



an der **RWTH Aachen**

Tätigkeitsbericht

**2016/17**

Themenschwerpunkt

Forschung für Mobilität und Wärme  
Future Fuels  
und effiziente Technik

Innovationen für mehr  
Klimaschutz

**Öl weiter  
denken.**

Das Institut für Wärme und Oeltechnik (IWO) und seine Tochtergesellschaften, die Oel-Waerme-Institut gGmbH und die TEC4FUELS GmbH, arbeiten gemeinsam an zukunftsfähigen Lösungen für die Energiewende.

#### **Institut für Wärme und Oeltechnik e.V.**

Das Institut für Wärme und Oeltechnik e. V. (IWO) ist eine Einrichtung der deutschen Mineralölwirtschaft. Finanziert wird das IWO durch Unternehmen der Mineralölindustrie und des Mineralölaufen- und -Großhandels. Namhafte Hersteller von Heizgeräten und Komponenten sowie weitere Institutionen und Verbände begleiten die Arbeit von IWO als Fördermitglieder.

Die Verbreitung effizienter und emissionsarmer Heiztechnik im Interesse des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung – mit diesem Ziel ist IWO im Wärmemarkt tätig. Wir setzen uns dafür ein, dass die Vorteile des Energieträgers Heizöl langfristig im Wärmemarkt genutzt werden können und unterstützen die Forschungsaktivitäten zur Weiterentwicklung flüssiger Energieträger unter anderem mit Zuwendungen an das OWI.

Mehr auf [www.zukunftsheizen.de](http://www.zukunftsheizen.de)

#### **TEC4FUELS GmbH**

Die TEC4FUELS GmbH ist ein technischer Dienstleister, der in der Forschung und Entwicklung zu technischen Produkten, Systemen und Energieträgern und deren Anwendung im Energiemarkt für Brenn-, Kraft-, Treib- und Schmierstoffe aktiv ist. Hierzu gehört auch das Testing der Einsatzfähigkeit und Performance in der Praxis. Darüber hinaus werden damit verbundene Beratungs- und sonstige Dienstleistungen angeboten.

Mehr auf [www.tec4fuels.com](http://www.tec4fuels.com)

#### **OWI Oel-Waerme-Institut gGmbH**

Das OWI ist eine unabhängige und gemeinnützige Forschungseinrichtung. In Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung forscht und entwickelt das OWI Konzepte und Technologien auf den Gebieten der energieeffizienten Nutzung flüssiger konventioneller und alternativer Brenn- und Kraftstoffe sowie innovativer Effizienztechnologien. Das Ziel sind technisch ausgereifte, treibhausgas- und emissionsarme Lösungen für die Wärmeerzeugung und Mobilität von Morgen. Das OWI ist ein An-Institut der RWTH Aachen und versteht sich als Mittler zwischen Grundlagenforschung und Anwendung.

Mehr auf [www.owi-aachen.de](http://www.owi-aachen.de)



Tätigkeitsbericht

**2016/17**



## Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

Technologieoffenheit ist ein wichtiger Faktor zur Erreichung der Ziele der Energiewende. Die Deutsche Energieagentur (dena) kommt in ihrer Leitstudie „Integrierte Energiewende“ zu dem Ergebnis, dass ein künftiger, breiter Technologiemarkt deutlich günstiger und robuster ist als Szenarien, die ausschließlich auf die Elektrifizierung setzen. Ausdrücklich heißt es, dass in allen untersuchten Szenarien das Erreichen der Klimaschutzziele nur mithilfe synthetischer Brenn- und Kraftstoffe auf Basis erneuerbarer Rohstoffe möglich sei. Die Einschätzung, dass die Klimaschutzziele mit CO<sub>2</sub>-neutralen flüssigen Brenn- und Kraftstoffen zu bezahlbaren Kosten erreichbar seien, bestätigen auch die ersten Ergebnisse einer Studie der Prognos AG zur Zukunft der Energiewende. E-Fuels können demzufolge in herkömmlichen Motoren und Heizungen eingesetzt werden und eignen sich für den Bestand der rund 63 Millionen Fahrzeuge und 5,6 Millionen Ölheizungen in Deutschland.

Im Hinblick auf klima- und umweltschonende Mobilität und Raumwärme ist das OWI mit seinen über viele Jahre aufgebauten Kompetenzen im Bereich zukunftsfähiger flüssiger Brenn- und Kraftstoffe sehr gut aufgestellt. Wir verzeichneten 2016 und 2017 deutlich gestiegene Fördermittel in diesem Themenbereich und erwarten auch 2018 die Bewilligung wichtiger neuer Forschungsprojekte. Den Grund dafür sehen wir in unserer strategischen Ausrichtung auf Future Fuels mit reduziertem Treibhausgaspotenzial, wie zum Beispiel sogenannte E-Fuels oder Synfuels, sowie deren Einsatz in modernen Verbrennungs- und Motorentechnologien.



Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am OWI zielen dabei auf die Erhöhung der Betriebssicherheit und Effizienz moderner Geräte- und Motorentechnologien bei steigenden Beimischquoten sowie bei reiner Verwendung von Future Fuels. Auch die Lebensdauer technischer Bauteile ist hier ein wichtiger Aspekt ebenso wie die Reduzierung der lokalen Abgasemissionen. Dafür entwickeln wir Fit for Purpose-Testverfahren, die das komplexe Wechselspiel herkömmlicher und neuer Kraftstoffe mit Anwendungstechnologien schnell und kostengünstig darstellen können. Mit diesen Methoden begleiten wir Future Fuels und Anwendungstechnologien bis zur technischen Reife und schaffen damit eine Basis für ihre Marktfähigkeit.

Unsere Forschungsaktivitäten möchten wir noch weiter in den Blick der Industrie rücken. Daher haben wir aus mehr als 10 aktuellen öffentlichen Forschungsprojekten im Jahre 2017 den Forschungscluster „Future Fuels“ gebildet. Die Projekte umfassen sowohl Fragestellungen rund um zukünftige Brennstoffe, insbesondere deren Handhabung und Lagerung (fuel handling), als auch die Anwendbarkeit in modernen Effizienztechnologien. Der „Forschungscluster Future Fuels“ identifiziert somit auch das Potenzial, über das flüssige CO<sub>2</sub>-neutrale Brennstoffe bei der Umsetzung der Energiewende verfügen.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

David Diarra

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	6
Schwerpunktthema: Future Fuels	
<i>Energiewende mit CO<sub>2</sub>-neutralen flüssigen Brenn- und Kraftstoffen</i>	8
<i>Future Fuels – ein OWI-Forschungscluster mit Zukunft</i>	12
<i>Unsere Sponsoren und Fördermitglieder</i>	15
<i>Innovationshaus zeigt Zukunftsperspektiven für Ölheizungen</i> <i>Gastbeitrag von Christian Halper und Rainer Stangl</i>	16
Projekte	
<b><u>Alternative Brenn- und Kraftstoffe</u></b>	
<i>Bioöle aus Rest- und Abfallstoffen –</i> <i>Neue flüssige Brennstoffe für den Hauswärmemarkt?</i>	20
<i>Heizen mit Pyrolyseöl aus Restbiomasse hat Potenzial –</i> <i>Deutlich geringere Treibhausgasemissionen und Ascherecycling sind möglich</i>	22
<i>Hybride Mobilität –</i> <i>Weiterentwicklung von Kraftstoffen für den Einsatz in Plug-in-Hybridfahrzeugen</i>	24
<i>Fit für mehr „Bio“ im Kraftstoff –</i> <i>Wechselwirkungen mit technischen Bauteilen untersucht</i>	25
<i>Pflanzenöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft –</i> <i>Ertüchtigung von Traktoren für Multi-Fuel-Einsatz</i>	26
<b><u>Methodenentwicklung</u></b>	
<i>Ursachenanalyse innerer Ablagerungen an Dieselinjektoren –</i> <i>Entwicklung eines kostengünstigen Screening-Tests</i>	28
<b><u>Energietechnik für flüssige Brenn- und Kraftstoffe</u></b>	
<i>Biogasmotor für Blockheizkraftwerke wird optimiert –</i> <i>Stromausbeute soll steigen</i>	30
<i>Erfolgreiche Inbetriebnahme –</i> <i>Brennstoffzellensystem für Schiffe produziert Strom</i>	32
<i>Biogene Kraftstoffe flexibel nutzen –</i> <i>Multi-Fuel-Brenngaserzeuger für BHKWs in Entwicklung</i>	33
<i>Neue Brennstoffzellen-KWK-Generation entwickelt –</i> <i>EU-Forschungsprojekt erfolgreich abgeschlossen</i>	34

## Industrieofenbau

<i>Wirtschaftlichkeit von Industrieöfen erhöhen – Berechnungsmethodik könnte künftig die Lebensdauer metallischer Bauteile bewerten</i>	36
<i>FLOX-Brenner für flüssige Brennstoffe entwickelt – Effizienter und wirtschaftlicher Betrieb von Industrieöfen</i>	37

## Wissenschaft am OWI

<i>Wissenschaft am OWI Erfolgreich durch Anbindung an RWTH Aachen</i>	38
<i>IGCS Winter School 2016 – Flüssige Biokraftstoffe nachhaltig produzieren und einsetzen</i>	41
<i>Vorträge und Veröffentlichungen</i>	42
<i>Diplom-, Master-, Bachelor- und Studienarbeiten</i>	46

Impressum	47
-----------	----



*Prüfstand zum Test der Interaktion von In-Tank-Pumpen mit unterschiedlichen Kraftstoffen. OWI erforscht und entwickelt die Methoden und Prüfstände und TEC4FUELS baut sie zu Dienstleistungen für die Industrie aus.*

## Energiewende mit CO<sub>2</sub>-neutralen flüssigen Brenn- und Kraftstoffen

*Anwendungsnahe Testverfahren des OWI unterstützen die Einführung CO<sub>2</sub>-reduzierter Fuels*

Flüssige treibhausgasreduzierte Brenn- und Kraftstoffe sind ein wichtiger Baustein für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende. Sie können dazu beitragen, den Energiebedarf in Bereichen zu decken, in denen die Elektrifizierung mit erneuerbarem Strom (noch) nicht praktikabel, bezahlbar oder versorgungssicher ist. Die Forschung des OWI trägt dazu bei, Future Fuels und Anwendungstechnologien zur technischen Reife zu führen.

Um die im Pariser Klimaschutzabkommen international vereinbarte Begrenzung der Erderwärmung auf 2° Celsius zu erreichen, müssen global große Anstrengungen unternommen werden. Die im deutschen Klimaschutzplan 2050 vorgelegten Maßnahmen setzen auf die Elektrifizierung weiter Bereiche der Energieversorgung, vor allem in den Bereichen Mobilität und Raumwärme. „Ergänzend zur angestrebten Elektrifizierung weiter Teile der Energieversorgung müssen neue flüssige treibhausgasgeminderte Brenn- und Kraftstoffe ein wichtiger Baustein der Energiewende werden“, sagt David Diarra, Geschäftsführer der OWI Oel-Waerme-Institut gGmbH. „Denn es gibt Anwendungen zum Beispiel im Flugverkehr, Schwerlastverkehr, Bauwesen und in der Schifffahrt, in denen die Elektrifizierung der Antriebe auf absehbare Zeit keine realistische Alternative sein wird.“ Treibhausgasreduzierte flüssige Kraftstoffe haben eine wesentlich höhere Energiedichte als Batterien und ermöglichen damit weitaus größere Reichweiten, die Transporte über längere Strecken erst praktikabel machen. Auch für eine versorgungssichere

und bezahlbare Wärmewende könnten sie eine wichtige Rolle spielen, indem sie mit zunehmender Verfügbarkeit konventionelles Heizöl sukzessive ersetzen. Der „Forschungsradar“ des Instituts für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO) gibt einen guten Überblick über aktuelle Forschungs- und Demonstrationsprojekte zu alternativen, flüssigen Energieträgern in Deutschland (Internetadresse: [www.zukunftsheizen.de/oel-weiter-denken/brennstoffe-der-zukunft/forschungsradar-karte.html](http://www.zukunftsheizen.de/oel-weiter-denken/brennstoffe-der-zukunft/forschungsradar-karte.html))

### *Zunehmende Vielfalt alternativer, flüssiger Energieträger*

Es gibt unterschiedliche „Pfade“ zur Herstellung solcher regenerativen, flüssigen Energieträger. Da ist zunächst der Biomasse-Pfad, der als „Biomass-to-Liquids“ oder BtL bezeichnet wird. Hier wird die Herstellung von Brennstoffen aus Abfällen und Reststoffen biogener Herkunft untersucht, also zum Beispiel aus landwirtschaftlichen Pflanzenresten, wie zum Beispiel Stroh oder forstwirtschaftlichem Restholz. Das OWI erforscht beispielsweise in einem Forschungsprojekt der EU gemeinsam mit internationalen Partnern die Verwendung von Pyrolyseöl auf Basis von Holzresten in Ölheizungen (siehe Seite 22 in diesem Bericht). Die Verwendung dieser Sekundärrohstoffe ist deutlich klimaschonender, bedarf aber komplexer technischer Verfahren und Produktionsanlagen. Ein weiteres Beispiel am OWI ist derzeit die Herstellung und der Einsatz von hydrierten Fetten und Ölen, die etwa auch aus Altspesefetten herstellbar sind. Dabei entsteht aus „Frittenfett“ qualitativ hochwertiges hydriertes Bioöl, dessen Eignung für den Einsatz in Ölheizungen untersucht wird (siehe Seite 20 in diesem Bericht).

Ein anderer wichtiger Pfad ist „Power-to-Liquids“, kurz PtL. Hierbei wird Strom aus erneuerbaren Quellen wie Sonne oder Wind für die Elektrolyse eingesetzt, die Wasser in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff aufspaltet. Anschließend wird der Wasserstoff chemisch an Kohlenstoff gebunden, der zum Beispiel aus den genannten landwirtschaftlichen Reststoffen entnommen werden kann, aus der Umgebungsluft oder aus Industrieabgasen. Die Verbindung von Wasserstoff und Kohlenstoff zu langen Molekülketten führt zu einem synthetischen flüssigen Energieträger, der vergleichbare Eigenschaften wie konventionelle technische Brenn- und Kraftstoffe aufweist.

„Es sind teilweise noch umfassende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erforderlich, um zukünftige CO<sub>2</sub>-neutrale Brenn- und Kraftstoffe zur technischen Reife zu bringen“, erklärt David Diarra. Dabei ist es einerseits wichtig, die Herstellungsverfahren weiter zu optimieren, und andererseits die Kompatibilität der neuen Kraftstoffe mit technischen Systemen im Bestand sicherzustellen. Die anwendungsnahe Forschung des OWI untersucht, wie sich Brenn- und Kraftstoffe im Zusammenspiel mit technischen Komponenten und im System unter realitätsnahen Einsatzbedingungen verhalten, und entwickelt sie weiter bis zur technischen Reife. Damit wird sichergestellt, dass Entwickler keine Überraschungen bei Markteinführungen erleben. Wer mit einem neuen Fuel, einem Bauteil oder System in einen Feld- bzw. Flottentest oder gar in den Markt geht, braucht maximale Betriebssicherheit.

Darüber hinaus müssen sich neue flüssige Energieträger unter anderem auszeichnen durch

- ein Treibhausgasreduzierungs-potenzial, das den Anforderungen der in der politischen Abstimmung befindlichen Renewable Energy Directive (RED II) der Europäischen Union entspricht,
- verfügbare und technisch wie gesellschaftlich akzeptierte Rohstoffquellen für ihre Herstellung
- und Kombinier- und Mischbarkeit mit konventionellen und alternativen Fuels.

*OWI untersucht das Zusammenspiel unterschiedlicher Kraftstoffe mit technischen Komponenten unter realitätsnahen Einsatzbedingungen.*

### *OWI entwickelt „Fit for Purpose“-Testverfahren für Fuels und technische Komponenten*

Das klassische Testing betrachtet einerseits die Fuels und andererseits die Bauteile, aber oft steht das komplexe Wechselspiel von Fuels und Technologien/ Systemen, deren Kompatibilität keine Selbstverständlichkeit ist, nicht im Fokus der Untersuchungen. Teilweise mangelt es auch an schnellen und kostengünstigen Testverfahren. Darum entwickelt OWI anwendungsnahe „Fit for Purpose“-Testverfahren, die im Labor reale Einsatzbedingungen nachbilden und klassische Testmethoden ergänzen. Dies umfasst:

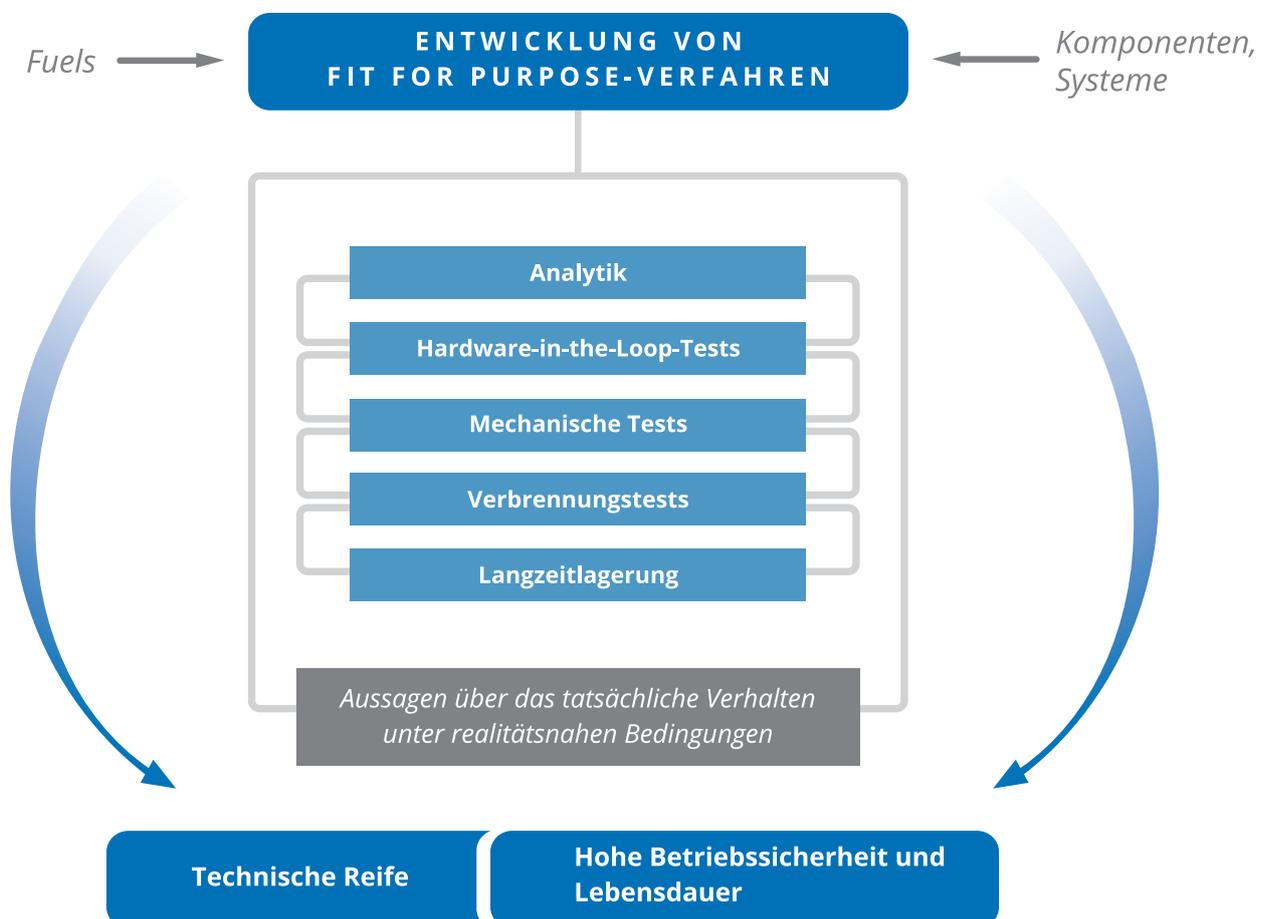
- Erforschung von Ursache-Wirkung-Zusammenhängen bei der Interaktion von Kraftstoffen und technischen Komponenten
- Entwicklung von Methoden, Testverfahren und Prüfständen für Fuels und technische Komponenten (Identifikation von Ablagerungen, Materialverschleiß, etc.)
- Verbrennungstests und Langzeitlagerungsversuche



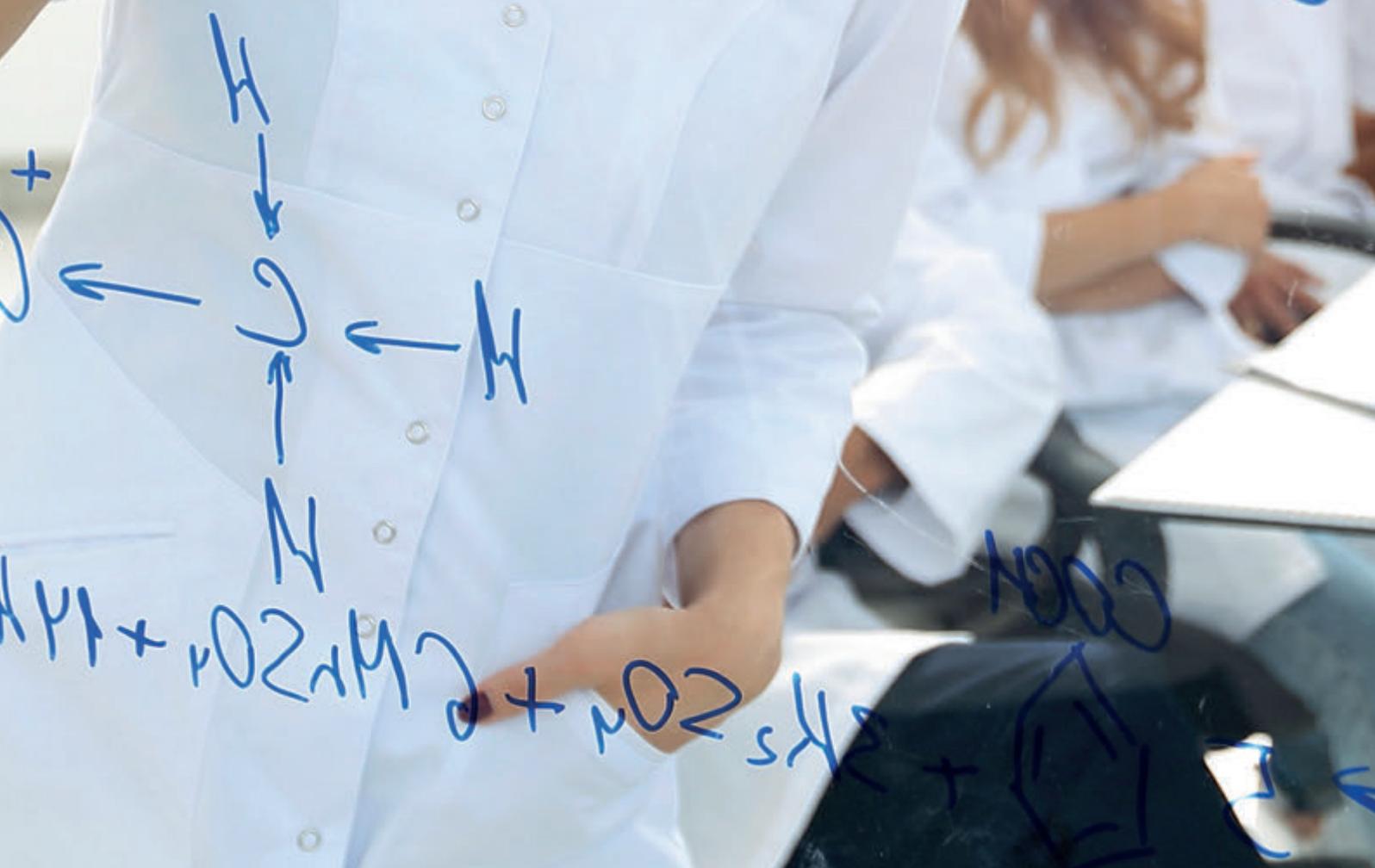
Daraus ergeben sich valide Aussagen über das tatsächliche Verhalten von Kraftstoffen, Additiven, Bauteilen und gesamter Systeme unter anwendungsnahen Bedingungen, die beispielsweise fuel- und materialbedingte Risiken offenlegen. Am OWI entwickelte Testverfahren sind beispielsweise der Schnelltest für Dieselinjektoren (ENIAK) und der ATES-FUELS-Test, mit dem die Kompatibilität von Mitteldestillaten und Heizungsbauteilen untersucht werden können. Die Erkenntnisse aus der Anwendung der Prüfmethode bieten wichtige Entscheidungsgrundlagen für die Produktentwicklung. Sie führen letztlich zu einer hohen Betriebssicherheit und Lebensdauer von technischen Komponenten.

Insgesamt schafft OWI mit der Verbindung von Forschungsaktivitäten im Fuels-Bereich und in der Anwendungstechnik die erforderlichen Grundlagen für die technische Reife künftiger Brenn- und Kraftstoffe sowie technischer Komponenten und Systeme. „Das dazu am OWI vorhandene wissenschaftliche Know-how in den Bereichen Brenn-, Kraft- und Schmierstoffe, Verbrennungstechnik, Energiesystemtechnik, Hochtemperaturtechnik, Materialwissenschaften und numerische Simulationen ist in dieser Kombination einzigartig in Europa“, erklärt David Diarra. „OWI unterstützt mit seiner Forschung gleichermaßen die Mineralölwirtschaft sowie die Hersteller im Bereich der Anwendungstechnik für Wärme und Mobilität, zu denen die Heizgeräte- und Komponentenhersteller ebenso wie die Automobilindustrie und Automobilzulieferer gehören.“

*OWI entwickelt anwendungsnahe Fit for Purpose-Testverfahren, die im Labor reale Einsatzbedingungen nachbilden.*



OWI hat seine Forschungsaktivitäten in einem "Forschungscluster Future Fuels" zusammengefasst.  
Foto: Edhar - fotolia.com



# Future Fuels

## Ein OWI-Forschungscluster mit Zukunft

Die herausfordernden Ziele der Bundesregierung hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Einsparung bis zum Jahr 2050 haben zur Folge, dass bereits heute über alternative Energieträger aus regenerativen Rohstoffen nachgedacht wird. Dies gilt insbesondere auch für flüssige Energieträger, an die aufgrund der sehr fortgeschrittenen Technologien und der strengen Emissionsrichtlinien im Mobilitäts- und Raumwärmesektor besonders hohe Ansprüche gestellt werden. Aus der zunehmenden Vielfalt neuer flüssiger Brenn- und Kraftstoffe ergibt sich ein wachsender Forschungs- und Entwicklungsbedarf. OWI hat dies bereits vor einigen Jahren erkannt und einen Forschungsschwerpunkt auf die Erschließung alternativer flüssiger Brenn- und Kraftstoffe für die zukünftige Energieversorgung gelegt. Gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Industrie arbeitet OWI in schwerpunktmäßig öffentlich geförderten Forschungsprojekten an Lösungen, die einen Beitrag flüssiger Energieträger zur Energiewende ermöglichen. Gegenstand aktueller Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist neben den Brenn- und Kraftstoffen selbst auch die Entwicklung von Effizienztechnologien für deren Nutzung. Die Forschungsaktivitäten hat OWI 2017 in einem „Forschungscluster Future Fuels“ zusammengefasst.

Die Projekte innerhalb des Clusters lassen sich in zwei Bereiche unterteilen:

- Moderne Technologien und Verbrennungskonzepte
- Einsatz treibhausgasreduzierter Brenn- und Kraftstoffe

Der Forschungscluster Future Fuels umfasst nach derzeitigem Stand 12 Einzelprojekte für die Jahre 2016 bis 2020 mit einem Projektvolumen von rund 6,1 Millionen Euro. Im Folgenden stellen wir einige der wichtigsten Projekte kurz vor. Nähere Informationen zum Cluster

und den aktuellen Projekten finden Interessierte auf der OWI-Homepage: <https://www.owi-aachen.de>.

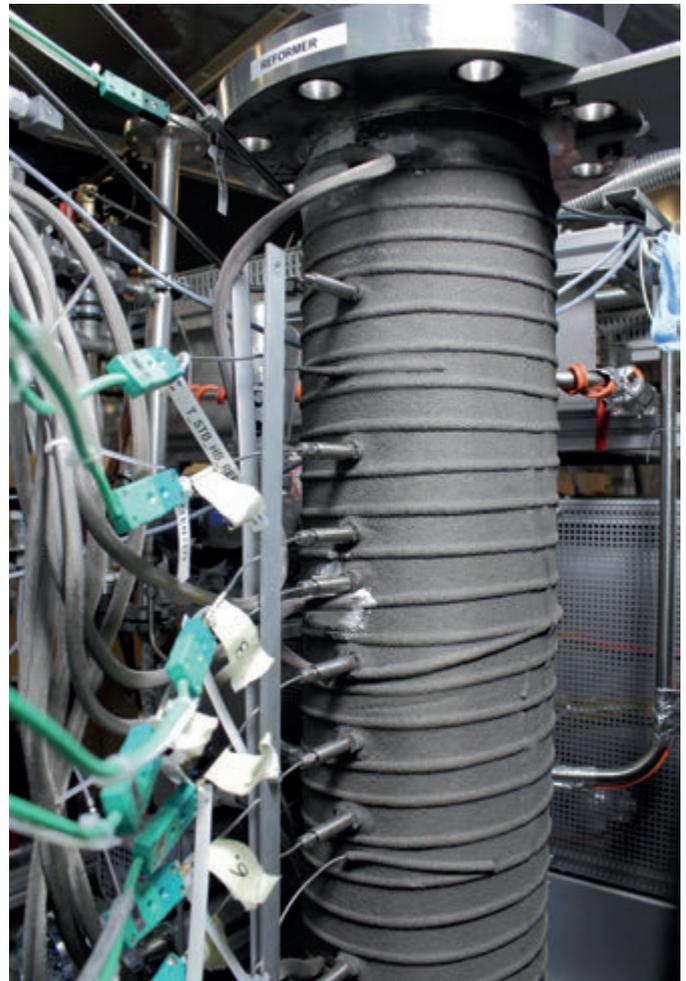
### 1. Moderne Technologien und Verbrennungskonzepte

- *SchIBZ – SchiffsIntegration Brennstoffzelle:* Entwicklung eines SOFC-Brennstoffzellen-Stromaggregats für den Einsatz auf seegehenden Schiffen. Besonderheit: Der Wasserstoff wird aus Dieselkraftstoff erzeugt. SchIBZ ist ein Leuchtturmprojekt der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Die Entwicklungsarbeiten wurden bereits im Jahr 2011 begonnen und konnten im Jahr 2016 erfolgreich mit der Inbetriebnahme eines Prototypen beendet werden. In den Nachfolgeprojekten SchIBZ 2 (seit 2017) und Multi-SchIBZ (geplant ab 2018) werden die Arbeiten fortgesetzt. Ziel ist hierbei der Betrieb der Prototypen an Bord sowie die Fortentwicklung der Komponenten bis hin zur industriellen Reife.
- *Erzeugung von Wasserstoff aus flüssigen und gasförmigen Brennstoffen (Reformierung):* Dabei handelt es sich um eine Möglichkeit, alternative und auch höchst unterschiedliche neue Energieträger in bestehenden Effizienztechnologien zu nutzen. Bei der Reformierung werden die Brennstoffe in die Grundbestandteile Wasserstoff und Kohlenstoff zerlegt und das so erzeugte Synthesegas einem Prozess zur Energiewandlung, zum Beispiel einem Verbrennungsmotor, zugeführt. Die hierfür notwendigen Verfahren und Apparate (Reformer) werden beispielsweise im Forschungsprojekt „H2-Vario“ entwickelt. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Verwendung flüssiger CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger. Zwei weitere Projekte

beschäftigen sich mit der Nutzung von Abwärme aus Verbrennungsabgasen von Blockheizkraftwerken (BHKWs) kleiner Leistung durch Reformierungsverfahren. Ziel ist die Steigerung der elektrischen Effizienz von BHKWs mit Biogasmotoren.

## 2. Einsatz treibhausgasreduzierter Brenn- und Kraftstoffe

- *Kraftstoffe für Plugin Hybrid Electrical Vehicles (PHEV):*  
Untersuchung der Wechselwirkungen von Kraftstoffen und kraftstoffführenden Komponenten in Hybridfahrzeugen bei Verweilzeiten der Kraftstoffe von bis zu 6 Monaten im Tank
- *Residue2Heat – Reststoffe zu Wärme wandeln:*  
Projekt zur nachhaltigen Aufbereitung unterschiedlicher Ströme von Biomasse-Reststoffen aus Land- und Forstwirtschaft für die Nutzung zur Wärmeerzeugung
- *Hydriertes Bioöl (HBO) für den Wärmemarkt:*  
Untersuchung der Herstellung von hydrierten Bioölen auf Basis von biogenen Reststoffen und ihrer anwendungstechnischen Eignung als Brennstoffe für den Wärmemarkt
- *Einsatz von Dieselinjektoren mit alternativen Brennstoffen:*  
Methodenentwicklung und Analyse  
Injektoren für Dieselmotoren sind hochkomplexe Bauteile, deren einwandfreie Funktion Voraussetzung für eine schadstoffarme und effiziente Verbrennung ist. Im IGF-Forschungsprojekt „ENIAK 2“ – werden die Ursachen innerer Ablagerungen an Dieselinjektoren untersucht. Hierfür wird ein nichtmotorisches Analyseverfahren entwickelt, das im Rahmen der No-Harm Anforderung an Kraftstoffadditive als Prüfkriterium für die Bildung von Ablagerungen unter verschiedenen technischen Bedingungen in Einspritzsystemen für Dieselmotoren eingeführt werden könnte. Im parallel durchgeführten FNR-Forschungsprojekt „SaveBio – Einsatz von Pflanzenöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft“ steht die Ertüchtigung von Landmaschinen für den Multi-Fuel-Einsatz im Mittelpunkt. Es werden Strategien zur Vermeidung von Ablagerungen an Dieselinjektoren erarbeitet.



Im OWI-Labor: Dampfreformer für die Wandlung von Diesel in Wasserstoff.

- *Einsatz von Brennstoffen mit regenerativen Anteilen in modernen Heizungstechnologien:*  
Biogene Brennstoffe weisen ein anderes Alterungsverhalten auf als konventionelle fossile Brennstoffe. Zur Aufklärung dieses Phänomens werden Untersuchungen zur Vermeidung von höhermolekularen Alterungsprodukten in Mitteldestillaten mit biogenen Komponenten unter anwendungstechnischen Randbedingungen durchgeführt. Die Arbeiten werden ergänzt durch die Entwicklung einer Prüfmethode zur Bewertung der Material-Beständigkeit von Bauteilen in Mitteldestillatanwendungen. Sie ermöglicht Schnelltests für Heizungskomponenten unter anwendungsnahen Bedingungen.

# Unsere Sponsoren und Fördermitglieder

Die OWI Oel-Waerme-Institut gGmbH ist eine gemeinnützige und unabhängige Forschungseinrichtung, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, Forschung im Bereich der flüssigen Brenn- und Kraftstoffe und angewandter Technologien zu betreiben. Hierfür werben wir erfolgreich öffentliche Fördermittel ein und erforschen Fragestellungen, die aus der Mineralölbranche sowie der Automobil- und Heizgeräteindustrie an uns herangetragen werden. Zusätzlich sind wir auf Zuwendungen und Spenden angewiesen.



An dieser Stelle bedanken wir uns bei dem Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO) für seine großzügige finanzielle Unterstützung sowie bei unseren Sponsoren und unseren Fördermitgliedern. Sie unterstützen unsere Tätigkeiten teils finanziell und stehen uns in vielen Bereichen beratend zur Seite. Viele unserer Unterstützer sind auch als Forschungspartner oder projektbegleitende Ausschussmitglieder in den Forschungsprojekten engagiert, die das OWI durchführt.



*AVIA sponsort die Forschungsaktivitäten des OWI*

AVIA ist ein Verbund von 33 mittelständischen Unternehmen der Energiewirtschaft. Als Dachgesellschaft bündelt die AVIA AG in Deutschland unter anderem den Einkauf einer breiten Palette an Mineralölprodukten, Brennstoffen und Energie für ihre Mitglieder. Zum Produktportfolio zählen die Lieferung von Schmierstoffen, Brennstoffen, Erdgas, Strom und Pellets an Privat- und Gewerbekunden sowie der Betrieb von Windkraftanlagen in mehreren Tochterunternehmen. Unter der Marke AVIA werden in Deutschland mehr als 800 Tankstellen betrieben. Ziel der AVIA AG ist es, sich aus der Energiewende ergebende Chancen zu identifizieren und dabei den Stellenwert innovativer Kraft- und Schmierstoffe in weiterführenden Entwicklungsstadien frühzeitig erkennen zu können. Dabei ermöglicht die Kooperation mit dem OWI Oel-Waerme-Institut AVIA die Gewinnung wichtiger Informationen über den wissenschaftlichen Fortschritt bei der Herstellung und Verwendung zukunftsfähiger, treibhausgasarmer flüssiger Brenn- und Kraftstoffe.

## Fördermitglieder



AFTON Chemical GmbH  
 Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e. V.  
 ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH  
 Bosch Thermotechnik GmbH  
 Bundesverband Lagerbehälter e.V.  
 Cedicol vzw, Voorlichtingscentrum voor Vloeibare Brandstoffen  
 CETIAT – Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques  
 Chimec GmbH  
 DANFOSS A/S Burner Components Division  
 DEHOUST GmbH  
 Eberspächer Climate Control Systems GmbH & Co. KG  
 Enertech GmbH Division GIERSCH  
 ERC Emission-Reduzierungs-Concept GmbH  
 EVUP Erdöl-Vereinigung  
 GMA – Gesellschaft für Mineralöl-Analytik und Qualitätsmanagement mbH + Co. KG  
 GOK Regler- und Armaturen- Gesellschaft mbH & Co. KG  
 Hovalwerk AG  
 INNOSPEC Fuel Specialties  
 Körting Hannover AG  
 Laudon GmbH & Co. KG  
 Max Weishaupt GmbH  
 MEKU Energie Systeme GmbH & Co. KG  
 NORA National Oilheat Research Alliance  
 OMV Refining & Marketing GmbH  
 ROTEX Heating Systems GmbH  
 SCHEER Heizsysteme & Produktionstechnik GmbH  
 Schiedel GmbH & Co. KG  
 Siemens AG – Infrastructure & Cities  
 Vaillant GmbH & Co. KG  
 Viessmann Werke GmbH & Co. KG  
 Webasto AG, Global Comfort Solutions



## Innovationshaus zeigt Zukunftsperspektive für Ölheizungen

Christian Halper und Rainer Stangl  
Institut für Wärme und Oeltechnik e. V. (IWO)

Im nordhessischen Wolfhagen hat die Zukunft der Energiewende bereits begonnen. Im Rahmen eines Modellvorhabens wurde dort ein 25 Jahre altes Einfamilienhaus mit wegweisender Gebäude- und Heiztechnik in ein bislang einmaliges Innovationshaus umgewandelt.

*Das Gebäude wurde auch mit einer PV-Anlage ausgestattet.*

Foto: IWO



Mit dem Begriff Energiewende verband sich bisher vor allem der Aufbau der regenerativen Stromproduktion. Doch eine rein elektrische Energieversorgung dürfte bundesweit auch in Zukunft unrealistisch sein. Denn erneuerbar erzeugter Strom hat am heutigen Energieverbrauch von Strom, Wärme und Verkehr einen Anteil von nur acht Prozent. Der für eine rein elektrische Versorgung erforderliche Ausbau der Erzeugungskapazitäten lässt sich daher kaum in einem angemessenen Zeit- und Kostenrahmen umsetzen. Auch das erste Zwischenfazit der Leitstudie „Integrierte Energiewende“ der Deutschen Energieagentur (dena) zeigt, dass künftig ein Technologiemix deutlich günstiger wäre als Szenarien, die einen hohen Grad an Elektrifizierung vorsehen.

20 Millionen Menschen beziehen hierzulande ihre Wärme aus Heizöl. Die meisten Ölheizungen befinden sich in Ein- und Zweifamilienhäusern im ländlichen Raum. Technisch sinnvolle und bezahlbare Alternativen stehen dort oft nicht zur Verfügung. Für Hauseigentümer mit einer Ölheizung ist die Sanierung mit Öl-Brennwerttechnik daher meist der günstigste Einstieg in die Energiewende. So können Treibhausgasemissionen bereits um bis zu 30 Prozent gesenkt werden. Zugleich sind die Gebäude damit gut für die Zukunft gerüstet: Öl-Brennwertheizungen sind ideale Partner für erneuerbare Energien wie Solaranlagen oder Holzkaminöfen. Solche Hybridheizungen erhöhen den Anteil erneuerbar erzeugter Energie im Wärmebereich, ohne dass die Versorgungssicherheit zum Problem wird. Denn immer dann, wenn die Erneuerbaren nicht genug Energie liefern, steht das im hauseigenen Tank gespeicherte Heizöl zuverlässig zur Verfügung.

Mit Power-to-Heat (PtH) ist technisch auch die Einbindung von erneuerbar erzeugtem Strom in die Wärmeversorgung möglich. Hybridheizungen, die in der Lage sind, Strom oder Heizöl zur Wärmeerzeugung zu nutzen, können ihre Stromnachfrage optimal an die jeweiligen Verhältnisse im Strommarkt anpassen. Der besondere Vorteil von PtH-fähigen Ölheizungen liegt darin, dass sie – anders als etwa reine Elektroheizungen wie monovalente Strom-Wärmepumpen – keine zusätzlichen Reservekraftwerkskapazitäten benötigen, die mit großem Kostenaufwand bereitgehalten werden müssten. Die intelligente Verzahnung von Strom- und Wärmeversorgung ist auch ein Kernelement des Innovationshauses Wolfhagen. Die Wahl des Standorts war dabei kein Zufall: Denn in der 30 Kilometer westlich von



Kassel gelegenen 13.500-Einwohner-Gemeinde erfolgt die Stromversorgung dank eines Solar- und eines Windparks überwiegend erneuerbar. Dabei zeigt sich jedoch, dass das wetterabhängige Öko-Stromangebot und die Nachfrage durch die Haushalte vor Ort nicht immer übereinstimmen. So erfolgt die Versorgung mit erneuerbarem Strom nur jahresbilanziell zu 100 Prozent. Schaut man genauer hin, wird klar, dass nur rund 70 Prozent des jährlichen Strombedarfs der Region tatsächlich aus dem örtlichen Wind- und Photovoltaik (PV)-Park gedeckt werden. Es gilt darum Möglichkeiten zu finden, hier zu einer besseren Synchronisation zu kommen.

Da das Wind- und Sonnenangebot nicht beeinflussbar ist, bleibt als Lösung nur eine Steuerung der Stromnachfrage. Daher werden in Wolfhagen im Rahmen einer eigenen Modellregion dynamische Stromtarife getestet und neue Technologien zum Einsatz gebracht.



Die Energiespeicher für Warmwasser, Strom und Heizöl (v. l.).  
Foto: IWO

Wie sich zeigte, reicht aber eine Nachfrageflexibilisierung auf Verbraucherseite nur über weiße Ware nicht aus. Grund sind die vergleichsweise geringen Verbräuche und Konflikte mit dem Nutzerverhalten. Dank seiner PtH-fähigen Heizung vermag das Innovationshaus hier einen wesentlichen Beitrag zu leisten. Wird etwa gerade sehr viel Öko-Strom produziert, kann es diesen sowohl zur Strom- als auch Wärmeversorgung aufnehmen und speichern. Steht erneuerbar erzeugter Strom nicht ausreichend zur Verfügung, wird die Wärmeversorgung durch ein Öl-Brennwertgerät sichergestellt.

Das 150 m<sup>2</sup> große Einfamilienhaus, errichtet 1992, verfügt über ein Internet-fähiges Hybridheizgerät mit integriertem Trinkwasser-Ladespeicher, das Strom-Wärmepumpe und Öl-Brennwertmodul kombiniert. Das Gerät ersetzte einen fast 25 Jahre alten Niedertemperatur-Ölkessel. Hinzu kommen eine fast 30 m<sup>2</sup> große PV-Anlage auf dem Dach, eine Batterie zur Stromspeicherung, zwei

Wärmespeicher sowie ein 1.500-Liter-Heizöltank. All das wird durch eine neu entwickelte, intelligente Ansteuerung geregelt und kann sich so dem jeweiligen Angebot durch Wind- und Solarstrom optimal anpassen.

Das Innovationshaus Wolfhagen zeigt bereits jetzt, dass ölbeheizte Häuser im Hinblick auf eine klimafreundlichere Gestaltung des Wärmemarktes als Teil der Lösung begriffen werden sollten. Dies betrifft auch den Brennstoff. Denn um den klimapolitischen Herausforderungen gerecht zu werden, wird sich langfristig auch das Heizöl verändern und „grüner“ werden. Grundsätzlich geht es hierbei um die Herstellung synthetischer flüssiger Kohlenwasserstoffe aus unterschiedlichen regenerativen Quellen. Bei der Auswahl der Rohstoffe wird eine Nutzungskonkurrenz zu Agrarflächen oder Nahrungsmitteln bewusst vermieden. Ziel ist die Entwicklung marktfähiger, innovativer Brennstoffe (E-Fuels), die dem bisherigen Heizöl in hohen Anteilen beigemischt werden und dieses langfristig sogar ganz ersetzen können. Diesem Thema kommt in der Forschung, und gerade auch in der Arbeit des OWI, ein immer größer werdender Stellenwert zu. Das Innovationshaus Wolfhagen wird auch in dieser Hinsicht seiner Bezeichnung gerecht. Eingesetzt wird seit Februar 2018 eine Mischung aus Heizöl und um 80 Prozent treibhausgasreduziertem hydriertem Pflanzenöl (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO) aus Reststoffen biologischen Ursprungs wie Altspisefetten und Wasserstoff, was den strengen Nachhaltigkeitsanforderungen der EU gemäß der verschärften Renewable Energy Directive (RED II) entspricht.

**Die Autoren:** Dipl.-Ing. (FH) Christian Halper, Projektleiter Modellvorhaben, Dipl.-Ing. Rainer Stangl, Projektgenieur, Sachverständiger nach AwSV, Institut für Wärme und Oeltechnik e. V. (IWO)



Das Gebäude wurde auch mit einer PV-Anlage ausgestattet. Foto: IWO



## Bioöle aus Rest- und Abfallstoffen

### *Neue flüssige Brennstoffe für den Hauswärmemarkt?*

Flüssige regenerative Energieträger müssen im Zuge der Energiewende auf eine breitere Rohstoffbasis gestellt werden, damit sie einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz leisten können. Bei der Suche nach alternativen Rohstoffen ist die Nutzung von Abfallstoffen (Altspeisefette, Tierfette, Tallöl, etc.) zur Herstellung von synthetischen Brennstoffen mittels Hydrierung eine bisher noch wenig erforschte Option. Die Hydrierung von Pflanzenölen ist ein zunehmend bedeutsamer Prozess zur Gewinnung von hochwertigen Brenn- und Kraftstoffkomponenten aus nachwachsenden Rohstoffen. Ihre

Eigenschaften sind denen von Diesel und Heizöl sehr ähnlich. Das Ziel der Forschung und Entwicklung ist ein Brennstoff auf dem technischen Niveau von Heizöl, der als hydriertes Bioöl (Hydrogenated Bio Oil, HBO) konventionellen Brennstoffen beigemischt und als Ergänzung im Raumwärmemarkt genutzt werden könnte.

Fragen zur Herstellung und Verwendung von HBO auf der Basis von Sekundärrohstoffen untersuchen Forscher des Instituts für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen der TU Bergakademie Freiberg (IEC) und des OWI Oel-Waerme-Instituts. Dazu gehören Untersuchungen, wie sich bislang noch nicht zur Herstellung von Brenn- und Kraftstoffen genutzte recycelte Öle und biogene Einsatzstoffe auf die Prozesse der Hydrierung und der Isomerisierung auswirken. Herstellungsseitig wurde in einem Vorgängerprojekt zunächst die Hydrierung von Pflanzenöl untersucht. Im aktuellen Forschungsvorhaben wird der Prozess der Isomerisierung betrachtet, der dem HBO verbesserte



*Durch Verfahrensschritte der Hydrierung kann aus alternativen Rohstoffen wie Altspeisefett oder Pflanzenölen wie Pyrolyseeöl oder Tallöl hydriertes Bioöl entstehen, das ähnliche Eigenschaften wie Heizöl besitzt. Foto: TU Bergakademie Freiberg*

Kälteeigenschaften verleiht. Weitere Untersuchungen zeigen, dass die Herstellung von HBO aus Tallöl ebenfalls gut funktioniert. Verschiedene HBO-Sorten werden am OWI hinsichtlich ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften untersucht. Dabei kommt unter anderem ein HPLC-Gerät (High Performance Liquid Chromatography) zum Einsatz, mit dem auch der Aromatenanteil in flüssigen Brennstoffen bestimmt werden kann. Aromaten sind ein wesentlicher Bestandteil mineralölstämmiger Brennstoffe und beeinflussen den Verbrennungsprozess sowie die Emissionsneigung. OWI vertieft damit sein Brennstoff-Know-how auch in Detailzusammenhängen. In Langzeituntersuchungen lagert OWI Heizöl-HBO-Blends unter definierten thermischen Randbedingungen ein und untersucht anschließend mögliche Wechselwirkungen zwischen Blends und technischen Komponenten von Heizsystemen in anwendungsnahen Tests.

Ziel des Projektes ist, geeignete Stoffeigenschaften von HBO derart einzustellen, dass es als „drop-in-fähiger“ Brennstoff problemlos mit Heizöl gemischt werden kann und das Gemisch gleichzeitig die Anforderungen der Norm erfüllt. Zudem muss der neue Brennstoff mit der Technik und den Werkstoffen marktgängiger Heizgeräte verträglich sein, damit deren Betriebssicherheit und lange Lebensdauer gewährleistet ist.

Das IGF-Vorhaben 18671 BG der Forschungsvereinigung Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. – DGMK, Überseering 40, 22297 Hamburg wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

*Pyrolyseöl ist ein aus Restbiomasse wie Holz oder Stroh herstellbarer treibhausgasreduzierter flüssiger Energieträger auch für den Einsatz im Wärmemarkt.  
Foto: BTG BioLiquids*



# Heizen mit Pyrolyseöl aus Restbiomasse hat Potenzial

*Deutlich geringere Treibhausgasemissionen und Ascherecycling sind möglich*

Erste Zwischenergebnisse des EU-Forschungsprojekts „Residue2Heat“ zeigen, dass bei der Verwendung von Schnell-Pyrolyse-Bio-Öl im Raumwärmemarkt hohe CO<sub>2</sub>-Einsparungen sowie das Recycling und nachhaltige Nutzung der bei der Herstellung entstehenden Asche zu erreichen sind.

Das europäische Forschungsprojekt hat zum Ziel, unterschiedliche Ströme von Biomasseresten für die häusliche Wärmeherstellung zu nutzen. Mit Hilfe des Schnell-Pyrolyse-Verfahrens werden Biomassereste in Schnell-Pyrolyse-Bio-Öl gewandelt, das als biogener Brennstoff der 2. Generation für die Verbrennung in einer Raumheizung geeignet ist. Beim Einsatz von Schnell-Pyrolyse-Bio-Öl (fast pyrolysis bio-oil, FPBO) sind abhängig von der Rohstoffbasis zwischen 77 % und 95 % geringere Treibhausgasemissionen zu erwarten. Das ist das Ergebnis einer Bewertung, die im Rahmen des Projektes durchgeführt wurde. Diese Zahlen zeigen, dass die Verwendung von FPBO die Anforderungen zur Reduzierung der Treibhausgase erreichen kann, gemäß der Renewable Energy Directive (RED) der Europäischen Union und des aktualisierten Entwurfes der Richtlinie (RED2).

Die Rückgewinnung und das Recycling der während der Produktion von Pyrolyseöl anfallenden Asche können positive Auswirkungen für die Umwelt haben. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass die im FPBO-Produktionsprozess gewonnene Asche in kleinräumig begrenzten Experimenten eine positive Wirkung auf das Pflanzenwachstum hat. Darüber hinaus scheinen die physikalisch-chemischen Eigenschaften der FPBO-Asche denen anderer Aschearten ähnlich zu sein. Ein möglicher Nutzen könnte ihr Einsatz zur Bodenverbesserung in der Landwirtschaft sein.

Darüber hinaus wurde für die Pyrolyseöl-Produktion auf Basis von Holzresten und seiner Verbrennung in einem Heizkessel kleiner Leistung eine Nachhaltigkeitsrisikoanalyse erstellt. Unterschiedliche Rohstoffe wie Weizenstroh, Rinde und Miscanthus wurden bei der Analyse berücksichtigt mit dem Ergebnis, dass alle untersuchten Rohstoff-

fe zum nachhaltigen Heizen mit FPBO eingesetzt werden können. Einige mögliche Risiken wurden identifiziert, die bei der Anwendung der Rohstoffe beobachtet und berücksichtigt werden müssen, beispielsweise bei der Nachhaltigkeitszertifizierung:

- Kohlenstoffbestand: Erhalt der Kohlenstoffbilanz des Bodens bei der Ernte
- Indirekte Landnutzungsänderungen: Die Kultivierung darf nicht die Nahrungsmittelproduktion verdrängen;
- Biodiversität: Erhalt der Nährstoffe und der Bodenqualität beim Einsatz von Biomasseresten;
- Kaskadennutzung von Biomasse: Verwendung von Biomasse (-reststoffen) zuerst für Produkte (zum Beispiel Biowerkstoffe) und anschließend zur Energiegewinnung.

Das gesamte Potenzial von Pyrolyseöl aus Biomassereststoffen für den Raumwärmemarkt wird im Residue2Heat-Projekt weiter untersucht. Es werden Marktuntersuchungen zu diesem neuen Brennstoff und einem modifizierten Heizsystem durchgeführt, die weiterführendes Wissen für eine erfolgreiche Markteinführung generieren sollen. Das langfristige Ziel von Residue2Heat ist die Produktion von FPBO auf Basis von land- und forstwirtschaftlichen Biomassereststoffen, die weder für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion genutzt werden können noch zu einer indirekten Landnutzungsänderung führen. Der konzeptionelle Ansatz sieht die Nutzung von lokal anfallender Biomasse vor, die in relativ kleinen Produktionseinheiten von 20.000 bis 40.000 Tonnen Biomasse pro Jahr zu FPBO verarbeitet werden und dieses lokal an Endverbraucher zu vertreiben.

Das EU-Forschungsprojekt „Residue2Heat“ wird von der Europäischen Union im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizon 2020 unter dem Förderkennzeichen Nr. 654650 gefördert.

Details: [www.residue2heat.eu](http://www.residue2heat.eu)



*Die Qualität von Kraftstoffen im Tank von Hybridfahrzeugen ist Gegenstand eines Forschungsprojekts, an dem das Oel-Waerme-Institut beteiligt ist.  
Foto: stlee000 – fotolia.com*

## Hybride Mobilität

### *Weiterentwicklung von Kraftstoffen für den Einsatz in Plug-in-Hybridfahrzeugen*

Die Autos der Zukunft sollen auch elektrisch fahren. Schon heute steigt der Anteil an Hybridfahrzeugen, die einen Verbrennungsmotor, einen Elektromotor und eine externe Lademöglichkeit für ihre Batterie haben (Plug-in Hybrid Electric Vehicles, PHEV). Das wirkt sich auf das Tankverhalten aus, denn durch den Hybridantrieb sinkt der effektive Kraftstoffverbrauch und der Kraftstoff verbleibt länger im Tank als bisher. Die Folge: die Kraftstoffe können stärker altern und so ihre Eigenschaften verändern. Zudem kann zukünftig ihre Zusammensetzung innerhalb bestehender Normen durch die zunehmende Beimischung von synthetischen und Biokraftstoffen variieren. Daraus entstehen neue Fragen zu ihrer Verwendbarkeit bei langen Verweilzeiten von zum Teil mehr als 6 Monaten im Kraftstoffversorgungssystem.

Die noch weitgehend unbekanntenen Wechselwirkungen zwischen kraftstoffführenden Fahrzeugkomponenten und (alternden) Kraftstoffen in PHEV-Fahrzeugen sollen im Rahmen eines Forschungsvorhabens unter anwendungsnahen Bedingungen (Lagerdauer, Lagerbedingungen der Kraftstoffe) ermittelt werden. Das Transferzentrum Automotive an der Hochschule Coburg, das Oel-Waerme-Institut und die TEC4FUELS GmbH forschen zu diesem Thema mit der Unterstützung der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V. (FVV), der Deutschen

Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. (DGMMK) und der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP).

Kraftstoffseitig werden insbesondere gealterte Kraftstoffe und Kraftstoffblends aus Ottokraftstoff und Ethanol/ Methanol bzw. aus Dieselmotorkraftstoff und Fettsäuremethylester (FAME) sowie alternative Dieselmotorkraftstoffe wie Hydriertes Pflanzenöl (HVO) und Oxymethylenether (OME) untersucht. Die Kraftstoffblends werden in Langzeitversuchen am OWI eingelagert und zeigen ein sehr unterschiedliches Verhalten. Erste Ergebnisse des aktuellen Projekts mit Kraftstoffblends deuten auf einen großen Einfluss der mineralölbasierten Kraftstoffe auf die Stabilität daraus hergestellter Mischungen hin. Zur Bestimmung der Auswirkungen auf die Performance dieser Blends sind im Anschluss an die Langzeitlagerung Versuche zur Interaktion mit technischen Komponenten vorgesehen und gegebenenfalls Handlungsanleitungen für die Praxis abzuleiten. Denn es muss sichergestellt werden, dass es durch mögliche Wechselwirkungen zwischen alternativen und/ oder gealterten Kraftstoffen und kraftstoffführenden Fahrzeugkomponenten nicht zu Bauteilversagen und in der Folge zu einem Ausfall kraftstoffführender Komponenten kommt.

## Fit für mehr „Bio“ im Kraftstoff

### *Wechselwirkungen mit technischen Bauteilen untersucht*

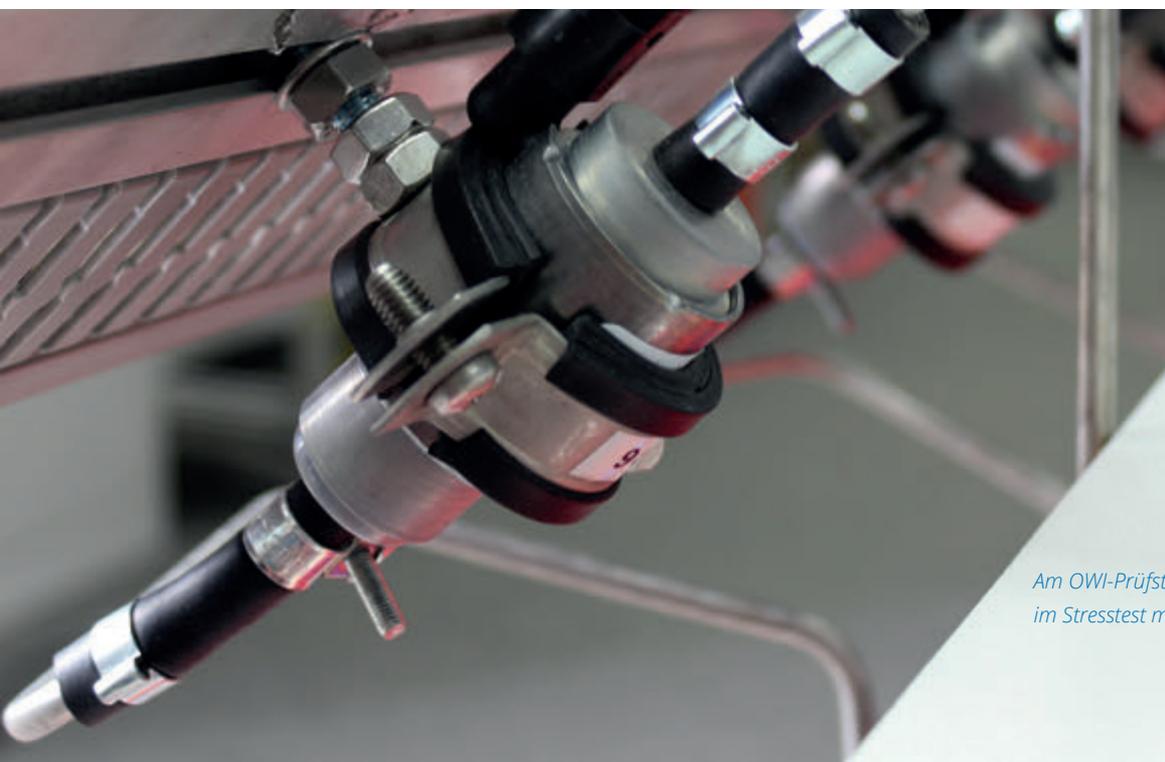
In einem öffentlich geförderten Forschungsprojekt haben das OWI Oel-Waerme-Institut und Webasto, Weltmarktführer für Schiebe-, Panorama- und Cabriodächer sowie Standheizungen, den Einfluss verschiedener biogener Kraftstoffe auf die mögliche Bildung von Ablagerungen und Rückständen an technischen Bauteilen untersucht. Diese können unter bestimmten Bedingungen bei der Verdampfung von Kraftstoff auf heißen Oberflächen entstehen und die Funktion der Bauteile maßgeblich einschränken. Die Erkenntnisse sollen helfen, speziell Fahrzeugheizungen kleiner Leistung so auszulegen, dass sie betriebssicher funktionieren und ihre vorgesehene Lebensdauer auch dann erreichen, wenn zukünftig höhere Zumischquoten von Biokraftstoffen in nationalen und internationalen Märkten gelten werden.

Die an idealisierten Prüfständen durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass heiße Oberflächen an den jeweiligen Kraftstoff angepasste Mindesttemperaturen haben müssen, um die Bildung von Rückständen zuverlässig zu verhindern. Bei den untersuchten Dieselkraftstoffblends kam es unterhalb von 400 °C zu einem signifikanten Anstieg der Ablagerungsmenge. Eine Zumischung von

Fettsäuremethylester (Fatty Acid Methyl Ester, FAME) zu fossilem Dieselkraftstoff führte generell zu einer verstärkten Ablagerungsbildung, wobei zusätzlich der Rohstoff für die Herstellung von Biodiesel einen wesentlichen Einfluss auf die Menge der Rückstände hatte. Der vergleichsweise hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren im Sojamethylester führte zu einer starken Erhöhung der Ablagerungsmassen. Ottokraftstoffe bildeten unterhalb von 300 °C vermehrt Rückstände, doch eine Beimischung einwertiger Alkohole (Ethanol, Methanol, 1-Butanol) wirkte sich positiv aus. Darüber hinaus wurden auch reines Pflanzenöl und hydriertes Pflanzenöl untersucht.

Die Ergebnisse fließen in die Weiterentwicklung der Gesamtsystemkonzepte von Fahrzeugheizungen ein und sollen zu einer hohen Funktionssicherheit und Standzeit auch bei Kraftstoffen beitragen, die hinsichtlich Ablagerungsbildung und Bauteilverschleiß potenziell kritisch sein können.

**Dieses Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft unter dem Förderkennzeichen 22402915 gefördert.**



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

*Am OWI-Prüfstand: Hubkolbendosierpumpen im Stresstest mit Dieselkraftstoffblends.*



# Pflanzenöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft

## Ertüchtigung von Traktoren für Multi-Fuel-Einsatz

In der Landwirtschaft könnte die Erhöhung des Einsatzes von Pflanzenöl als Kraftstoff in Traktoren ein Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit und Klimaschutz im Rahmen einer ressourcenschonenden Bioökonomie sein. Allerdings muss die Verträglichkeit von kraftstoffführenden Bauteilen mit Pflanzenölkraftstoff geprüft werden, damit die Betriebssicherheit und Lebensdauer von Traktoren und anderen Landmaschinen gewährleistet ist. Um Pflanzenöl aus Raps als Teil einer Multi-Fuel-Einsatzstrategie nutzbar zu machen, werden in einem Forschungsprojekt nun insbesondere die Wechselwirkungen zwischen Kraftstoffen und Dieselinjektoren betrachtet.

Insbesondere an modernen Injektoren mit hohen Einspritzdrücken und geringen Spaltmaßen können sich durch den Einsatz biogener Kraftstoffe innere und äußere Ablagerungen bilden, die unter bestimmten Umständen zu Funktionsstörungen und Stillstandzeiten von Landmaschinen führen können. Für beide Ablagerungstypen sollen gezielt kritische Betriebspunkte (Fahrzyklen) identifiziert werden, die zu verstärkter Ablagerungsbildung führen können. Teil der zu untersuchenden Kraftstoffe werden insbesondere auch Mischungen zwischen Pflanzenöl- und konventionellen Dieselmischungen sein, wie sie auch im Realbetrieb bei unterschiedlichen Betankungen auftreten. Darüber hinaus wird auch das Verhalten unterschiedlicher in Landmaschinen eingesetzter Injektoren untersucht.

Anhand der Untersuchungsergebnisse sollen einerseits additivgestützte „keep clean“-Strategien zur Vermeidung der Ablagerungsbildung entwickelt werden. Andererseits ist bei auftretenden Ablagerungen eine bedarfsgerechte Injektor-Regeneration im laufenden Betrieb zu entwickeln. Dazu sind die bereits in Vorgängerprojekten erkannten „clean-up“-Strategien mit Additivunterstützung zur Einsatzreife zu führen. Für den erfolgreichen Einsatz einer Regeneration ist eine Frühindikation auf der Basis von Kennwerten zur Entstehung innerer und äußerer Ablagerungen zu entwickeln. Forschungspartner sind das OWI Oel-Waerme-Institut, das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, die regineering GmbH, die ERC Additiv GmbH und die TEC4FUELS GmbH. Industriepartner des Projekts sind die Unternehmen DEUTZ AG und John Deere sowie die Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP).

Dieses Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft unter dem Förderkennzeichen 22402417 gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Ursachenanalyse innerer Ablagerungen an Dieselinjektoren

## Entwicklung eines kostengünstigen Screening-Tests

Innere Ablagerungen in Dieselinjektoren sind ein Phänomen, das in den nächsten Jahren deutlich häufiger auftreten und vermehrt zu Fehlfunktionen von Injektoren führen könnte. Kontinuierlich steigende Einspritzdrücke von aktuell bis zu 2.500 bar in Kombination mit hochpräzisen Bauteilen wie Injektoren mit kleinen Öffnungsquerschnitten wirken bei hohen Temperaturen auch auf die Kraftstoffe ein. Um die Effekte der Bildung innerer Ablagerungen (Internal Diesel Injector Deposits, IDID) strukturiert zu untersuchen, führen das Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen an der TU Bergakademie Freiberg und das OWI Oel-Waerme-Institut ein Forschungsprojekt durch. Der in dem Vorläuferprojekt „Entwicklung eines nichtmotorischen Injektor-Verkokungsprüfstandes für alternative Kraftstoffe“ (ENIAK) entwickelte nichtmotorische Injektorprüfstand soll zu einer schnellen, wiederholbaren, verlässlichen und nicht zuletzt kostengünstigen Prüfmethode für Kraftstoffe und Additive weiterentwickelt werden. Der Prüfstand ist eine realitätsnahe Nachbildung eines Kraftstoffleit- und Einspritzsystems für Common-Rail-Dieselfahrzeuge. Damit werden Einzeleinflüsse wie die Temperatur im System untersucht. Auch Faktoren wie die Einspritzmenge, -frequenz, und -druck, der Kraftstoff und die Injektorbauteile sind relevant.

Das Ziel des Projekts ist, die Alterung von Kraftstoffen als Ursache für die Bildung von Ablagerungen näher zu untersuchen. Dabei werden die Art des Kraftstoffs beziehungsweise die Kraftstoffmischungen und die Temperatur an der Injektorspitze als wesentliche Einflussgrößen variiert. Bis Ende 2017 wurden 25 Versuchsreihen im Injektorprüfstand durchgeführt, bei denen Kraftstoffe wie Diesel, Diesel mit 20 % Biodieselanteil und Diesel mit 20 % HVO-Anteil (HVO: Hydriertes Pflanzenöl) eingesetzt wurden. Als weiterer Versuchsparameter wurde

die Temperatur der Injektorspitze variiert. In 75 % der Versuche zeigten sich Injektorfehlfunktionen durch Ablagerungen. Diese wurden anschließend im Hyundai Motor Europe Technical Center an einem High-End-Einspritzprüfstand detailliert charakterisiert.

Die Forschungsergebnisse könnten künftig dazu beitragen, dass das entwickelte nichtmotorische Analyseverfahren im Rahmen der No-Harm Anforderung an Kraftstoffadditive als Prüfkriterium für die Bildung von Ablagerungen unter verschiedenen technischen Bedingungen in Einspritzsystemen für Dieselmotoren eingeführt wird. Des Weiteren sollen die Forschungsergebnisse Grundlagen zur Auslegung neuer kraftstoffführender Komponenten und Bauteile für alternative Einspritzsysteme schaffen. Darüber hinaus können die gewonnenen Erkenntnisse direkt bei der Entwicklung oder Verbesserung von Additiven, Kraftstoffen, Injektordiagnosegeräten und Reinigungsflüssigkeiten für Injektoren genutzt werden.

Das IGF-Vorhaben 18575 BG der Forschungsvereinigung Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. – DGMK, Überseering 40, 22297 Hamburg wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Biogasmotor für Blockheizkraftwerke wird optimiert

*Stromausbeute soll steigen*

Blockheizkraftwerke (BHKWs) mit Biogasmotoren wandeln regenerativ erzeugtes Biogas in Strom und Wärme, die in Strom- bzw. Nahwärmenetze eingespeist werden können. Dabei wird technisch bedingt mehr Nutzenergie in Form von Wärme als in Form von Strom erzeugt. Um den Anteil der Stromwandlung von BHKWs zu erhöhen, strebt ein aktuelles Forschungsprojekt die Steigerung des elektrischen Wirkungsgrads von Blockheizkraftwerken mit Biogasmotoren an. Das Konzept sieht vor, dass in das BHKW eine Reformereinheit integriert und mit dem Gasmotor gekoppelt wird. Überschüssige Wärme aus dem Gasmotor, die im Normalfall ungenutzt in die Umgebung abgeführt wird, wird zusammen mit einem Teil des Biogases durch die Reformereinheit geleitet. Dabei entsteht ein wasserstoffhaltiges Brenngas, das einen höheren Energiegehalt (Heizwert) als Biogas hat, denn die überschüssige Wärme wird teilweise im Brenngas chemisch gebunden. Das so erzeugte Synthesegas wird anschließend wieder mit dem Biogas gemischt und dem Motor zugeführt. Dies ermöglicht insgesamt eine höhere Ausbeute an elektrischer Leistung. Die Rückgewinnung der Wärmeenergie führt so zu einem höheren elektrischen Wirkungsgrad des Systems. Zum Beispiel kann mit einer Heizwertsteigerung um 7,5 % der effektive mechanische Wirkungsgrad des Systems von 40 % auf 43 % angehoben werden. Der elektrische Wirkungsgrad steigt dadurch auf etwa das gleiche Niveau an.

In der ersten Projektphase wurden die Auslegungsarbeiten erfolgreich abgeschlossen. Das Reformerkonzept wurde überarbeitet und strömungstechnisch neu ausgelegt, so dass die Abgaswärme optimal zur thermochemischen Rekuperation genutzt wird und die Aggregate gleichzeitig einen möglichst geringen Druckverlust in der Abgas- und Brenngasstrecke verursachen. Dabei konnten die Bauteilgrößen der Reformereinheit (Reformer und Dampferzeuger) mehr als halbiert und

*Mit Biogas betriebene BHKWs können mit der Reformgasmotortechnologie und intelligenten Steuerungs- und Regelungstechniken Wärme und Strom noch bedarfsgerechter zur Verfügung stellen.*

*Foto: Bertold Werkmann – fotolia.com*





die Leistungsdichte stark erhöht werden. Für ein BHKW mit einem Brennstoffeinsatz von 150 kW schrumpft die Reformereinheit nun auf die Größe zweier Schuhkartons. Der Versuchsaufbau wurde zum Jahreswechsel 2017/18 fertiggestellt und der Versuchsbetrieb startet im Frühjahr 2018.

Die Integration der Reformertechnologie bedeutet für den BHKW-Betrieb nicht nur mehr Flexibilität durch längere Laufzeiten bis in den Sommer hinein, sondern auch eine deutlich höhere Wirtschaftlichkeit entsprechend der Steigerung des elektrischen Systemwirkungsgrads. Mit der Reformgasmotortechnologie und intelligenten Steuerungs- und Regelungstechniken könnten BHKWs Wärme und Strom noch bedarfsgerechter zur Verfügung stellen.

Das Forschungsprojekt wird gefördert mit Zuwendungen des Landes Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) „Investition in Wachstum und Beschäftigung“.



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW  
Investitionen in Wachstum  
und Beschäftigung



Integration des Wasserstoffherstellers in den Container mit dem Brennstoffzellensystem.

## Erfolgreiche Inbetriebnahme

### *Brennstoffzellensystem für Schiffe produziert Strom*

Das im Forschungsprojekt „SchiffsIntegration Brennstoffzelle“ (SchIBZ) aufgebaute Stromaggregat auf Basis von Dieselkraftstoff und SOFC-Brennstoffzellen hat Ende 2016 die Stromproduktion aufgenommen. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme erreichte das System eine Leistungsabgabe von knapp 30 kW bei einem maximalen Bruttowirkungsgrad von 56 %. Im Vergleich zu klassischen Dieselgeneratoren, die Wirkungsgrade von bis zu 40 % erreichen, ist das Brennstoffzellenstromaggregat nicht nur energieeffizienter, sondern weist auch deutlich geringere Schadstoff- und Geräuschemissionen auf. Für die Schifffahrt ist die Reduzierung von Emissionen in Hafenbereichen sowie auf Küsten- und Flussfahrten aufgrund zunehmender nationaler und internationaler Reglementierungen zwingend erforderlich.

Die Besonderheit des Projektes ist, dass der von den Brennstoffzellen benötigte Wasserstoff aus Pkw-üblichem Dieselkraftstoff mit einem Schwefelgehalt von bis zu 15 ppm produziert wird. Das in das System integrierte Wasserstoffherzeugermodul des Oel-Waerme-Instituts wandelt den Diesel im Verfahren der Dampfreformierung in ein wasserstoffhaltiges Brenngas für den Be-

trieb der Festoxidbrennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC). In den SOFC-Brennstoffzellen wird das Brenngas zu Strom umgesetzt. Das Brennstoffzellensystem wurde zunächst an Land in Betrieb genommen. Die besondere Herausforderung lag dabei in der Kopplung des Brennstoffzellenmoduls mit dem Wasserstoffherzeuger, die zentrale Module des Energieversorgungssystems sind. Nach weiteren Belastungstests an Land im Jahr 2017 soll das hochseetaugliche Stromaggregat im Laufe des Jahres 2018 auf dem Frachtschiff MS Forester installiert und auf See getestet werden. An Bord wird es dann bis auf weiteres einen Teil der Stromversorgung übernehmen.

Unter der Leitung der ThyssenKrupp Marine Systems GmbH entwickeln, fertigen und testen OWI und vier weitere Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Demonstrationsanlage. Das Forschungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) über die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) gefördert.

# Biogene Kraftstoffe flexibel nutzen

## *Multi-Fuel-Brenngaserzeuger für BHKWs in Entwicklung*

Flüssige Brenn- und Kraftstoffe bestehen schon heute aus Gemischen konventioneller und alternativer Komponenten, wie zum Beispiel Diesel und Biodiesel. Die Vielfalt alternativer Brennstoffe wird in Zukunft weiter steigen, zum Beispiel durch hydrierte Öle aus Biomassereststoffen, mit denen die Treibhausgasemissionen mobiler und stationärer Anwendungen reduziert werden könnten. Durch biogene Anteile im Brennstoff ergeben sich aber auch schwankende Eigenschaften dieser „Future Fuels“, die im motorischen Verbrennungsprozess beherrscht werden müssen.

Als Lösung dieser technischen Herausforderung entwickeln das OWI Oel-Waerme-Institut, das Institut für Mikroverfahrenstechnik am Karlsruher Institut für Technologie und das Zentrum für Brennstoffzellentechnik in einem Forschungsprojekt einen neuartigen Brenngaserzeuger. Der besteht aus einem Gemischbildner und einem Reformerkatalysator. Unterschiedliche flüssige biogene und fossile Brennstoffe mit variierenden Eigenschaften werden im Gemischbildner während des Motorbetriebs zunächst mit Wasser vermischt und verdampft. Zur Dosierung der Brennstoffe im Gemischbildner ist die Entwicklung eines neuen Mikromischsystems mit Zerstäubungseinheit erforderlich. Das verdampfte und homogene Gemisch wird anschließend in den Reformerkatalysator geleitet und durch eine katalytische Reaktion zu einem Brenngas gewandelt, das aus Wasserstoff und Methan sowie geringen Anteilen von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid besteht. Die Reformierung ist eine vom Oel-Waerme-Institut erprobte Technologie, die bereits bei Brennstoffzellensystemen und an einem Verbrennungsmotor erfolgreich demonstriert wurde und einen fortgeschrittenen technischen Reifegrad hat.

Das Konzept, eine große Bandbreite flüssiger Brenn- und Kraftstoffe zu einem homogenen Brenngas zu wandeln, das in unterschiedlichen Technologien ohne technische Modifikationen einsetzbar ist, könnte beispielsweise für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wirtschaftlich interessant sein. Sowohl in motorischen wie brennstoffzellenbetriebenen KWK-Anlagen wären damit viele biogene „Future Fuels“, auch unterschiedlicher Herkunft, flexibel in einer Anlage einsetzbar. Mit dem Multi-Fuel-Brenngaserzeuger können auch nur zeitweise verfügbare und jeweils kostengünstige biogene Brennstoffe Bestandteil der Betriebsstrategie von Blockheizkraftwerken (BHKWs) werden.

Das IGF-Vorhaben 19168 N des Instituts für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA), Bliersheimer Str. 58-60, 47229 Duisburg, wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

*Der in Entwicklung befindliche Multi-Fuel-Brenngaserzeuger könnte beispielsweise in Blockheizkraftwerken zum Einsatz kommen. Foto: Gerd – fotolia.com*





RT1  
RT2  
RT3  
RT4

Anode Exhaust

CH4 Supply

Warning  
High  
voltage  
heat

# Neue Brennstoffzellen-KWK-Generation entwickelt

## *EU-Forschungsprojekt erfolgreich abgeschlossen*

Im Rahmen eines europäischen Forschungsprojekts wurde der Betrieb einer neuen Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) auf Basis von Brennstoffzellen demonstriert. Die zentrale Idee des Projektes ist, die Hochtemperatur-Polymerelektrolytmembran- (HT-PEM) Brennstoffzellentechnologie als KWK-Konzept für Anwendungen bis 100 kW elektrischer Leistung nutzbar zu machen. Die Technologie war in diesem Leistungsbe- reich bisher noch nicht verfügbar und erforderte daher die Neuentwicklung für die speziellen Anforderungen in Bezug auf Effizienz, Kosten und Lebensdauer der Brennstoffzellen. Die wesentlichen Einzelkomponen- ten des Systems sind ein Brenngaserzeuger und der Brennstoffzellen-Stack. Der Betrieb des Stacks ist aus den zwei verschiedenen Energiequellen Wasserstoff und Erdgas möglich. Sofern kein regenerativ erzeugbar- er Wasserstoff verfügbar ist, kann das System in den Erdgasbetrieb umgeschaltet werden. Dann wandelt der Brenngaserzeuger Erdgas in Wasserstoff für den Betrieb der Brennstoffzellen.

Das getestete Gesamtsystem hat eine elektrische Lei- stung von bis zu 4,2 kW. Der elektrische Wirkungsgrad im Nennlastpunkt beträgt im Wasserstoffbetrieb 46 %. Die HT-PEM Brennstoffzelle arbeitet bei rund 160 °C und eignet sich ideal zur Wärmeauskopplung in eine bestehende Heizungsinfrastruktur. In einer Vorstudie konnten Alterungsraten der Zellen von rund 4  $\mu$ V/h nachgewiesen werden, was einer wesentlichen Verbes- erung gegenüber dem Stand der Technik entspricht.

Die genannten Eckpunkte sind sehr vielversprechend für eine weitere Kommerzialisierung der Technologie. Für die Vermarktung kann das System durch die Kopplung mehrerer Brennstoffzellenmodule auf bis zu rund 100 kW elektrischer Leistung skaliert werden und wäre da- mit in der Lage, Strom und Wärme für größere Gebäude beziehungsweise kleine Siedlungen zu erzeugen.

An der Entwicklung dieser neuen Generation von KWK-Anlagen haben acht Industrie- und Forschungs- partner aus Dänemark, Deutschland, Italien, Spanien und der Tschechischen Republik gearbeitet. Die OWI Oel-Waerme-Institut gGmbH koordinierte die Arbeitspa- kete zur Entwicklung der Systemkomponenten sowie zum Aufbau und Test des Evaluierungssystems. Darüber hinaus hat OWI in enger Zusammenarbeit mit den Pro- jektpartnern das KWK-Konzept entworfen, die Parame- ter zur Auslegung definiert und Auslegungsrichtlinien entwickelt.

Das Forschungsprojekt mit dem Namen „CISTEM“ (Construction of Improved HT-PEM MEAs and Stacks for Long Term Stable Modular CHP Units) wurde durch die Förderinitiative „Fuel Cells and Hydrogen“ (FCH), Joint Undertaking (JU) mit Mitteln der Europäischen Union der Forschungsförderung im 7. Rahmenprogramm (FP7), Grant Agreement No. 325262 gefördert. Projektdauer: Juni 2013 bis September 2016.



*Eine neue Brennstoffzellen-KWK-Anlage absolvierte erfolgreiche Testläufe auf dem Prüfstand.*

# Wirtschaftlichkeit von Industrieöfen erhöhen

*Berechnungsmethodik könnte künftig die Lebensdauer metallischer Bauteile bewerten*

Die Gebrauchsdauer thermisch hochbelasteter Komponenten in Thermoprozessanlagen wird dadurch begrenzt, dass es infolge der Beanspruchungen zu bleibenden Verformungen, oxidativem Metallabtrag und Rissbildungen kommt. Über die Optimierung der Komponenten können die Standzeiten von Industrieöfen verlängert und Instandhaltungskosten verringert werden. Die Wechselwirkung der verschiedenen Einflussgrößen ist insbesondere bei Temperaturwechselbeanspruchung, sehr hohen Temperaturen und relativ niedrigen mechanischen Lasten noch nicht richtig verstanden. Praxisübliche ingenieurmäßige Ansätze beschreiben das Verhalten der Werkstoffe unter diesen Bedingungen bisher mit unbefriedigender Genauigkeit.

Daher entwickeln das Oel-Waerme-Institut, das Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik (IOB) der RWTH Aachen und das Institut für Werkstoffkunde (IfW) der Technischen Universität Darmstadt in einem Forschungsprojekt ein verbessertes Berechnungsverfahren, das übliche Temperaturwechsel unmittelbar einbezieht. Ziel ist, den Herstellern eine zuverlässigere Bauteilauslegung zu ermöglichen und den Betreibern von Anlagen eine Methode an die Hand zu geben, mit der sie die Lebensdauer beziehungsweise die Restlebensdauer ihrer Ofenkomponenten genauer bestimmen können. Dies ermöglicht die Entwicklung einer Optimierungsstrategie für deren Betriebsweise unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten wie Produktionsdurchsatz, Einsatzdauer und Ausfallwahrscheinlichkeit.

Bei Betriebstemperaturen von zirka 800 bis 1.200 °C sind metallische Bauteile, wie Strahlheizrohrmäntel, Ofenmuffeln, Retorten und Ofenrollen, einer gleichzeitigen Beanspruchung durch Hochtemperaturkorrosion sowie statische und dynamische mechanischen Lasten ausgesetzt, die die Lebensdauer der Bauteile verringern. Einen starken Einfluss auf die Lebensdauer haben zudem Temperaturschwankungen durch thermische Lastwechsel, beispielsweise durch die bei modernen Strahlheizrohren übliche An-Aus-Taktung. Bisher standen Werkstoffherstellern und Unternehmen im Industrieofenbau bei der

Auslegung lediglich isotherme Zeitstanddaten und die Daten ganzer isothermer Kriechkurven zur Verfügung. Um künftig auch ein Ranking der typischen metallischen Ofenbauwerkstoffe bezüglich ihres Temperaturwechselverhaltens zu ermöglichen, werden in dem aktuellen Forschungsvorhaben für zyklische Temperaturwechsel eine experimentelle Basis erzeugt und weiterführende werkstoffmechanisch begründete Konzepte für die Lebensdauerbewertung entwickelt.

Das IGF-Vorhaben 19068 N der Forschungsgemeinschaft Industrieofenbau e.V. – FOGI, Lyoner Str., 18 60528 Frankfurt am Main, wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



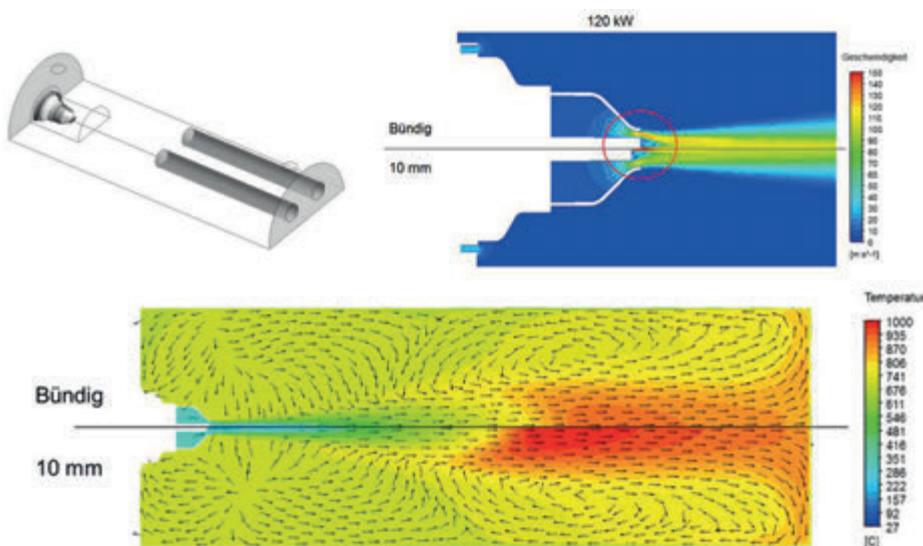
*Schaden an einem metallischen Strahlheizrohr durch hohe thermische Belastung. Foto: M. Hellenkamp, RWTH Aachen*

# FLOX-Brenner für flüssige Brennstoffe entwickelt

## Effizienter und wirtschaftlicher Betrieb von Industrieöfen

Die e-flox GmbH, das Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik der Universität Stuttgart und das OWI Oel-Waerme-Institut haben gemeinsam ein neues Verbrennungskonzept für die Nutzung unterschiedlicher flüssiger und biogener Brennstoffe im FLOX®-Verfahren entwickelt. Beim FLOX®-Verfahren findet eine flammlose Oxidation beziehungsweise Verbrennung des Brennstoffes statt, was namensgebend für das Verfahren ist. Der entwickelte Prototyp ermöglicht durch eine feine Zerstäubung und eine auf das FLOX®-Verfahren abgestimmte Einbringung der Brennstoffe eine emissionsarme und ablagerungsfreie Umsetzung von flüssigen Brennstoffen.

Einsatz von biogenen Brennstoffen in einem FLOX-Brenner grundsätzlich möglich ist. Das im Projekt gesetzte Ziel einer Reduzierung der Stickoxide (NO<sub>x</sub>) auf 50 mg/Nm<sup>3</sup> bei 3 % Sauerstoff im Abgas bei 900°C wurde mit dem entwickelten Brenner erreicht. Damit sind die im FLOX®-Verfahren entstehenden NO<sub>x</sub>-Konzentrationen im Abgas so niedrig, dass die in herkömmlichen industriellen Kesselfeuerungen erforderlichen DeNO<sub>x</sub>-Anlagen und externe Abgasrezirkulationen entbehrlich wären, was sich positiv auf die Investitions- und Betriebskosten auswirken könnte.



Einfluss der Düsenposition auf die Flammentemperatur der flammlosen Oxidation (FLOX).

Da im Vergleich zu gasförmigen Brennstoffen flüssige Brennstoffe zunächst zerstäubt und verdunstet werden müssen, wurde ein neuer Brennerkopf entwickelt. Dieser gewährleistet die effiziente Zerstäubung und Mischung von Brennstoff und Luft und einen gleichmäßigen und vollständigen Ausbrand sowie einen stabilen FLOX®-Betrieb. Im Projekt wurde demonstriert, dass der FLOX®-Betrieb sowohl mit Heizöl funktioniert als auch mit freien Fettsäuren, einem Abfallprodukt aus der Herstellung von Biodiesel. Das zeigt, dass auch der

Aufgabe des OWI war in diesem Projekt die Entwicklung und Nutzung eines geeigneten Berechnungstools für die Modellierung des FLOX®-Brenners. Damit wurden die Rahmenbedingungen für eine optimale Flammenbildung und Zerstäubung des Brennstoffs rechnerisch ermittelt. Mit Hilfe der von OWI durchgeführten Berechnungen konnten im Versuchsbetrieb auftretende Phänomene erklärt und Maßnahmen zur Verbesserung ermittelt werden. Das Modell kann auch künftig für die Auslegung neuer Systeme genutzt werden.

Zum Projektende ist der Flüssig-FLOX®-Brenner damit so weit entwickelt, dass zeitnah die Entwicklung eines Vorserienbrenners starten kann. Das Produkt soll industriell eingesetzt und kommerziell vertrieben werden. Mit flüssigen Brennstoffen betriebene Industrieöfen und industrielle Kesselfeuerungen können dadurch noch effizienter, kostengünstiger und schadstoffärmer werden.

Das Forschungsprojekt wird über die AiF im ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

## Erfolgreich durch Anbindung an die RWTH Aachen

Das Oel-Waerme-Institut hat seit seiner Gründung eine enge Bindung an die RWTH Aachen. Das OWI wurde aus dem Institut für Industrieofenbau an der RWTH gegründet und arbeitet durch seine vielfältigen Forschungsaktivitäten auch mit anderen RWTH-Instituten zusammen. Darüber hinaus ergeben sich in Projekten nicht nur bundesweite, sondern auch europaweite Forschungs Kooperationen.

Die OWI Oel-Waerme-Institut gGmbH wurde im Jahr 1998 gegründet. Das gemeinnützige Forschungsinstitut ging als Ausgründung aus dem damaligen Institut für Industrieofenbau (IOB) hervor. Das IOB blickt inzwischen auf eine gut 60-jährige Geschichte an der RWTH zurück. Im Jahr 2007 wurde das Oel-Waerme-Institut als An-Institut der RWTH Aachen anerkannt. Unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. Herbert Pfeifer, dem Leiter des IOB, umfassen die Forschungsaktivitäten des OWI heute neben den klassischen Themen wie der Verbrennungstechnik und Materialtechnik im Industrieofenbau, insbesondere wissenschaftliche Fragestellungen zu flüssigen Brenn- und Kraftstoffen und modernen Technologien zur Energiewandlung.

„Das Oel-Waerme-Institut hat seit seiner Gründung eine beeindruckende Entwicklung genommen, sowohl wissenschaftlich als auch ökonomisch“, sagt Prof. Pfeifer. „Es hat sich mit anwendungsorientierter F&E in verschiedenen Bereichen der umweltschonenden Wärme- und Stromerzeugung die Anerkennung in der Fachwelt erarbeitet. Dazu zählen zum Beispiel die Brennstoffzellentechnologie und die Reformierung von Kraftstoffen, der Einsatz energiesparender Verfahren und Technologien in der Heizungs- und Thermoprozesstechnik und die Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten regenerativer Brenn- und Kraftstoffe in modernen Technologien.“

Damals wie heute führen IOB und OWI gemeinsam Forschungsprojekte durch, zum Beispiel im Rahmen der Forschungsgemeinschaft Industrieofenbau e.V. (FOGI). So erarbeiten OWI, IOB und das Institut für Werkstoffkunde (IfW) der Technischen Universität Darmstadt in einem aktuellen Forschungsprojekt der FOGI ein verbessertes Berechnungsverfahren für die Auslegung der Lebensdauer von Bauteilen im Industrieofenbau, das übliche Temperaturwechsel im Ofenbetrieb unmittelbar einbezieht. Über den Industrieofenbau hinaus arbeiten OWI, IOB und RWTH in dem EU-Forschungsprojekt „Residue2Heat“ (Horizon 2020) zusammen, in dem Pyrolyseöl aus Biomassereststoffen als möglicher Brennstoff für den Betrieb von Ölheizungen untersucht wird. Das IOB und die RWTH Aachen haben dabei die Gesamtkoordination des Projekts inne, während OWI für die technische Projektkoordination zuständig ist.



Prof. Dr. Herbert Pfeifer, wissenschaftlicher Leiter des OWI: „Das Oel-Waerme-Institut hat seit seiner Gründung eine beeindruckende Entwicklung genommen.“



Die Druckbrennkammer ermöglicht die exakte Untersuchung von Verbrennungsvorgängen unter erhöhtem Druck bis 5 bar.

### Forschung am OWI

Das OWI hat seinen Schwerpunkt im Bereich angewandter „Forschung für den Mittelstand“ und führt seine Forschungsprojekte überwiegend mit Unterstützung aus öffentlichen Fördermitteln des Bundes und des Landes NRW durch. Darüber hinaus ist das Institut in internationale Forschungsprojekte der EU eingebunden und pflegt eine intensive Zusammenarbeit mit internationalen Forschungsinstitutionen. In den Jahren 2016 und 2017 konnten insgesamt 3,3 Mio. Euro an Fördermitteln eingeworben werden.

Die Mitarbeit in Normungsgremien und Verbänden ergänzt die Tätigkeitsbereiche und bietet weitere Möglichkeiten, das Know-how aus Wissenschaft und Forschung industrienah einzubringen.

### Zusammenarbeit RWTH und andere Institutionen

Durch die Ernennung des OWI zu einem „An-Institut der RWTH Aachen“ hat das Rektorat der RWTH Aachen die wissenschaftlichen Tätigkeiten als wertvolle Ergänzung des Portfolios der Hochschule anerkannt, auch weil seine Forschungs- und Entwicklungsprojekte dem Technologietransfer in die Industrie dienen. OWI pflegt eine enge Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen der RWTH. Dazu zählen neben dem IOB das Institut für Angewandte Mikrobiologie (iAMB), das Institut für Technische und Makromolekulare Biologie (ITMC) und der Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen (VKA). Die Zusammenarbeit unterstreicht die gegenseitige Ergänzung der Expertisen. Unter anderem im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) wird Forschung für den Mittelstand betrieben. Im Bereich der Grundlagenforschung der Thermoprozesstechnik, insbesondere der Verbrennung, der Werkstofftechnik sowie der Simulation von Prozessen der Thermoprozesstechnik, und des Transfers dieser Ergebnisse in die Industrie wird die Kooperation mit dem IOB in den nächsten Jahren noch intensiviert werden.

OWI und IOB bilden gemeinsam mit dem Institut für Strömungstechnik und Thermodynamik der Universität Magdeburg und dem Lehrstuhl für Gas- und Wärmetechnische Anlagen der TU Bergakademie Freiberg ein Netzwerk von Universitäten und Forschungsinstitutionen, die einen regelmäßigen wissenschaftlichen Austausch pflegen und gemeinsam Forschungsprojekte initiieren und durchführen. Symbolisch für die Zusammenarbeit steht das sogenannte Knorzeltreffen, eine jährlich stattfindende Vortragsveranstaltung der vier Institute. Es ist eine Plattform für Doktoranden zur Vorstellung und Diskussion ihrer Forschungsarbeiten vor einem internen fachkundigen Publikum, zu dem auch die Leiter der Institute gehören. Das 24. Knorzeltreffen fand im Mai 2017 in Aachen anlässlich des 60. Geburtstags des IOB statt.



*Materialuntersuchung  
im Ofenlabor des OWI.*

### *Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses*

Im Rahmen der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses leistet OWI seinen Beitrag durch die Einbindung von Studenten und Doktoranden in die Forschungstätigkeiten. So vergibt das Institut regelmäßig Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten an Studenten, deren Themen aus dem Forschungsalltag stammen. Darüber hinaus bietet OWI Doktoranden die Möglichkeit, ihre Promotion voranzutreiben und dazu die wissenschaftliche und technische Infrastruktur am Institut zu nutzen. Die Dissertationen am OWI werden von Prof. Pfeifer betreut. In den Jahren 2016 und 2017 wurden zwei Dissertation erfolgreich abgeschlossen, für 2018 sind drei Dissertationen vorgesehen. Zudem gab es in den Jahren 2016 und 2017 insgesamt 59 Veröffentlichungen, darunter waren 26 Vorträge.

### *Wissenschaftlicher Beirat*

Eine besondere Rolle bei der wissenschaftlich-strategischen Ausrichtung des OWI spielt der wissenschaftliche Beirat. Er umfasst neben Prof. Pfeifer, dem wissenschaftlichen Leiter, zwölf persönlich für einen Zeitraum von vier Jahren ernannte Mitglieder aus der Wissenschaft, der Industrie und Verbänden. Der Beirat berät die Organe des Instituts in wissenschaftlichen und technischen Fragen und nimmt damit auch Einfluss auf die Forschungsstrategien und die künftige Ausrichtung.

Durch seine regelmäßige Neubesetzung kann der Beirat auf die sich verändernden politischen und forscherschen Rahmenbedingungen reagieren.

Durch die enge Anbindung an das IOB als Schnittstelle zur RWTH Aachen konnte das OWI sich in den vergangenen Jahren stets optimal als Forschungsinstitut positionieren. Im Jahr 2018 steht eine erneute Evaluierung als An-Institut an. Die Fortsetzung dieser Kooperation bildet eine gute Basis für die Erweiterung der wissenschaftlichen Perspektiven des Instituts.



*Herkömmliche und alternative Brenn- und Kraftstoffe gehören zum Forschungsportfolio des OWI.*

# IGCS Winter School 2016

## *Flüssige Biokraftstoffe nachhaltig produzieren und einsetzen*

Wie kann Biodiesel effizient, umweltschonend und kostengünstig produziert werden? Welche chemisch-physikalischen Eigenschaften sind für die Lagerung und Stabilität von Biodiesel wichtig? Welche Aspekte der Nachhaltigkeit sind bei der Produktion und Verwendung von Biodiesel besonders zu beachten? Diese und weitere Fragen beschäftigten rund 30 Studenten, die vom 22. Februar bis 4. März 2016 an der IGCS Winter School am Indian Institute of Technology Madras (IIT Madras) in Chennai, Indien, teilnahmen. Die Themenschwerpunkte lagen auf der Produktion, Charakterisierung und Nutzung flüssiger Brenn- und Kraftstoffe, insbesondere von Biodiesel, sowie den damit zusammenhängenden technologischen Herausforderungen und politischen Aspekten. Das Programm bestand neben Vorlesungen durch Experten aus Indien und Deutschland sowie praktischen Arbeiten im Labor auch aus Ausflügen zu Produktionsstätten für Biodiesel. Die projektorientierte Teamarbeit, Brainstorming-Sitzungen und gemeinsamen Präsentationen der studentischen Projekte trugen dazu bei, die Kommunikation und

Teambildung zwischen den indischen und deutschen Studenten zu stärken und das Verständnis sowie den Respekt für die kulturellen Unterschiede zu wecken. Die Bewertung der Winter School durch die Studenten fiel sehr positiv aus, weil sie nicht nur ihr Wissen erweitern und vertiefen, sondern auch im interkulturellen Austausch neue Erfahrungen machen und Kontakte knüpfen konnten.

Die „IGCS Winter School zur nachhaltigen Verwendung flüssiger Brenn- und Kraftstoffe“ wurde vom IIT Madras, dem OWI Oel-Waerme-Institut und der RWTH Aachen gemeinsam organisiert. Ermöglicht wurde diese Veranstaltung durch die finanzielle Unterstützung des Indo-German Centre for Sustainability (IGCS), gefördert durch den DAAD und das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie des Department of Science and Technology (DST) der indischen Regierung.

*Die Teilnehmer der IGCS Winterschool 2016.*



## Vorträge

**S. Eiden, B. Leuchtle, W. Koch, R. Hermanns, K. Lucka, L. M. Blank**

[Micro-Emulsions – Stabilization during microbial growth on biogenic fuels](#), IGCS Conference on Sustainability: Exploring planetary boundaries and their challenges and opportunities, 27 - 28 February 2016, Chennai, India

**R. Hermanns**

[Challenges on Residential Heating Systems supplied with Liquid Biofuels](#), IGCS Winterschool 2016, 20 Februar - 06 March 2016, Chennai, India

**E. Pohl, J. vom Schloß**

[Numerical performance optimization of a modular HT-PEM based CHP system considering seasonal effects and degradation effects](#), Hydrogen Days, 06 - 08 April 2016, Prague

**E. Pohl, J. vom Schloß, A. Stark**

[Experimental characterization of HT-PEM based modular CHP systems for district heating applications](#), Hydrogen Days, 06 - 08 April 2016, Prague

**R. Hermanns**

[Measurements of Fuel and Combustion related Properties at OWI](#), 2nd International Workshop on Reaction kinetics, Thermophysical properties and Dynamics of liquids in confinements for energy applications, 25. - 27. April 2016, Braunschweig

**H. Hoffmann, S. Feldhoff**

[Injector Deposit Test Method for alternative fuels: "ENIAK"](#), 4th TMFB International Conference, 21. - 23. Juni 2016, Aachen, Germany

**M. Grote, K. Lucka**

[Statistical analysis of long term fuel storage data](#), 25th ELABCO 2016, 21 - 22 April 2016, Brussels, Belgium

**E. Pohl, R.T.E. Hermanns**

[Design of an accelerated life testing procedure of a fuel supply system with physical model based reliability analysis](#), Seventh International Conference on Engineering Failure Analysis, 3. - 6. Juli 2016, Leipzig, Germany

**P.H. Saptogino, M. Grote, R.T.E. Hermanns, D. Diarra**

[Modeling of mass evaporation behavior of single and multicomponent fuels under combustion conditions in pool fires](#), Combura symposium, 5 - 6 October 2016, Soesterberg, Netherlands

**R.T.E. Hermanns, A. Frassoldati, S. Feldhoff, D. Möntmann, T. Rütten**

[Challenges on the combustion of pyrolysis oil in residential heating systems](#), Combura symposium, 5 - 6 October 2016, Soesterberg, Netherlands

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

[Recent improvements of the Heat Flux setup to determine laminar burning velocities of liquid fuels](#), Combura symposium, 5 - 6 October 2016, Soesterberg, Netherlands

**W. Koch, K. Lucka**

[Langzeitstabilität verschiedener mehrkomponentiger Kraftstoffe](#), 14. Internationaler Fachkongress für erneuerbare Mobilität – Kraftstoffe der Zukunft 2017, 23. - 24. Januar 2017, Berlin

**S. Feldhoff, W. Koch, D. Diarra, H. Hoffmann, K. Lucka**

[Injector Deposit Test Method for Diesel Fuels: "ENIAK", Motorische Verbrennung – Aktuelle Probleme und moderne Lösungsansätze \(XIII. Tagung\)](#), 16. - 17. März 2017, Ludwigsburg

**M. Grote, E. Pohl, P. H. Saptogino, D. Diarra**

[Einfluss der Emissivität auf die Effizienz der Strahlungswärmeübertragung in Öfen](#), Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Abfallbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, Energieverfahrenstechnik, Gasreinigung, Hochtemperaturtechnik, Rohstoffe und Kreislaufwirtschaft, 21. - 23. März 2017, Frankfurt

**R.T.E. Hermanns, D. Möntmann, T. Rütten, H. Pfeifer**

[Herausforderungen bei der Verbrennung von Pyrolyseöl](#), 1. Aachener Ofenbau- und Thermoprocess Kolloquium, Aachen, 11. - 12. Mai 2017

**M. Röder, A. Giese, A. Al-Halbouni, D. Möntmann, M. Grote, D. Diarra**

Feuerungssystem zur kombinierten Verbrennung von flüssigen und gasförmigen Bio-Brennstoffen, 1. Aachener Ofenbau- und Thermoprocess Kolloquium, 11. - 12. Mai 2017, Aachen

**H. Ackermann, D. Diarra**

Beitrag von Substanzen aus dem Nutzgut zur Verschmutzung von Regeneratoren und Rekuperatoren von Wärm- und Wärmebehandlungsöfen, 1. Aachener Ofenbau- und Thermoprocess Kolloquium, 11. - 12. Mai 2017, Aachen

**R.T.E. Hermanns, T. Rütten, B. van de Beld, A. Oasmaa, P. Massoli, A. Frassoldati, A. Toussaint, H. Insam**

Renewable Residential Heating with Fast Pyrolysis Bio-oil: Residue2Heat, 25th European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), 12 June 2017, Stockholm, Sweden

**H. Hoffmann, K. Lucka, O. Bergmann**

Fuel Quality in Emergency Backup Power Systems, 10th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, 27. - 29. Juni 2017, Stuttgart

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

A Systematic Analysis of Improvements of the Heat Flux Setup to Determine Laminar Burning Velocities of Liquid Fuels, 11th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, 27. - 29. Juni 2017, Stuttgart

**E. Pohl, F. Beckmann, C. Tregambe**

Experimental plant balancing and cell voltage analysis of a high temperature proton exchange membrane fuel cell stack with natural gas fuel processor, 6th European PEFC and Electrolyser Forum, 4 - 7 July 2017, Lucerne Switzerland

**E. Pohl, D. Diarra**

Improved performance of modular HT-PEM based CHP systems considering seasonal effects and degradation effects, 6th European PEFC and Electrolyser Forum, 4 - 7 July 2017, Lucerne Switzerland

**D. Möntmann, M. Grote, D. Diarra, M. Röder, A. Giese, A. Al-Halbouni, K. Görner**

Entwicklung eines Feuerungssystems zur Erzeugung industrieller Prozesswärme aus biogenen Brennstoffen, 28. Deutscher Flammentag, 06. September 2017, Darmstadt, VDI-Berichte 2302, ISBN 978-3-18-092302-4, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2017

**H. Ackermann, D. Diarra, J.T. Bauer, M.C. Galetz**

Creep at low stresses of austenitic steels with and without aluminide coating, 4th International ECCO Conference, 10. - 14. September 2017, Düsseldorf

**C. Kosuru, W. Koch, S. Feldhoff, R.T.E. Hermanns**

Deposit formation by fresh and aged fuels in porous media evaporators, Combura 2017, 12 October 2017, Amersfoort, The Netherlands

**S. Eiden**

Ermittlung reaktionskinetischer Daten zur Ermittlung von (Rest-) Gebrauchsdauern von Schmierfetten mittels TGA, DGMK-Jahrestreffen der Analytiker, 23. - 24.11.2017, Hamburg

## Poster

**P.H. Saptogino, M. Grote, R.T.E. Hermanns, D. Diarra**

Modeling of evaporation behavior of fuel under combustion conditions in pool fires, International Combustion Institute Winter School (ICIWS) 2016, 25 - 28 January 2016, Eindhoven

**P.H. Saptogino, M. Grote, D. Diarra**

Numerische Untersuchungen eines FLOX-Brenners für flüssige Brennstoffe, Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Mehrphasenströmungen, Partikelmesstechnik, Zerkleinern und Klassieren, Computational Fluid Dynamics, Mischvorgänge und dem TAK Aerosoltechnologie, 14. - 17. März 2017, Dresden

**M. Grote, E. Pohl, P.H. Saptogino, D. Diarra**

Impact of Solid Body Emissivity on Radiative Heat Transfer Efficiency in Furnaces – A Numerical Study, 11th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (Infub-11), 18 - 21 April 2017, Albufeira - Algarve

– Portugal, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217327753>

**P.H. Saptogino, M. Grote, R.T.E. Herrmanns, D. Diarra**

[Modelling of Mass Evaporation Behaviour of Single and Multi-Component Fuels Under Combustion Conditions in Pool Fires](#), 8th European Combustion Meeting 2017, 18 - 21 April 2017, Dubrovnik, Croatia

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

[Mikrobiologische Kontamination biogener Brennstoffe](#), 2. Tagung der Fuels Joint Research Group (FJRG) "Kraftstoffe für die Mobilität von morgen", 01. - 02. Juni 2016, Bad Staffelstein

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

[Recent improvements of the Heat Flux setup to determine laminar burning velocities of liquid fuels](#), 28. Deutscher Flammentag – Verbrennung und Feuerung, 06. - 07. September 2017, Darmstadt

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

[Method development for investigation of microbial fuel contamination](#), Bioprocessing Days 2017, 20. - 22. Februar 2017, Recklinghausen

## Konferenzbeiträge

**H. Hoffmann, S. Feldhoff; W. Koch, K. Lucka**

[Internal Diesel Injector Deposits: Investigations with the non-Engine test "ENIAK"](#), In: Tschöke, Helmut; Marohn, Ralf (Hg.): Diesel- und Benzindirekteinspritzung mit Special Session Gaseinblasung - 10. Tagung, Springer Fachmedien 2016, S. 269-280, ISBN 978-3-658-15326-7

**M. Grote, E. Pohl, P.H. Saptogino, D. Diarra**

[Einfluss der Emissivität auf die Effizienz der Strahlungswärmeübertragung in Öfen](#), Jahrestreffen der Process-Net-Fachgruppen Abfallbehandlung und Wertstoffrückgewinnung, Energieverfahrenstechnik, Gasreinigung, Hochtemperaturtechnik, Rohstoffe und Kreislaufwirtschaft, 21. - 23. März 2017, Frankfurt

**M. Grote, E. Pohl, P.H. Saptogino, D. Diarra**

[Impact of Solid Body Emissivity on Radiative Heat Transfer Efficiency in Furnaces – A Numerical Study](#), 11th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (Infub-11), 18 - 21 April 2017, Albufeira - Algarve – Portugal, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217327753>

**P.H. Saptogino, M. Grote, R. Herrmanns, D. Diarra**

[Modelling of Mass Evaporation Behaviour of Single and Multi-Component Fuels Under Combustion Conditions in Pool Fires](#), 8th European Combustion Meeting 2017, 18 - 21 April 2017 in Dubrovnik, Croatia

**R.T.E. Hermanns, D. Möntmann, T. Rütten, H. Pfeifer**

[Herausforderungen bei der Verbrennung von Pyrolyseöl](#), 1. Aachener Ofenbau- und Thermoprocess Kolloquium, 06. Oktober 2017, Aachen

**R.T.E. Hermanns, T. Rütten, B. van de Beld,**

**A. Oasmaa, P. Massoli, A. Frassoldati, A. Toussaint, H. Insam**  
[Renewable Residential Heating with Fast Pyrolysis Bio-oil: Residue2Heat](#), 25th European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), 12 June 2017, Stockholm, Sweden

**H. Hoffmann; K. Lucka, O. Bergmann**

[Fuel Quality in Emergency Backup Power Systems](#), 10th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, 28. Juni 2017, Stuttgart

**M. Fernández-Delgado Juárez, M. Gómez-Brandón,**

**T. Mazzier, D. Schönegger, R.T.E. Hermanns, E. Leijenhorst, H. Insam**  
[Biomass ashes from pyrolytic wood liquefaction as novel soil amendments](#), European Geosciences Union 2017, 24. April 2017, Vienna, Austria

**H. Ackermann, D. Diarra**

[Beitrag von Substanzen aus dem Nutzgut zur Verschmutzung von Regeneratoren und Rekuperatoren von Wärm- und Wärmebehandlungsöfen](#), 1. Aachener Ofenbau- und Thermoprocess Kolloquium, 11. und 12. Mai 2017, Aachen

**H. Ackermann, D. Diarra, J.T. Bauer, M.C. Galetz**  
Creep at low stresses of austenitic steels with and without aluminide coating, 4th International ECCO Conference, 10.-14. September 2017, Düsseldorf

**S. Feldhoff, W. Koch, D. Diarra, H. Hoffmann, K. Lucka**  
Injector Deposit Test Method for Diesel Fuels: "ENIAK", In: Leipertz, Prof. Dr.-Ing. A. (Hrsg.): Motorische Verbrennung – Aktuelle Probleme und moderne Lösungsansätze (XIII. Tagung), ESYTEC GmbH 2017, S. 257–265, ISBN 978-3-945806-08-1

**S. Feldhoff, R.T.E. Hermanns**  
A Systematic Analysis of Improvements of the Heat Flux Setup to Determine Laminar Burning Velocities of Liquid Fuels, In: Schubert, J. N. (Hrsg.): 11th International Colloquium Fuels – Conventional and Future Energy for Automobiles, Technische Akademie Esslingen 2017, ISBN 978-3-943563-32-0

**S. Feldhoff, R.T.E. Hermanns**  
Recent improvements of the Heat Flux setup to determine laminar burning velocities of liquid fuels, 28. Deutscher Flammentag Verbrennung und Feuerung, 06. - 07. September 2017, Darmstadt

**D. Möntmann, M. Grote, D. Diarra, M. Röder, A. Giese, A. Al-Halbouni, K. Görner**  
Entwicklung eines Feuerungssystems zur Erzeugung industrieller Prozesswärme aus biogenen Brennstoffen, 28. Deutscher Flammentag, 06. September 2017, Darmstadt, VDI-Berichte 2302, ISBN 978-3-18-092302-4, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2017

## Journal-Publikationen

**E. Pohl, P. Meier, M. Maximini, J. vom Schloß**  
Primary energy savings of a modular combined heat and power plant based on high temperature proton exchange membrane fuel cells, Applied Thermal Engineering, Volume 104, 5 July 2016, pages 54 – 63, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.05.055>

**E. Pohl, R.T.E. Hermanns**  
Physical model based reliability analysis for accelerated life testing of a fuel supply system, Fuel, Volume 182, 15 October 2016, pages 340 – 351, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2016.05.119>

**T. Hoja, H. Ackermann, C. Erasmi, H. Altena, A. Mehner, H.-W. Zoch, K. Lucka**  
Einfluss des Oberflächenzustands ausgewählter metallischer Hochtemperaturwerkstoffe auf das Metal-Dusting-Verhalten, HTM Journal of Heat Treatment and Materials, Volume 70, 2015, Seite 293-303

**B. Leuchtle, W. Xie, T. Zambanini, S. Eiden, W. Koch, K. Lucka, M. Zimmermann, L.M. Blank**  
Microbial challenges for domestic heating oil storage tanks, Engineering in Life Sciences, Volume 16, Issue 5, 2016, S. 474-482

**P.V. Navaneeth, H. Kumar G., P.S. Mehta, R.T.E. Hermanns**  
Predictive Skeletal Kinetic Model of Biodiesel Autoxidation, Energy & Fuels, 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.6b02620>

**B. Leuchtle, L. Epping, W. Xie, S.J. Eiden, W. Koch, D. Diarra, K. Lucka, M. Zimmermann, L.M. Blank**  
Defined incoulum for the investigation of microbial contaminations of liquid fuels, International Biodeterioration & Biodegradation (im Druck)

## Fachzeitschriften

**H. Ackermann, D. Diarra, J.G. Wüning**  
Zunderwachstum von Kupfer und Stahl bei direkter Befuerung mit Luft- oder Brennstoffüberschuss, gaswärme international, Heft 4, 2016

**S. Otto, W. Adler, B. Stranzinger, H. Ackermann, D. Kuckelberg, D. Diarra, G. Teneva-Kosseva, V. Uhlig, H. Krause**  
Beeinträchtigung von Wärmeübertragern in direkt befeuerten Thermoprozessanlagen durch Verschmutzung, Ablagerungen und Korrosion, gaswärme international, Heft 4, 2016

**C. Schwotzer, M. Schnitzler, H. Pfeifer, H. Ackermann, D. Diarra**

Low scale reheating of semi-finished metal products in furnaces with a central recuperator, heat processing, Heft 3, 2016, Seite 83 - 89

**R.T.E. Hermanns, A. Oasmaa, B. van de Beld**

Renewable Residential Heating with Fast Pyrolysis Bio-oil: Residue2Heat, PyNe Newsletter, page 11, IEA Bioenergy Task 34, Issue 39

**S. Otto, W. Adler, B. Stranzinger, H. Ackermann, D. Kuckelberg, D. Diarra, G. Teneva-Kosseva, V. Uhlig, H. Krause, H.-P. Gitzinger**

Herkunft, Quantität und Wirkung von Ablagerungen in Wärmeübertragern von direkt befeuerten Thermoprozessanlagen, gaswärme international, 01/2017, page 45 - 56

**S. Otto, W. Adler, B. Stranzinger, H. Ackermann, D. Kuckelberg, D. Diarra, G. Teneva-Kosseva, V. Uhlig, H. Krause, H.-P. Gitzinger**

Origin, quantity and impact of deposits on heat exchangers in direct fired thermoprocessing plants, heat processing, 02/2017, page 85 - 96

**M. Neulen; K. Lucka, W. Koch**

Anwendungstechnische Eigenschaften von Mitteldestillaten am Beispiel von Heizöl EL A, Erdöl Erdgas Kohle, Jahrgang 133, Heft 5, 2017, Seiten 201 - 206, DOI 10.19225/170503

## Berichte

**S. Feldhoff, A. Awgustow, S. Kureti, T. Kuchling**

Hydriertes Pflanzenöl als Substitut für Heizöl EL schwefelarm, DGMK Forschungsbericht 743, Hamburg, Februar 2016, ISBN 978-3-941721-63-0

**K. Brendel, S. Eiden, S. Feldhoff**

Einfluss der Alterung von Mitteldestillaten mit alternativen Komponenten auf die Funktionalität und die Bewertung von Additiven nach No-Harm Kriterien, DGMK Forschungsbericht, ISBN 978-3-941721-79-1, 2017

**S. Eiden, B. Leuchtle, K. Brendel, L.M. Blank**

Entstehung von Mikroemulsionen (Wasser/Öl); deren Stabilisierungsmechanismen und Einfluss auf die Betriebssicherheit von Mitteldestillaten am Beispiel von Heizöl EL, A und Bio in technischen Applikationen, DGMK Forschungsbericht, ISBN 978-3-941721-82-1, 2017

## Master-, Bachelor und Projektarbeiten

**Darwin Jahja**

Experimental Analysis of the Burning Behavior of Pure and Multicomponent Fuels in Small Pool Fires, Bachelor's Thesis, FH Aachen University of Applied Sciences, May 2016

**Marcel Witton**

Untersuchung zum Selbstzündverhalten von Pflanzenölen und Pflanzenmethylestern, Masterarbeit, Juni 2016, RWTH

**Rahul Desala**

Investigation of Laminar Burning Velocities of Ethanol-Gasoline blends on Heat-Flux Burner, Masterarbeit, Universität Duisburg-Essen, 06. Oktober 2017

**Jorge Gonzalez Cordoba**

Einfluss des Verdunstungsverhaltens auf die Verkokungsneigung von flüssigen Brennstoffen in porösen Medien, Masterarbeit, RWTH Aachen, August 2016

**Chandra Kanth Kosuru**

Deposit formation of fresh and aged fuels in porous media evaporators, Master Thesis, Fachhochschule Aachen, 2017

# Impressum

© 2018 OWI – Oel-Waerme-Institut gGmbH,  
An-Institut der RWTH Aachen

**Firmensitz:**

OWI Oel-Waerme-Institut gGmbH  
Kaiserstraße 100  
52134 Herzogenrath

**Geschäftsführer:** Dipl.-Ing. David Diarra

**Tel.:** +49 2407 9518 -100  
**Fax:** +49 2407 9518 - 118

**E-Mail:** [info@owi-aachen.de](mailto:info@owi-aachen.de)

**URL:** [www.owi-aachen.de](http://www.owi-aachen.de)

**V.i.S.d.P.:** David Diarra

**Satz & Layout:**

Institut für Wärme und Oeltechnik, Hamburg  
[www.zukunftsheizen.de](http://www.zukunftsheizen.de)

**Fotos:**

Soweit bei den Fotos kein Copyright ausgewiesen ist,  
liegen die Nutzungsrechte beim Oel-Waerme-Institut.  
Foto Titelseite und Hefrückseite:  
artemegorov - fotolia.com.

Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

