*

*The Knorzel, after which the meeting was named, is a square rod forged in the historic hammer mill of the Saxon town of Freibergsdorf. It is awarded each year to the organiser of the meeting and remains with him or her until the next year.*

*(Photo: OWI)*



## Heizöl birgt noch Technologiepotenzial

### 7. Ölwärme-Kolloquium in Aachen

Sparsamer, leistungsfähiger, umweltschonender, markt- und zukunftsfähig: Dies sind die Ziele der Innovationen, die auf dem 7. Aachener Ölwärme-Kolloquium am 26. und 27. September 2012 präsentiert wurden. Rund 150 Teilnehmer und Vortragende nutzten das Branchentreffen, das gemeinsam vom Oel-Waerme-Institut (OWI) und dem Institut für Wärme und Oeltechnik (IWO) veranstaltet wurde, zu einer Standortbestimmung ihrer Aktivitäten vor dem Hintergrund des Marktes und technischer Entwicklungen. Präsentiert und diskutiert wurden unter anderem Heizungstechnologien, wie zum Beispiel modulierende Brennerkonzepte, die in Kombination mit erneuerbaren Energien in Hybridsystemen zur Primärenergieeinsparung beitragen, oder die Chancen und Risiken von Mikro-KWK für Ein- und Zweifamilienhäuser. Aber auch Entwicklungstendenzen bei Brennstoffen und Fragen der Haltbarkeit biogener Brennstoffe waren Gegenstand von Vorträgen und Gesprächen.

*Rund 150 Fachleute nahmen am 7. Ölwärme-Kolloquium teil.  
About 150 experts attended the 7th Ölwärme-Kolloquium. (Photo: OWI)*

„Auch technische Trends unterliegen im Laufe der Zeit einem Wandel“, betonte Dr. Klaus Lucka vom OWI in seinem Rückblick auf vergangene Veranstaltungen zu Beginn des 7. Ölwärme-Kolloquiums. Die Rahmenbedingungen technischer Entwicklungen werden vom Markt, der Ökonomie und von politischen Zielen sowie Marktanreizen gesetzt. Zu den „Dauerbrennern“ gehöre die Brennerentwicklung, deren Themenschwerpunkt sich aber von Low-NO<sub>x</sub>-Techniken zu Vormisch-Techniken und modulierenden Brennern kleiner Leistung entwickelt habe. Eine steigende Bedeutung bekomme das Denken in Energiesystemen. Dies zeige sich im immer komplexeren Zusammenspiel unterschiedlicher Gerätetechnologien, der Kombination fossiler und regenerativer Technologien zu Hybridsystemen, dem Einsatz regenerativer Brennstoffe sowie adäquater Speichertechnologien. Daraus ergäben sich auch Fragen nach der Effizienz und den Kosten der Systeme.

Die Frage nach den Zukunftsperspektiven beschäftigte auch Prof. Dr. Christian Küchen vom Institut für Wärme und Oeltechnik e.v. (IWO). Überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energiequellen sei zum Beispiel mit Heizstäben in Pufferspeichern im Heizsystem zu speichern.



## Heating oil still has technological potential

### 7th Oil Heating Colloquium in Aachen

Economic prospects, performance, environment friendly, market and future capabilities: These were the innovation objectives presented on 26th and 27th September 2012 at the 7th Aachen Oil Heat Colloquium, organised by Oel-Waerme-Institut (OWI) and the Institut für Wärme und Oeltechnik (IWO). About 150 participants and speakers took advantage of the industrial gathering to coordinate their activities in the context of the market and recent technical developments. Presentations and discussion were devoted to topics like heating technologies, for example modulating burner concepts, combined with renewable energy in hybrid systems which contribute to primary energy savings, or the opportunities and risks of micro-cogeneration for single- and two-family houses. The development trends in fuels and issues relating to storage life of biogenic fuels were also the subject of discussion and debate.

“Technical progresses also change over time,” Dr. Klaus Lucka of the OWI noted in his retrospective of

past conferences at the start of the 7th Oil Heating Colloquium. The determining factors for technical development are set by the market, the economy, political goals and market stimuli. One of the “long-term flames” is burner development, even though its focus has shifted from low-NO<sub>x</sub> techniques to premix techniques and low-power modulating burners. Thinking in terms of energy systems is gaining importance. This can be seen in the ever complicated interaction between different technological systems, the combination of fossil and regenerative technologies with hybrid systems, the use of regenerative fuels and also adequate storage technologies. These however raises questions about efficiency and cost of systems.

The issue of future perspectives also engaged Prof. Dr. Christian Küchen of the Institut für Wärme und Oeltechnik e.v. (IWO). Excess electricity from renewable energy sources, for example, can be stored in buffer storage in the heating system using heating rods. The oil tank in the cellar would then take over the role as a long-term energy storage tank. Heating oil would then be reliable for heating since it would always be available when there is inadequate supply of renewable energy.

The role of micro-cogeneration for single- and two-family houses was the topic of a heated discus-



Der Öltank im Keller übernehme dann die Rolle eines Langzeitenergiespeichers. So trage Heizöl zur Versorgungssicherheit bei, weil es stets zur Verfügung stehe, wenn erneuerbare Energien nicht liefern könnten.

Kontrovers wurde die Rolle der Mikro-KWK für Ein- und Zweifamilienhäuser diskutiert. Besonders die für eine starke Marktdurchdringung dieser Technologie erforderliche Wirtschaftlichkeit aus Sicht des Endkunden stelle eine große Herausforderung dar. Derzeit sei Mikro-KWK vor allem eine Option für Bestandsgebäude, denn insbesondere in Neubauten, aber auch in sanierten Altbauten, wird der Wärmebedarf zurückgehen, so dass die für die KWK-Nutzung erforderlichen Wärmesenken kleiner werden. Darüber hinaus nimmt das energie- und klimapolitische Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung generell ab, da der KWK-Strom zunehmend in Konkurrenz zum stark wachsenden Anteil des Stroms aus regenerativen Energiequellen steht. Daher sei Mikro-KWK insgesamt als Brückentechnologie anzusehen.



Dr. Detlev Gerling, Bosch Thermotechnik GmbH (Photo: IWO)

Dr. Detlev Gerling von der Bosch Thermotechnik GmbH stellte für die Marke Buderus ein neues Produktkonzept für die Öl-Brennwerttechnik vor. Herzstück ist ein Öl-Verdampfungsbrenner mit einem Modulationsbereich von 5 bis 15 kW. Das Brennerkonzept beruht auf einem Öl-Oberflächenbrenner, bei dem die Verdampfung und die Vermischung mit der Verbrennungsluft von der Verbrennungszone räumlich getrennt sind. Dies führt zu geringeren Schadstoffemissionen und Verbrennungsgeräuschen. Die neue Anlage sei eine „zukunftsweisende Lösung für die Modernisierung“, so Gerling.

Ein emotionaler Abschied beim Ölwärme-Kolloquium: Helmut Schwoll ging nach 33 Jahren Berufsleben bei Danfoss im Bereich Brennerkomponenten mit einem letzten Vortrag in den Ruhestand. Er dankte seinen Weggefährten, von denen viele anwesend waren, für die konstruktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit. „Ich habe für meine Arbeit gebrannt, aber ich bin nicht ausgebrannt. Neue Aufgaben benötigen nur ein anderes Handlungsmuster“, so Schwoll.



Prof. Dr. Christian Küchen, Institut für Wärme- und Oeltechnik e.V. (Photo: IWO)

sion. In particular, the cost-effective technology, that imposes a greater challenge from the prospect of end customers, who are necessary for strong market penetration. At present, Micro-cogeneration is primary option for existing buildings, particularly in new buildings and also in old renovated buildings because the heat requirements are reduced, so that the necessary heat sinks required for usage in cogeneration systems will be lower. The energy and potential climate policy of cogeneration systems is decreasing in general because the cogenerated electric power is in extensive competition with the rapidly growing renewable portion of grid power. Micro-cogeneration systems are thus seen in general as an intermediate technology.

Dr. Detlev Gerling from Bosch Thermotechnik GmbH presented a new product concept in oil burner technology for the Buderus brand. Its core part is an oil evaporation burner with a modulation range from 5 to 15 kW. The design of the burner is based on an oil surface burner in which the evaporation and mixing of combustion air are spatially separated from the combustion zone. This leads to lower emissions and quieter combustion. The new system is a “future-oriented solution for modernisation,” said Gerling.

An emotional farewell at the Oil Heating Colloquium: Helmut Schwoll retired after 33 years at Danfoss from the department of Burner Components, with one last

speech. He thanked those who accompanied him on his journey, many of whom were present, for their constructive, trusting collaboration. “I have been exhausted for my work, but I myself am not exhausted. New tasks simply need a new approach,” said Schwoll.



Helmut Schwoll, Danfoss A/S (Photo: OWI)



## Expertentreffen zum Forschungsbrenner

### 2. Heatflux-Workshop in Warschau

Am 29. Juli 2012 fand der zweite Workshop der internationalen Heatflux-Kooperation an der Technischen Universität Warschau statt. Insgesamt 45 Experten nutzten die Gelegenheit, schon einen Tag vor dem 34<sup>th</sup> International Symposium on Combustion an dem vom OWI mit organisierten Workshop teilzunehmen. In einem Verbund mit den Universitäten Eindhoven in den Niederlanden, Lund in Schweden und Freiberg in Deutschland, betreibt das OWI Grundlagenforschung am Heatflux-Brenner. Am OWI arbeitet eine Forschungsgruppe mit dem Heatflux-Brenner an der Bestimmung der laminaren Brenngeschwindigkeit flüssiger Brennstoffe. Die Ergebnisse sollen künftig für die Modellierung und Auslegung von technischen Verbrennungsprozessen genutzt werden und so die Brennerentwicklung erheblich vereinfachen. Im jährlich stattfindenden Workshop berichteten die Forschungsgruppen von ihren aktuellen Aufgaben und Ergebnissen. Das Themenspektrum reichte von Grundsatzzfragen wie der Validierung der Heatflux-Methode über Präsentationen von Messdaten unterschiedlicher Gruppen aus aktuellen Arbeiten mit dem Heatflux-Brenner bis hin zu Vorgehensweisen beim Umbau des eigentlich für gasförmige Brennstoffe ausgelegten Heatflux-Brenners zum Einsatz flüssiger Brennstoffe.

Zum Abschluss des Workshops diskutierten die Teilnehmer ihre weitere Strategie der Zusammenarbeit und den Informationsaustausch zwischen den Forschungsgruppen. Das zentrale Ziel der Kooperation ist, reproduzierbare experimentelle Ergebnisse und Daten zu ermitteln, die für die detaillierte Entwicklung und Validierung chemischer Verbrennungsmechanismen nutzbar sind. Zur Verbesserung des Informationsaustauschs wurde der Aufbau einer eigenen Website beschlossen. Sie ist inzwischen unter [www.heatfluxburner.org](http://www.heatfluxburner.org) für alle Interessierten erreichbar.

## Experts meet about research burner

### 2<sup>nd</sup> annual heat flux workshop in Warsaw

On July 29, 2012, the second annual workshop of the international heat flux cooperation took place at the Technical University of Warsaw. A total of 45 experts took the opportunity to participate in the workshop, which OWI helped to organise, one day before the 34<sup>th</sup> International Symposium on Combustion. In association with the University of Eindhoven in the Netherlands, the University of Lund in Sweden and the University of Freiberg in Germany, OWI is carrying out basic research on heat flux burners. A research group at OWI is working with the heat flux burner to calculate the laminar combustion speed of liquid fuels. The results will be used in future for the modelling and layout of technical combustion processes, considerably simplifying the development of burners. The annual workshop provides research groups with a platform to report on their current tasks and results. The spectrum of topics ranges from fundamental issues such as the validation of heat flux methods to the presentation of measurement data from different groups of their current work with the heat flux burner to the procedures for the conversion of the heat flux burner, originally designed for gaseous fuels to work with liquid fuels.

At the conclusion of the workshop, participants discussed their further strategy for cooperation and exchange of information between the research groups. The central goal of the cooperation is to obtain reproducible experimental results and data that can be used for the detailed development and validation of chemical combustion mechanisms. To improve the exchange of information, it was decided to construct a separate website. The website is now available for all interested parties at [www.heatfluxburner.org](http://www.heatfluxburner.org).

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

*Dr. Ing. Roy Hermanns*

Tel.: +49 (0) 2407/ 9518-163

e-mail: [R.Hermanns@owi-aachen.de](mailto:R.Hermanns@owi-aachen.de)

*Dipl.-Ing. Richard Haas-Wittmüß*

Tel.: +49 (2407/ 9518-177

e-mail: [R.Haas-Wittmuess@owi-aachen.de](mailto:R.Haas-Wittmuess@owi-aachen.de)



## Vorträge/Presentations

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

Methodik zur Bewertung der Primärenergieeinsparung von KWK-Anlagen am Beispiel der häuslichen Energieversorgung, Jahrestreffen der Fachgruppen Energieverfahrenstechnik und Hochtemperaturtechnik, 07. - 09. März 2012, Frankfurt am Main

### **Z. Yang, M. Grote, D. Diarra, K. Lucka**

Numerische Modellierung der Verdunstung von Mehrkomponenten-Brennstoffen mit der CFD Software OpenFOAM, Jahrestreffen der Fachgruppen Mehrphasenströmungen und Mischvorgänge, 15. - 16. März 2012, Weimar

### **O. van Rheinberg**

Stabilität von flüssigen Kraft- und Brennstoffen mit biogenen Anteilen, Uniti Mineralöltechnologie-Forum 2012, 20. - 21. März 2012, Stuttgart

### **W. Grabarse, J. Lukito, O. van Rheinberg**

Performanceadditiv für neue Heizölqualitäten, Uniti Mineralöltechnologie-Forum 2012, 20. - 21. März 2012, Stuttgart

### **M. Maximini, P. Engelhardt, M. Brenner, A. De Toni, H.-G. Anfang**

Reactor development for a steam reforming fuel processor for diesel fuel in the kW range, Fuel Cells 2012 Science & Technology, 11. - 12. April 2012, Berlin

### **H. Hoffmann, C. Jaschinski, O. van Rheinberg**

Ergebnisse aus dem Projekt GoBio – Gezielte Optimierung kraftstoffführender Komponenten für mobile Applikationen, Leipziger-Biokraftstoff- und ForNeBiK-Fachgespräche 2012, 21. - 22. Mai 2012, Leipzig

### **H. Ackermann, S. Richter**

Verhalten der Karbide in karbidgehärteten HT-Ni-Legierungen während der Oxidation, GfKORR-Arbeitskreis „Korrosionsschutz bei erhöhten Temperaturen“, 03. Juli 2012, Frankfurt am Main

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

Reactor development for a steam reforming fuel processor for diesel fuel in the kW range, WHEC 2012, 03. - 07. Juni 2012, Toronto, Canada

**P. Engelhardt, M. Maximini, F. Beckmann, M. Brenner**  
Optimization of a fuel cell APU based on a microchannel diesel steam reformer and a PEMFC, WHEC 2012, 03. - 07. Juni 2012, Toronto, Canada

### **J. Lukito, O. van Rheinberg, H. Köhne**

Validation of fuel stability test method with chemiluminescence, ACHEMA 2012, 18. - 22. Juni 2012, Frankfurt am Main

### **K. Lucka**

Flüssige Brennstoffe - Zukunft mit moderner Technik, Jahrestagung VEH / BBMV / gdbm West, 21. - 22. Juni 2012, Würzburg

### **R. Pillai, H. Ackermann, K. Lucka, S. Schmitt, A. Scholz**

The influence of creep-corrosion interaction on the residual life of high temperature applications, EMR 2012 „Energy and Materials for Research“, 20. - 22. Juni 2012, Malaga/Spain

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

Adiabatic Prereforming of ultra-low sulfur diesel: Potential for marine SOFC-Systems and experimental results, European Fuel Cell Forum 2012, 26. Juni - 29. Juni 2012, Luzern, Switzerland

### **R.T.E. Hermanns**

Overview activities & Trending Topics, 2nd Heat Flux Burner Workshop at 34th International Combustion Symposium, 29. Juli - 03. August 2012, Warsaw/ Poland

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

Verbundprojekt MÖWE II – Entwicklung eines Dampfreformermoduls basierend auf Diesel zur Wasserstoffversorgung eines Brennstoffzellenmoduls für den Einsatz in mobilen Anwendungen, 10. Riesaer Brennstoffzellenworkshop, 05. September 2012, Riesa

### **K. Lucka**

Effizienz der Heizungstechnologie - heute und morgen, HEAT – Der Kongress für mobile und speicherbare Wärme, 11. - 12. September 2012, Berlin

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

A Remnant Life Assessment Procedure for High Temperature Applications, MSE 2012 „Materials Science Engineering“, 26. - 27. September 2012, Darmstadt

**E. Pohl, D. Diarra**

Methodik zur Bewertung der Primärenergieeinsparung von KWK-Anlagen am Beispiel der häuslichen Energieversorgung, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**H. Ackermann, R. Pillai**

HT-LifePLUS - Lebensdauerbewertungsverfahren für korrosiv, thermisch und mechanisch beanspruchte Bauteile bis 1200 °C, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**S. Seehack, O. van Rheinberg,**

Betriebsicherheit und Stabilitätskriterien für Heizöl EL mit Fettsäuremethylester, Ergebnisse und Erkenntnisse, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**W. Karsten, T. Winter, M. Goy, H. Pohland vom Schloß, P. Grütter**

Entwicklung eines kompakten und regelbaren Diesel-Vollstrombrenners zur Regeneration von Partikelfiltern bei NRMM- Anwendungen (Nichtstraßengebundene bewegliche Maschinen und Geräte – Non-road mobile machinery) , 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**H. vom Schloß, K. Ritter, M. Dzubiella, A. Stark, D. Kreuzmann, M. Grote,**

Entwicklung eines modulierenden Heizöl EL-Brenners für den Einsatz in einem Zeolith-Kompakt-Heizgerät, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**L. Paesler, R. Haas-Wittmüß, M. Heise, J. vom Schloß**

Entwicklung eines modulierenden Vormischbrenners für flüssige Brennstoffe zum Einsatz im WhisperGen® Stirlingmotor, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**S. Gopal Yaji**

Betriebsstrategie eines SOFC-basierten KWK-Systems für die häusliche Energieversorgung, 19. Knorzeltreffen, 18. - 19. Oktober 2012, Aachen

**M. Grote**

Numerische Berechnung eines kompakten Dieseldampfbrenners, 19. Knorzeltreffen, 18. - 19. Oktober 2012, Aachen

**M. Neulen**

Anwendungstechnische Eigenschaften flüssiger Brennstoffe mit biogenen Anteilen, 19. Knorzeltreffen, 18. - 19. Oktober 2012, Aachen

**W. Koch, S. Eiden**

CryoFESEM-Messungen zur Bewertung von W/O-Emulsionen - Ergebnisse aus dem DGMK-Projekt 715, DGMK Treffen der Analytiker, 22. - 23. November 2012, Hamburg

**H. Ackermann, R. Pillai, S. Richter**

Chromverlust und Verhalten der Karbide bei der Oxidation von karbidgehärteten Ni-Hochtemperaturlegierungen, 35. Vortragsveranstaltung „Langzeitverhalten warmfester Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“ der Forschungsvereinigungen Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe, 30. November 2012, Düsseldorf

## Poster

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

Optimization of a fuel cell APU based on a microchannel diesel steam reformer and a PEMFC, Fuel Cells 2012 Science & Technology, 11. - 12. April 2012, Berlin

**M. Grote, M. Brenner, H. Köhne, K. Lucka**

Numerische Berechnung eines kompakten Dieseldampfbrenners, Jahrestreffen der Fachgruppen Computational Fluid Dynamics und Fluidverfahrenstechnik, 12. - 14. März 2012, Weimar

**D. Diarra, K. Lucka, H. Köhne**

Stabilitätsanalyse detaillierter Reaktionsmechanismen: Gemischbildung von n-Heptan und Luft jenseits der Selbstzündtemperatur, Jahrestreffen der Fachgruppe Reaktionstechnik, 14. - 15. Mai 2012, Würzburg

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

Operating Strategy of a Solid Oxide Fuel Cell system for a household energy demand profile, European Fuel Cell Forum 2012 - 10th European SOFC Forum, 26. - 29. Juni 2012, Luzern, Schweiz

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

Modelling Chromium depletion in Ni-Cr high temperature alloys, EUROCORR 2012 „Safer world through better corrosion control“, 09. - 13. September 2012, Istanbul/Turkey

**M. Neulen, O. van Rheinberg**

DGMK 729 - Anwendungstechnische Eigenschaften flüssiger Brennstoffe mit biogenen Anteilen, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**H. Hoffmann, O. van Rheinberg**

ENIAK - Entwicklung eines nichtmotorischen Injektorverkokungsprüfstandes für alternative Kraftstoffe, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**W. Koch, O. van Rheinberg, S. Reepen, J. T. Andersson**

Einfluss verschiedener Stoffkomponenten und deren Synergien auf die Stabilität von flüssigen Brenn- und Kraftstoffen mit biogenen Anteilen, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**N. Kleinohl, A. Bauschulte, J. vom Schloß**

Pre-Reforming von flüssigen Kohlenwasserstoffen zur Brenngaserzeugung für eine Hochtemperaturbrennstoffzelle, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**M. Maximini, P. Engelhardt, A. Bauschulte, J. vom Schloß, M. Brenner, F. Beckmann, S. Kolb**

Verbundprojekt MÖWE III - Entwicklung eines modularen Brennstoffzellensystems basierend auf Diesel für den Einsatz in mobilen Anwendungen, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

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

Vergleich von HT-PEM Brennstoffzellen verschiedener Hersteller mit Methanol-Reformat und Integration in ein Brennstoffzellensystem, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**C. Nailis, R. Edenhofer**

Thermoakustik, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**R. Edenhofer**

Feinstaubemissionen von Kleinf Feuerungsanlagen, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**R. Haas-Wittmüß, S. Cencin, R.T.E. Hermanns**

Brenner zur Messung der adiabaten laminaren Brenngeschwindigkeit flüssiger Brennstoffe, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

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

Entwicklung einer kompakten Brennkammer mit hoher Leistungsdichte, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**R. Haas-Wittmüß, S. Cencin, R.T.E. Hermanns**

Liquid fuel burner for the measurement of adiabatic laminar burning velocities, COMBURA 2012, 03. - 04. Oktober 2012, Maastricht, The Netherlands

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

Development of a Compact Combustion Chamber for Liquid Fuels with High Energy Densities, COMBURA 2012, 03. - 04. Oktober 2012, Maastricht, The Netherlands

## Konferenzbeiträge / Conf. contributions

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

Adiabatic Prereforming of ultra-low sulfur diesel: Potential for marine SOFC-Systems and experimental results, European Fuel Cell Forum 2012, 26. - 29. Juni 2012, Luzern, Switzerland

**E. Pohl, D. Diarra**

Methodik zur Bewertung der Primärenergieeinsparung von KWK-Anlagen am Beispiel der häuslichen Energieversorgung, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**H. Ackermann, R. Pillai**

HT-LifePLUS - Lebensdauerbewertungsverfahren für korrosiv, thermisch und mechanisch beanspruchte Bauteile bis 1200 °C, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**S. Seehack, O. van Rheinberg,**

Betriebsicherheit und Stabilitätskriterien für Heizöl EL mit Fettsäuremethylester, Ergebnisse und Erkenntnisse, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen



**W. Karsten, T. Winter, M. Goy, H. Pohland vom Schloß, P. Grütter**

Entwicklung eines kompakten und regelbaren Diesel-Vollstrombrenners zur Regeneration von Partikelfiltern bei NRMM- Anwendungen (Nichtstraßengebundene bewegliche Maschinen und Geräte - Non-road mobile machinery), 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**H. vom Schloß, K. Ritter, M. Dzubiella, A. Stark, D. Kreutzmann, M. Grote**

Entwicklung eines modulierenden Heizöl EL-Brenners für den Einsatz in einem Zeolith-Kompakt-Heizgerät, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**L. Paesler, R. Haas-Wittmüß, M. Heise, J. vom Schloß**

Entwicklung eines modulierenden Vormischbrenners für flüssige Brennstoffe zum Einsatz im WhisperGen® Stirlingmotor, 7. Ölwärme-Kolloquium 2012, 26. - 27. September 2012, Aachen

**H. Ackermann, R. Pillai, S. Richter**

Chromverlust und Verhalten der Karbide bei der Oxidation von karbidgehärteten Ni-Hochtemperaturlegierungen, 35. Vortragsveranstaltung „Langzeitverhalten warmfester Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“ der Forschungsvereinigungen Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe, 30. November 2012, Düsseldorf

**D. Kreutzmann, D. Möntmann, H. vom Schloß, K. Lucka, G. Teneva-Kosseva, V. Uhlig, D. Trimis**

Überwachung und Prognose der Degradation von Wärmedämmmaterialien in Thermoprozessanlagen, Chemie Ingenieur Technik 84 (2012), Nr. 01-02, S. 54-62

**H. Hoffmann, N. Dohn, O. van Rheinberg**

Alternative flüssige Energieträger im Raumwärmemarkt - Experimentelle Überprüfung von n-Butanol als Beimischung zu Heizöl EL, Erdöl Erdgas Kohle, 128. Jg., 2012, Heft 2, S. 66-68

**O. van Rheinberg, H. Hoffmann, C. Jaschinski, W. Koch**

Bewertung heutiger und zukünftiger Kraftstoffe mit biogenen Anteilen, MTZ Motortechnische Zeitschrift, 73. Jg., Juni 2012, Heft 6, S. 460 - 467

**M. Maximini, P. Engelhardt, M. Grote, M. Brenner**

Further development of a microchannel steam reformer for diesel fuel, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 37, Issue 13, July 2012, Pages 10125 - 10134

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

Integrated fuel cell APU based on a compact steam reformer for diesel and a PEMFC, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 37, Issue 18, September 2012, Pages 13470-13477

**M. Neulen, J. Lukito, O. van Rheinberg**

Bewertung von Bioheizölen aus Feldanlagen im ATES FAME Prüfstand – Expertengruppe AP1.2 –, Abschlussbericht, Hamburg, Januar 2012

**C. Jaschinski, O. van Rheinberg**

Ablagerungsbildung durch 20 % (V/V) Fame-Brennstoffe in Vormischbrennersystemen, DGMK Forschungsbericht 714, Hamburg, September 2012, ISBN: 978-3-941721-28-9

## Journal-Publikationen/ Journal publications

**G. Teneva-Kosseva, V. Uhlig, D. Trimis, D. Kreutzmann, D. Möntmann, H. Pohland v. Schloß, K. Lucka, H.-P. Wübben**

Degradation von Wärmedämmmaterialien in Hochtemperaturprozessen, gaswärme international 58 (2012), Nr. 2, S. 57-67

**G. Teneva-Kosseva, V. Uhlig, D. Trimis, D. Kreutzmann, D. Möntmann, H. Pohland v. Schloß, K. Lucka, H.-P. Wübben**

Degradation of thermal insulation in high temperature processes, Heat Processing 10 (2012), Nr. 3, S. 91-100

## Berichte / Reports

## Diplom-, Master-, 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 2012 absolvierten Arbeiten.

### Dissertations, diploma, masters and bachelor theses and assignments

OWI sees 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 2012.

### Studienarbeiten

#### Florian Schlösser

Untersuchung der Reaktionstemperaturen im Katalysator bei der vollkatalytischen Verbrennung von flüssigen Energieträgern  
RWTH Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik

Ziel der Studienarbeit war die Untersuchung der vorge-mischten vollkatalytischen Verbrennung mit externer Abgasrezirkulation im Hinblick auf Temperaturverteilung und Emissionsbildung bei unterschiedlichen physikalischen Randbedingungen. Dabei wurden lokale Temperaturmessungen in den Kanälen eines katalytischen keramischen Monolithen und Versuche zur isokinetischen Absaugung am Austritt des Katalysators durchgeführt. Die Variationsgrößen sind das Rezirkulationsverhältnis, die Vormischtemperatur, die Luftzahl und die thermische Leistung. Aus den Versuchen hat sich gezeigt, dass durch die Veränderung der Vormischtemperatur die Katalysatortemperatur und damit die Kohlenmonoxidemissionen wesentlich beeinflusst werden können.

*Investigation of the reaction temperature in a catalyst at full catalytic combustion of liquid fuels  
RWTH Aachen University, Faculty of Georesources and Materials Engineering*

Main goal of the mini thesis was the investigation of a premixed catalytic combustion with external flue gas recirculation in view of temperature and emissions for different physical conditions. Local measurements of temperature were carried out inside some channels of the ceramic catalyst. These channels were also used for isokinetic exhaust gas measurements at the end of the catalyst. The parameters recirculation ratio, premixture temperature, air fuel ratio and thermal power were varied in the experiments. The experiments have shown that the premixture temperature has the highest influence on the catalyst temperature and a significant effect on the carbon monoxide emissions.

#### Gero Seidensticker

*Einflüsse auf das Auftreten von Injektorverkokung in direkt einspritzenden Dieselmotoren: Ein Überblick über den aktuellen Kenntnisstand  
RWTH Aachen, Fakultät für Maschinenwesen, Maschinenbau*

Im Rahmen der Studienarbeit wurden in Form einer Literaturrecherche Informationen und aktuelle Forschungsergebnisse zur Injektorverkokung bei direkt einspritzenden Dieselmotoren zusammengetragen. Hinweise auf kritische Kraftstoffe, Additive oder Kombinationen von beiden wurden ebenso dargestellt wie potenzielle Einflüsse auf die Injektorverkokung, wie Temperaturen (Spitzen- oder Durchschnittstemperaturen), Drücke, Durchflussmengen, Taktungen oder Stillstandszeiten und dergleichen.

*Influences on the occurrence of injector fouling in direct injection diesel engines: a survey of the current knowledge  
RWTH Aachen University, Faculty of Mechanical Engineering, Mechanical Engineering*

Within the student research paper, information and results of the current research regarding deposit formation on and within direct injection diesel engines were collected by literature research. Knowledge about critical fuels, additives or critical combinations of both



was collected as well as potential physical, mechanical and operational influences, for example temperatures (peak or average temperatures), pressures, flow rates, and break times.

### Bachelorarbeiten

#### Leif Anders

*Planung eines Prüfstandes zur Untersuchung der Rußbildungskinetik in SOFC-Brennstoffzellensystemen  
FH Aachen, Standort Jülich, Energietechnik, Fachrichtung Maschinenbau, Vertiefung Umwelttechnik*

Beim Betrieb von SOFC-Brennstoffzellen mit kohlenwasserstoffhaltigem Reformat aus flüssigen Kraftstoffen können sich Kohlenstoffablagerungen bilden, welche die Leistung und Lebensdauer negativ beeinflussen. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit ein Prüfstand ausgelegt, der helfen soll, die Hintergründe und Grenzen der Kohlenstoffablagerung während des Betriebs zu detektieren. Für die Auslegung eines Prüfstandes zur kinetischen Ablagerungsuntersuchung werden bekannte Messmethoden aufgeführt und auf ihre Realisierbarkeit geprüft. Hierfür werden drei Auslegungsvariationen vorgestellt und miteinander verglichen. Für die finale Prüfstandauslegung wird ein Rohröfen verwendet, in dem Anodenproben realem CPOX-Reformat ausgesetzt werden. Der Ofen hat drei Temperaturzonen, die so eingestellt werden, dass von Ofenein- bis -austritt ein Temperaturgefälle realisiert wird. Auf diese Weise soll die Chemie der Ablagerungsbildung bei unterschiedlichen Temperaturbereichen analysiert werden.

*Design of a test rig to analyze the kinetic of carbon formation in solid oxide fuel cell systems  
FH Aachen University of Applied Sciences, Jülich campus, Energy Technology, Mechanical Engineering*

The performance and durability of solid oxide fuel cells can decrease significantly by carbon deposits of hydrocarbon containing fuels. In this thesis a test rig is designed, that will help to detect the backgrounds and borders of carbon deposition during operation. To analyze the kinetic of carbon depositions state of the art measurement methods are listed and discussed on feasibility. In addition, three test rig designs are presented and compared. In the final design a tube

furnace is used, in which anode samples are exposed to real CPOX reformat from liquid fuels. The furnace has three temperature zones that are used to realize a negative temperature gradient in between the in- and outlet. Thereby, the chemistry of deposit formation can be analyzed at different temperatures.

#### Serdal Cencin

*Auslegung und Erprobung einer Verdampfeinheit zur Untersuchung der laminaren Brenngeschwindigkeit von flüssigen Brennstoffen  
FH Aachen, Standort Jülich, Energietechnik, Fachrichtung Maschinenbau*

Für die Verbrennung hat die adiabate laminare Brenngeschwindigkeit eine sehr große Bedeutung und ist ein wichtiger Parameter, um Vormischflammen zu untersuchen. Vorwiegend wurden bisher die Brenngeschwindigkeiten von gasförmigen Brennstoffen untersucht. Um diese Untersuchung mit flüssigen Brennstoffen durchzuführen, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Verdampfer ausgelegt, der es erlaubt, die Brenngeschwindigkeit von flüssigen Brennstoffen mit Hilfe der Heat-Flux-Methode zu bestimmen. Hierzu wurde Ethanol als der zu untersuchende Brennstoff verwendet. Durch den Nachweis einer vollständigen Verdampfung und Erzeugung einer pulsationsarmen Verbrennung konnte die Brenngeschwindigkeit von Ethanol bestimmt werden. Somit erlaubt der Verdampfer die Untersuchung von flüssigen Brennstoffen wie Alkoholen und Mitteldestillaten.

*Layout and testing of a vaporiser unit for the examination of the laminar combustion speed of liquid fuels  
FH Aachen University of Applied Sciences, Jülich Campus, Energy Technology, Mechanical Engineering Department*

Adiabatic laminar burning velocity is of great importance to combustion and an important parameter in examining premixing flames. Primarily the combustion speeds of gaseous fuels have been investigated to date. For an investigation with liquid fuels, a vaporiser was designed within the scope of this work that permits the combustion speed of liquid fuels to be determined using the heat-flux method. Ethanol was selected as the fuel to be examined. By demonstrating complete vaporisation and generation of low-pulsation combustion, the combustion speed of ethanol could be

calculated. The vaporiser thus permits the investigation of liquid fuels such as alcohols and medium distillates.

#### Stefan Kühne

*Herstellung und Produktion von algenbasierten Kraftstoffen  
RWTH Aachen, Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen*

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden der Stand der Technik, Fortschritte und Herausforderungen bei der Produktion von auf Algen basierten Kraftstoffen betrachtet. Techniken zur Algenproduktion und Methoden zur Generierung von Biokraftstoffen stellten ein zentrales Element dar. Besonderes Augenmerk lag auf dem Stand der Forschung, etwaigen Tendenzen bei den Produktionsmethoden und insbesondere den den Algen allgemein zugesprochenen großen Potenzialen. Dazu zählen vor allem eine ausgezeichnete Flächennutzung, die Möglichkeit der Koppelung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidern und die Erzeugung hochwertiger Nebenprodukte. Die energetische und wirtschaftliche Bewertung kommt zu dem Schluss, dass algenbasierte Kraftstoffe eigenständig aktuell noch nicht konkurrenzfähig sind. Es besteht hier also noch großer Forschungsbedarf, einerseits zur Effizienzsteigerung der Algenkraftstoffproduktion, andererseits zur Verbesserung dieser Bilanz durch die gezielte Produktion und Nutzung von Nebenprodukten.

*Production and production processes of algae fuels  
RWTH Aachen University, Institute for Combustion Engines*

State-of-the-art of science and technology, advances and challenges regarding the production of algae-based fuels were focus of the literature research. Focus lied especially on techniques for algae production as well as on methods for biofuel generation from the algae biomass. Another focus lay on an estimation on the timeline to industrial production, on the status of current research and on tendencies in algae production. Furthermore, the supposedly great potential of algae fuels was assessed. This potential includes an excellent land use, the possibility of coupling with carbon capture and the production of high-value by-products. However, the energetic and economic assessment shows, that stand-alone produced algae fuels are currently far from being competitive to other fuels. Therefore, significant research regarding increased production efficiency or the targeted production and use of high-value by-products.

#### Tino Neder

*Auslegung und Konzeptionierung eines „Pre-Reforming“ Prüfstandes mit der anschließenden Gefährdungsbeurteilung einer überwachungsbedürftigen Anlage nach BetrSichV  
FH Aachen, Campus Jülich, Energietechnik, Fachrichtung Maschinenbau*

Im Forschungsprojekt „SchiBZ“ (Schiffsintegration Brennstoffzelle) wird ein bordseitig einsetzbares Brennstoffzellensystem als Hilfsenergieversorgung für stationäre Schiffsanwendungen entwickelt. Ziel ist es, eine Demonstratoranlage an Bord eines Schiffes zu realisieren. Um Abstimmungsparameter für die spätere Auslegung festzulegen und Systemkomponenten testen zu können, wird im Vorfeld eine labortechnische Gesamtanlage gebaut. Auf Basis der Dampfpreformierung wird Brenngas für eine Hochtemperaturbrennstoffzelle erzeugt. Die Dampfpreformierung und die Brennstoffzelle werden in dieser Arbeit beschrieben und im Hinblick auf die von ihnen ausgehenden Gefährdungen dargestellt. Über die ausgewählten Komponenten wird informiert und die Prozessvarianten des Teststandes erklärt. In dieser Abschlussarbeit ist die Gefährdungsbeurteilung dieser überwachungsbedürftigen Anlage nach der Betriebssicherheitsverordnung beschrieben. Mit Hilfe der vorgegebenen Auslegungskriterien wurde ein Konzept definiert, dessen Gefährdungen im Einzelnen und in ihrer Gesamtheit erarbeitet und dokumentiert wurden. Für die Vorgehensweise zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung sind die Gefahrenanalyse nach einer HAZOP-Methode, eine anschließende Risikobeurteilung und die SIL-Einstufung nach der LOPA-Methode ausgearbeitet worden.

*Design and concept of a „pre-reforming“ test rig with a risk assessment of monitoring dependent equipment in accordance with BetrSichV.  
FH Aachen University of Applied Sciences, Jülich campus, Energy Technology, Mechanical Engineering*

For a research project for development of an onboard usable hydrogen fuel cell system as an auxiliary energy supply for stationary ship applications the project „SchiBZ“ (ship integration hydrogen fuel cell). The goal is to implement a Demonstrator on board of a ship. In order to commit coordination parameters for a later interpretation and to test system components, a laboratory technological overall system is built in



the frontend. Based on the steam reforming process burnable gas is produced for a high temperature hydrogen fuel cell. The steam reforming and the hydrogen fuel cell will be described hereafter. In addition, their endangering is depicted. Furthermore, information of selected components is given to explain the process variants of the test status. Regarding Industrial Safety Ordinance, the endangering evaluation requiring supervision plan is described in this final thesis. With the help of predetermined criteria a concept has been defined, which allows assessment and documentation of all endangering issues. The methodical procedure has been chosen caused by the legal requirements and has been shown for the system. Documentation of risk assessment is provided in line with HAZOP-methodology, a risk evaluation and SIL-classification according to LOPA-methodology.

#### **Florian Schlösser**

*Entwicklung einer Brennkammer für eine Mikro-Gasturbinenanwendung  
RWTH Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik*

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Brennkammerprüfstand konstruiert, der eine optische Erfassung der Reaktionszone unter atmosphärischen Bedingungen ermöglicht. Ziel der Entwicklung war es, den Prüfstand so zu gestalten, dass eine schnelle Veränderung von Parametern wie Düsenposition, Drallzahl und Brennkammergeometrie gewährleistet ist. Die Brennkammereintrittstemperaturen innerhalb der ersten Versuchsreihen lagen, bedingt durch die Bauart des Luftvorwärmers, bei maximal 600 °C. Des Weiteren hat sich bei den Versuchen gezeigt, dass die Brennstoffdüse thermisch überlastet wird und die Integration einer Düsenkühlung in das System notwendig ist. Die Drallerzeuger mit einem Winkel von 40° bis 45° wurden als die relevantesten für die nachfolgenden Versuchsreihen identifiziert.

*Development of a combustion chamber for a micro turbine application  
RWTH Aachen University, Faculty of Georesources and Materials Engineering*

In this work an atmospheric combustion chamber test bench was build with an optical access to the reaction

zone. The aim of the development was to simplify the construction of the test bench to allow a fast change of different system components, like the fuel nozzle position, the swirler angle and changes to the geometry of the combustion chamber. The properties of the air preheater limited the inlet temperature to 600 °C. In the first experiments a fuel nozzle overheating was detected and solved by a water cooled fuel nozzle. The results of the experiments have shown that the swirlers with an angle of 40° to 45° were the most relevant swirler for the system.

#### *Diplomarbeiten*

##### **Matthias Heise**

*Entwicklung eines kompakten Kalte Flammen Reaktors mit thermischem Startbrenner  
FH Aachen, Maschinenbau, Konstruktion*

Ziel der Arbeit war es, einen kompakten Kalte-Flammen-Verdampfer mit thermischem Startbrenner für den WhisperGen® von WhisperTech Ltd. zu entwickeln. Ein in den Verdampfer integrierter Startbrenner, der die für die Initiierung der Verdampfung notwendige Temperatur in das System einbringt, konnte optimiert werden. Die Peripherie, der Verdampfer und der Brenner wurden aufeinander abgestimmt. Dadurch konnte die Verdampfung durch die Einbringung von vorgewärmter Luft in einem Betriebsbereich von 5,5 bis 15 kW thermischer Leistung stabilisiert werden. Die Grenzwerte der DIN EN 267 für die Konzentrationen von Kohlenmonoxid und Stickstoffoxiden werden über den gesamten Betriebsbereich eingehalten.

*Development of a compact cool flame vaporiser with a thermal start-up concept  
FH Aachen University of Applied Sciences, Mechanical Engineering, Engineering*

The aim of this work was the development of a compact cool flame vaporiser with a thermal start-up concept for the WhisperGen® of WhisperTech Ltd. The start-up burner which is integrated in the vaporiser was optimised to heat up the system until reaching the necessary temperature for the vaporisation. The peripheral devices, the vaporiser and the burner were concerted. Thereby, it was possible to stabilise the

vaporisation between 5,5 kW to 15 kW thermal power with recuperated air from the exhaust of the burner. The emissions in stable operation are below the target of the concentration of carbon monoxide and nitrogen oxide defined in DIN EN 267.

##### **Florian Kneisel**

*Entwicklung einer Brennkammer für eine Mikro-Gasturbinenanwendung  
Fachhochschule Aachen, Luft- und Raumfahrttechnik*

Der Einsatz von Mikro-Gasturbinen bietet den Vorteil niedriger Schadstoffemissionen und Wartungskosten sowie eine effiziente Brennstoffausnutzung mit hohen Leistungsdichten. Im Rahmen eines internationalen Projektes wird eine Brennkammer für eine Mikro-Gasturbine entwickelt, welche sich für die Verbrennung von Heizöl eignet. Bei der Entwicklung der Brennkammer standen niedrige Schadstoffemissionen, eine stabile Verbrennung und kompakte Abmessungen im Vordergrund. In dieser Arbeit wurde ein Prüfstand aufgebaut, um verschiedene Brennstoffzerstäuber auf ihre Eignung für das Brennkammersystem zu untersuchen. Es erfolgten Brennkammeruntersuchungen bei unterschiedlichen thermischen Leistungen, Luftvorwärmtemperaturen und Luftdrallwinkeln. Die Versuchsergebnisse wurden anschließend ausgewertet und für die weitere Entwicklung ein Drallerzeuger ausgewählt.

*Development of a combustion chamber for a micro gas turbine application  
FH Aachen University of Applied Sciences, Aerospace Technology*

The use of micro gas turbines offers the advantage of low emissions and maintenance costs as well as efficient fuel utilisation at high power densities. As part of an international project, a combustion chamber for a micro gas turbine was developed that is suitable for the burning of heating oil. Development of the burner chamber focussed on low emissions, stable combustion and compact dimensions. During the work, a test bench was built in order to examine different fuel atomisers for suitability in the combustion chamber system. Combustion chamber testing was then carried out at different thermal power levels, air preheating temperatures and air swirling angles. The experimental results were then evaluated and a swirl producer was selected for further development.

#### *Masterarbeit*

##### **Gunbritt Schacke**

*Numerische Untersuchungen zur Erschließung des Primärenergieeinsparungspotentials von KWK-Technologien in der häuslichen Energieversorgung durch den Einsatz eines Akkumulators  
RWTH Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik*

Das Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung einer theoretischen Maßnahme zur Verringerung des Primärenergieeinsatzes in der häuslichen Energieversorgung um CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen. Als Ansatzpunkt diente die Erschließung des theoretischen Einsparpotentials, das sich durch den Einsatz eines KWK-Gerätes als Alternative zur konventionellen Energieerzeugung ergeben hatte. Durch zeitliche Entkoppelung von Produktion und Bedarf mit Hilfe des Akkumulators wurde der effizient erzeugte Strom des KWK-Geräts für den Verbraucher nutzbar gemacht. Der Bezug von extern erzeugter Energie konnte somit vermindert werden, was zu einem verringerten Primärenergieeinsatz führte.

*Numeric analysis to improve the savings in primary energy of a CHP plant for household application by implementing an accumulator  
RWTH Aachen University, Faculty of Georesources and Materials Engineering*

The aim of this work was to investigate theoretical methods to save primary energy in domestic usage thereby reducing CO<sub>2</sub> emissions. The theoretical approach was to improve the savings in primary energy by integrating a CHP plant with conventional power plant. With the help of an accumulator coupled to the CHP plant, the correlation between the supply and demand profiles of consumer was efficiently controlled. The method reduced the conventional heat and electricity consumption, thus increasing the savings in primary energy.



## Stipendiaten

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

### **Sebastian Feldhoff (30) ...**

hat sein Studium „Maschinen- und Anlagenbau“ mit der Vertiefungsrichtung „Energie- und Verfahrenstechnik“ an der Universität Duisburg-Essen im Dezember 2010 mit dem Diplom abgeschlossen. Seine Abschlussarbeit fertigte er beim Fraunhofer Institut UMSICHT in Oberhausen an. Anschließend war er ein weiteres halbes Jahr dort beschäftigt und bearbeitete in dieser Zeit verschiedene Forschungsprojekte zur Optimierung von Biogasanlagen und zur katalytischen Biogasaufbereitung. Seit dem 1. Januar 2012 verstärkt er als Stipendiat die Abteilung Energieträger am Oel-Waerme-Institut.

### **Elmar Pohl (29) ...**

... hat im November 2011 sein Studium an der RWTH Aachen als Diplom-Wirtschaftsingenieur beendet. In seiner am OWI durchgeführten Diplomarbeit beschäftigte er sich mit dem Thema Energieeffizienz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Seit Januar 2012 ist er als Stipendiat in der Gruppe Berechnungen und numerische Simulation beschäftigt.

### **Gunbritt Schacke (27) ...**

... hat an der RWTH Aachen Rohstoffingenieurwesen studiert und 2012 mit dem M.Sc. abgeschlossen. Während ihres Studiums absolvierte sie verschiedene Praktika, z.B. bei der RAG, Bucyrus (DBT), Hoesch, Sandvik und AkzoNobel. Ihre Masterarbeit zum Thema „Numerische Untersuchungen zur Erschließung des Primärenergieeinsparungspotentials von KWK-Techno-

logien in der häuslichen Energieversorgung durch den Einsatz eines Akkumulators“ hat sie am OWI in der Abteilung Berechnungen und Simulation angefertigt. Seit November 2012 ist sie als Stipendiatin in der Abteilung Hochtemperaturtechnik beschäftigt.

## Neue Mitarbeiter

Im Jahr 2012 konnten neue Mitarbeiter gewonnen werden, die die offenen Positionen am OWI kompetent besetzen.

### **Dirk Beckers (34) ...**

... ist gelernter Fachinformatiker, Industriemechaniker und Techniker der Fachrichtung Maschinenbau. Nach seiner Ausbildung hat er unter anderem beim Fraunhofer Institut für Lasertechnik in Aachen in der Konstruktion gearbeitet. Am OWI ist er seit Oktober 2012 in der Konstruktion und Fertigung tätig. Dort arbeitet er an der Planung, Auslegung, Konstruktion und dem Aufbau von Prüfständen in den Forschungslaboren mit.

### **Georgios Dilgerakis (31) ...**

... hat 2010 sein Informatik-Studium als Diplom-Informatiker an der RWTH Aachen abgeschlossen. Seine Diplomarbeit beschäftigte sich mit der Automatentheorie, einem Bestandteil der theoretischen Informatik. Nach seinem Studium orientierte er sich in die praktische Informatik und arbeitete zunächst in der Systemintegration bei T-Systems International GmbH in Aachen. Im März 2012 begann er beim OWI seine Tätigkeit als Projektingenieur in der Steuerungsentwicklung.

### **Andreas Janissen (41) ...**

... ist gelernter Energieelektroniker der Fachrichtung Betriebstechnik. Zuletzt hat er mehrere Jahre als freiberuflicher Bauleiter in der Fördertechnik an verschiedenen deutschen Flughäfen gearbeitet. Am OWI ist er seit März 2012 als Elektriker dafür zuständig, die Stromversorgung des Laborbetriebs aufrecht zu erhalten und an den neu einzurichtenden Prüfständen aufzubauen.



## New doctoral candidates

At OWI, doctoral candidates have the opportunity to develop a scientific approach and to learn about various projects. This helps them to develop thematic ideas for their doctorate. This initial accustom phase offered by OWI generally lasts for twelve months and is, in principle, open to all doctoral candidates. The decision to award a doctoral candidacy is taken by OWI's doctoral candidate committee.

### **Sebastian Feldhoff (30) ...**

...completed his studies in "Machine and System Engineering" with a focus on "Energy and Process Technology" at the University of Duisburg-Essen with a diploma in December, 2010. He did his thesis work at the Fraunhofer Institute UMSICHT in Oberhausen. He then continued there as an employee for another half a year, working in different research projects for the optimisation of biogas systems and catalytic biogas preparation. Since January 1, 2012, he has been employed as a doctoral candidate in the Energy Source Department at the Oel-Waerme-Institut.

### **Elmar Pohl (29) ...**

... completed his studies at RWTH Aachen in November, 2011, with a diploma in Industrial Engineering. His thesis, which was based on work at OWI, focuses on the topic "Energy efficiency of cogeneration systems". Since January, 2012, he has been employed as a doctoral candidate in the Numerical Simulation team.

### **Gunbritt Schacke (27) ...**

... studied Raw Material Engineering at RWTH Aachen, completed M.Sc. in 2012. During her studies, she completed different practical projects, including at RAG, Bucyrus (DBT), Hoesch, Sandvik and AkzoNobel. Her master's thesis on "Numerical investigation of realising the primary energy savings potential of cogeneration technologies in household energy supply by use of an

accumulator" was completed at OWI in the Numerical Simulations team. Since November 2012, she has been employed as a doctoral candidate at the High-Temperature Technology team.

## New employees

In 2012 we were able to recruit competent new staff to fill the vacancies at OWI.

### **Dirk Beckers (34) ...**

... studied technical informatics, industrial mechanics and is a technician in the field of mechanical engineering. After obtaining his degree, he worked at the Fraunhofer Institute for Laser Technology in Aachen in the construction team. At OWI, he has been with the Design and Fabrication team since October, 2012. He works on planning, layout, design and construction of test benches in the research laboratories.

### **Georgios Dilgerakis (31) ...**

... completed his studies in 2010 as a graduate in computer science at RWTH Aachen. His thesis involved the theory of automata, a part of theoretical computer science. After his studies, he moved towards practical informatics, initially working in system integration at T-Systems International GmbH in Aachen. In March, 2012, he started working at OWI as a project engineer in the field of system control development.

### **Andreas Janissen (41) ...**

... studied power electronics with a major in Industrial Engineering. He last worked for several years as an independent construction foreman for conveyor systems at different German airports. He has been working as an electrician at OWI since March, 2012. He is responsible for keeping the power supply to the laboratories working and setting up new test benches.



## „Rote Laterne“ abgegeben

### OWI-Hotburner feierten ersten Sieg

Ein Sieg, zwei Unentschieden und zwei Niederlagen: Das ist die bisher beste Bilanz der OWI-Hotburner beim Spaß-Handballturnier des TV Weiden. Und die Ergebnisse reichten, um die bisher stets erhaltene „rote Laterne“ des Turnierletzten abzugeben. Bei der nunmehr vierten Turnierteilnahme trat wieder ein hoch motiviertes Hotburner-Team auf, das mit einem ehemals aktiven Handballer und vielen sportbegeisterten Handball-Laien die angereisten OWI-Fans überzeugte. Nicht nur ihr großes Engagement in den Spielen, sondern auch eine spielerisch und taktisch konsequente Einstellung der Mannschaft führte dann auch zum ersten Erfolg in der noch jungen Mannschaftsgeschichte.

Beim jährlich vom TV Weiden in Würselen veranstalteten Spaß-Handballturnier kommen Freizeitmannschaften zusammen, deren Teams hinsichtlich Alter, Geschlecht, sportlicher Aktivität und handballerischen Vorkenntnissen bunt gemischt sind. Diese Mischung, gepaart mit ein wenig Ehrgeiz aller Mannschaften, macht den Reiz des Turniers aus.

Die Überreichung der roten Laterne ist beim Spaß-Handballturnier stets mit einem Sachpreis in Form von Getränkemarken verbunden. Das Team war sich aber einig, dass das Bier nach Turnierende noch besser schmeckt, wenn man auch auf einen Sieg zurückblicken kann – auch wenn man das Getränk dann selbst bezahlen muss.

## "Red Lantern" ceded

### OWI Hotburner team celebrates its first victory

One win, two undecided and two defeats: this is the best scorecard yet for the OWI Hotburner team at the recreational handball tournament held by TV Weiden. These results were enough for them to relinquish the „red lantern“ awarded for final place in the tournament – for the first time. In their fourth participation in this tournament, the highly motivated Hot Burners team stepped up, exciting the OWI supporters who had shown up to watch one of their former active handball player and many enthusiastic handball amateurs. Both, their great dedication during the games, and also their playful and consistent tactical approach brought the team their first success in its short history.

The annual handball tournament held by TV Weiden in Würselen brings recreational teams together with an eclectic mixture of age, gender, sports acumen and existing handball know-how. This mix, together with a little ambition on the part of all teams, makes the tournament a hit every year.

The passing of the red lantern at the recreational handball tournament is always accompanied with a prize in the form of drink coupons. The team agreed that the beer tastes better at the end of the tournament looking back on a victory – even though you have to pay for the drink yourself.



## Betriebsausflug

### Rur-Rafting schweißt zusammen

Nach dem gemeinsamen Frühstück am OWI ging es zu einer Rafting-Tour auf einem nahe gelegenen fließenden Gewässer, der Rur. Ein Bustransfer brachte die OWI-Belegschaft in die Nähe des Startpunktes. Bis zum Ausgangslager der Rafting-Tour war noch eine 30-minütige Wanderung entlang der Rur zurückzulegen. Die Abenteuerlustigen wurden nach einer ausführlichen Einweisung in die Bootstechnik und die Besonderheiten des Flussabschnitts auf 6 Schlauch-boote à 10 Ruderer aufgeteilt.

Die etwa 10 Kilometer lange Fahrt begann mit einer zunächst harmlosen Eingewöhnung in die Handhabung von Boot und Rudern sowie Koordinations- und Steuerungsübungen. Zahlreiche Untiefen, Stromschnellen und Wehre mussten geschickt gemeistert werden. Wer auf Grund lief, durfte aussteigen und schieben. Schon bald erwachte in einigen Booten der Ehrgeiz und es entwickelte sich ein eigentlich gar nicht ausgelobter Wer-wird-Erster-Wettbewerb. Die harten Positionskämpfe zwischen den Booten führten im Laufe der Fahrt zu wilden Wasserschlachten, bei denen kein Auge und erst recht kein Kleidungsstück trocken blieb. Nach rund 90 Minuten erreichte auch das letzte Bootsteam abgekämpft, nass und gutgelaunt das Ziel. Die anschließende Wartezeit auf den Bus für den Rücktransfer wurde zwar durchnässt, aber tapfer mit einem Zwischensnack überwunden. Zurück am OWI gab es dann ein reichhaltiges Barbecue bei strahlendem Sonnenschein. Den langen Tag rundete ein Public Viewing des Europameisterschaftsspieles Deutschland gegen Griechenland ab. Gewinner: Deutschland ... ein perfekter Abschluss.

## Company outing

### Rur rafting binds together

After a shared breakfast at OWI, they were off to a rafting tour on the nearby river, the Rur. A bus transfer brought the OWI group close to their starting point. There still was a 30 minute hike along the Rur to get to the starting point of the rafting tour. The adventurers were given a detailed instruction on boating techniques and a brief description of the river, after which they were divided among six inflatable rafts in groups of ten.

The trip, about 10 kilometres long, started with an initially harmless familiarisation of handling the raft and paddles along with coordination and steering practice. There were numerous shallows, rapids and embankments to master. Anybody who ran aground had to get out and push. Soon, some of the raft teams got really ambitious and a competition developed between the teams. The winner, however, was never really explicitly declared. The fight for position among the rafts led to wild water fights over the course of the tour, leaving no eye – and especially no piece of clothing – dry. After about 90 minutes, the last raft team arrived at the destination, battle-weary, wet and laughing. The wait for the bus for the trip back was somewhat moist, but a snack allowed everyone to get through it bravely. Back at the OWI, there was an elaborate barbecue in the bright sunshine. A public viewing of the European Cup game between Germany and Greece rounded off the long day. The winner: Germany ... a perfect end.



Jahresbericht  
Annual Report

**2012**

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