



Gas- und Wärme-  
Institut Essen e.V.

DAS ENERGIE-INSTITUT IN ESSEN

[www.gwi-essen.de](http://www.gwi-essen.de)



TÄTIGKEITSBERICHT 2017

GAS- UND WÄRME-INSTITUT ESSEN E.V.





# INHALTSVERZEICHNIS

Allgemeiner Überblick .....	4
Bildungswerk .....	6
Prüflaboratorium .....	8
Marktraumumstellung .....	9
Forschung und Entwicklung .....	9
Industrie- und Feuerungstechnik .....	9
Brennstoff- und Gerätetechnik .....	15
Publikationen und Vorträge .....	22
Impressum .....	26



# ALLGEMEINER ÜBERBLICK

Das Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. (GWI) kann auf ein erfolgreiches und bewegtes Jahr 2017 zurückblicken. Die wirtschaftlichen Rahmendaten des GWI haben sich weiterhin positiv verstetigt, für eine nachhaltige Gestaltung der Zukunftsfähigkeit konnten zudem wichtige Projektakquisitionen erfolgreich abgeschlossen werden. Auch thematisch sieht sich das GWI für die Zukunft gut aufgestellt, insbesondere konnten Projekte bei unterschiedlichen Projektträgern zum übergeordneten Thema „Sektorenkopplung“ initiiert werden.

Am 28.06.2017 wurde Herr Dipl.-Ing. Dietmar Spohn, Sprecher der Geschäftsführung der Stadtwerke Bochum GmbH, von der Mitgliederversammlung des GWI zum neuen Verwaltungsratsvorsitzenden gewählt. Herr Spohn ist seit 2004 Mitglied des Verwaltungsrates und bestens mit der strategischen Ausrichtung und den Aktivitäten des GWI vertraut. Dieser Wechsel an der Spitze des Verwaltungsrates steht auch für Kontinuität, die für die weitere strategische Entwicklung des GWI erforderlich ist. Herr Spohn folgt im Verwaltungsratsvorsitz Herrn Dipl.-Ing. Dietmar Bückemeyer, ehemals Vorstandsmitglied der Stadtwerke Essen AG.

Am 28. Juni 2017 fand zum 80-jährigen Bestehen des GWI im Anschluss an die Mitgliederversammlung eine Jubiläumsveranstaltung statt, zu der neben Vertretern der Mitgliedsunternehmen auch Kunden, Partner und Freunde des Instituts eingeladen wurden. Nach einer kurzen Begrüßung durch den Vorstand Dr. Rolf Albus und Prof. Klaus Görner mit einem kleinen Streifzug durch die Geschichte des GWI entrichtete der 1. Bürgermeister Herr Rudolf Jelinek die Grußworte der Stadt Essen. Der neu gewählte Verwaltungsratsvorsitzende Herr Dietmar Spohn betonte in seinen Grußworten die Unabhängigkeit des GWI als Branchenforschungsinstitut mit den Schwerpunkten F&E, Prüfung, Weiterbildung und Beratung. Die starke Bindung zum Branchenverband DVGW ermöglicht es dem GWI, die Themen der DVGW-Innovationsoffensive Gas (2009-2015) sowie der neu aufgesetzten Innovationsforschung Gas (seit 2016) konsequent in die breite Anwendung weiterzuentwickeln.

Das GWI ist mit seinen zentralen Bereichen Forschung & Entwicklung, Prüflabor, Marktraumumstellung (seit 01.07.2017 eigener Bereich) sowie Beratung und Weiterbildung (**Abbildung 1**) Motor für Innovationen und arbeitet gemeinsam mit seinen Mitgliedern und Kunden an der Zukunftsfähig-



1) Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik an der Universität Duisburg-Essen  
 2) Stabstelle Vorstand (Nachfolge ab 01.01.2019: Dr. Manfred Lange)  
 3) seit 01.07.2017

**Abbildung 1:** Organisation des GWI (Quelle: GWI, 2017)

keit der Energiebranche in einem sich rasant verändernden Umfeld. Durch die enge Verzahnung der interdisziplinär aufgestellten Bereiche versteht sich das GWI als Motor für Innovationen und fokussiert seine Forschungsschwerpunkte auf die Themen Gasbeschaffenheiten (LNG-Potenzialstudien, sowie Projektmanagement und Qualitätssicherung bei L/H-Gasanpassungsmaßnahmen), Versorgungssicherheit und Gasanwendungstechnologien (Gas-Plus-Technologien und Kraft-Wärme-Kopplung), die vom privaten Haushalt bis hin zum industriellen Maßstab reichen. Gestützt auf seine Kompetenz und Neutralität in der Branche bringt sich das GWI als technologisch fundierte „Stimme pro Gas“ aktiv in die öffentliche Diskussion ein.

Rund um das branchenübergreifende hochaktuelle Thema Energiewende werden Forschungsvorhaben zu „Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung“, „Speichertechnologien in der Erdgasinfrastruktur und Gebäudeenergieversorgung“, Verwertung von schwach- und niederkalorigen Gasen und „Konvergenz der Strom- und Gasnetze“ bearbeitet. Die Arbeitsschwerpunkte liegen u.a. auf Fragestellungen zu Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsschwankungen auf Industrieprozesse und Gasanwendungstechnologien, der Integration der erneuerbaren Energien in bestehende Energieversorgungsstrukturen sowie der Kraft-Wärme-Kopplung in der häuslichen und gewerblichen Energieversorgung, wobei hier aufgrund der Komplexität interdisziplinäre Lösungsansätze verfolgt werden. Das im Zusammenhang mit der Energiewende immer bedeutender werdende Thema Sektorenkopplung wird vom GWI im Rahmen verschiedener F&E-Verbundvorhaben intensiv bearbeitet, insbesondere die Verknüpfung der Strom-, Wärme- und Verkehrssektoren unter Nutzung der bestehenden Infrastruktursysteme. Hierzu kann das GWI mit seinem fundierten Know-how über verschiedene Sektorenkopplungstechnologien wie z.B. KWK(K), Power-to-X sowie LNG/Mobilität einen wichtigen Beitrag liefern.

Das GWI konnte sein Netzwerk in der Forschungslandschaft im Energieland NRW und darüber hinaus weiter ausbauen, insbesondere zu den Themen Gasbeschaffenheit, Wasserstoff und KWK/Brennstoffzelle. Auch im DVGW konnte sich das GWI weiter einbringen und ist integraler Bestandteil der DVGW-Forschungsaktivitäten. Der DVGW selbst hat mit einem Grundlagenpapier „Der Energie-Impuls | Ein Debattenbeitrag für die nächste Phase der Energiewende“, das auf Ergebnissen der DVGW-Forschung und einem intensiven Meinungs-

austausch mit Akteuren der Branche basiert, sich als Begleiter der Energiewende und Experte für die Politik klar für den Energieträger Gas positioniert.

Das GWI tritt als „technischer“ Komplettanbieter sowie als Bindeglied zwischen „Grundlagenforschung und Praxis“ auf. Es versteht sich als Brancheninstitut und hat sich immer mehr zu einem anwendungstechnischen Energie-Institut weiterentwickelt (Gas, Wärme, Strom). Für die Zukunft will sich das GWI als „Das Energie-Institut in Essen“ darstellen und positionieren.

Das Themenspektrum ist breit gefächert und reicht von der Gebäudeenergieversorgung über Gewerbe bis hin zu industriellen Anwendungen. Der Gesamtsystemaspekt bestimmt nun das „Denken“, z.B. in der Gebäudeenergieversorgung verliert die Gebäudehülle ihre Bedeutung als Bilanzgrenze, die vorgelagerten Netze dagegen gewinnen an Bedeutung. Neben innovativen Technologien werden umfassende Informations- und Kommunikationselemente immer bedeutender. Das Tätigkeitsspektrum in der Abteilung Industrie- und Feuerungstechnik reicht von der Brenneinstellung bis hin zur Optimierung der gesamten Prozesskette. Im Fokus liegen immer eine „saubere“ Verbrennung und eine Verbesserung der Energieeffizienz.

Mit dem seit Jahren zunehmenden Themen- und Tätigkeitsspektrum und dem damit verbundenen Zuwachs an Personal sind Engpässe aufgetreten. Das Institutsgelände, das im Jahr 1970 erworben und 1999 erweitert wurde, lässt mittlerweile keine Ausbaumöglichkeiten mehr zu. Daher wird ein unmittelbar zur Hafenstraße angrenzendes Grundstück mit einer Fläche von ca. 1.113 m<sup>2</sup> von der Stadt Essen erworben, um darauf ein Verwaltungs- und Weiterbildungszentrum zu errichten. Erste grundlegende Planungen wurden bereits abgeschlossen. Zurzeit laufen letzte Abstimmungen mit der Stadt Essen zum Grundstückskauf. Nach jetziger Planung ist der Baubeginn für Herbst 2018 vorgesehen.

Neben verschiedenen Veröffentlichungen und Vorträgen hat das GWI wiederum die E-world energy & water in Essen genutzt, um die Leistungen und Dienstleistungsangebote einem breiten Fachpublikum vorzustellen. Auf der dort in Essen präsentierte das GWI auf dem DVGW-Gemeinschaftsstand Forschungsschwerpunkte sowie aktuelle Themen der Branche.



## BILDUNGSWERK BILDUNGSWERK

Das sehr erfolgreiche Jahr 2017 zeichnete sich für das GWI-Bildungswerk dadurch aus, dass die Zusammenarbeit im Bildungsverbund mit DVGW und rbv erstmals konkret durchgeführt werden konnte.

Das Ziel des Strategieprojekts „DVGW 2025“ besteht darin, durch ein neues Leitbild die Position des DVGW als anerkannter Regelsetzer sowie als innovativer Gestalter und Dienstleister für seine Mitglieder weiter auszubauen. Ein wichtiger Baustein dazu sind verstärkte Kooperationen mit Partnern, im Sinne der Entwicklung und Unterstützung innovativer Verfahren, Produkte und Dienstleistungen.

In diesem Prozess wurden strategische Ziele und konkrete Maßnahmen konzipiert und anschließend umgesetzt. Dazu gehört auch, die Umsetzung des Qualitäts- und Schutzniveaus durch Bildung zu gewährleisten sowie die Branchenbedürfnisse im Hinblick auf Aus-, Fort- und Weiterbildung angemessen abzubilden. Mit dem Bildungsverbund aus DVGW, GWI und rbv steigt der Branchennutzen durch bedarfsgerechte, vielfältige und spezifische Bildungsangebote.

Dazu wurde ein gemeinsames Bildungsprogramm zunächst von GWI und DVGW für das Jahr 2017 vorgestellt. In Zusammenarbeit mit dem damaligen Center

West der DVGW Berufsbildung wurden die bereits langjährig bewährten Bildungsprogramme der beiden Partner neu strukturiert und aus der Historie heraus entstandene Parallelentwicklungen inhaltlich abgeglichen. Ziel ist und bleibt es, den Interessenten ein abgestimmtes und umfassendes Angebot präsentieren zu können.

DVGW und GWI brachten dazu ihre jeweiligen Stärken ein. Der DVGW steht für die Umsetzung der Fach- und Gremienarbeit in zielgruppengerechte Bildungsangebote und für die Analyse der relevanten Regelwerke mit Qualifikationsrelevanz (z.B. im Hinblick auf die Arbeitssicherheit im Bereich der Gasversorgungssysteme). Das GWI arbeitet einerseits aus seiner Rolle als Forschungsinstitut in den Fachgremien des DVGW an der Weiterentwicklung der Regelwerke mit und hält andererseits über konkrete Projekt- und Beratungsdienstleistungen den Kontakt zu den Alltagsproblemen der Unternehmen der Branche.

Der Standort des GWI wird mittlerweile auch für DVGW Veranstaltungen genutzt, indem die bewährten Schulungsanlagen des GWI, an denen praktisch demonstriert und geübt werden kann, auch bei DVGW Veranstaltungen zum Einsatz kommen. Der Praxisbezug von Bildungsinhalten, insbesondere

durch Erhöhung des Praxisanteils in Schulungen, ist eines der ausdrücklichen Ziele des Bildungsverbundes.

GWI und DVGW haben im Berichtsjahr eine gemeinsame Schulungsanlage für Praxistrainings im Bereich der Gas-Hausinstallation aufgebaut. Aus der Erfahrung verschiedener Vorläuferprojekte wurde damit in den Versuchshallen des GWI eine von beiden Partnern nutzbare Einrichtung geschaffen, die unterschiedliche Installationskonzepte von der Tradition bis hin zu modernen Systemen realisiert und anschaulich macht. Parallel dazu konnten für die Ausbildung der Anpassungsmonteur für die L-H-Marktraumumstellung eine Anzahl unterschiedlichster Gasgeräte beschafft und für Schulungszwecke installiert werden. Die zukünftigen Anpassungsmonteur üben hier konkret und unter Aufsicht und Anleitung das korrekte und regelwerkskonforme Vorgehen bei der Erhebung und Anpassung von Gasverbrauchseinrichtungen.



Wirtschaftlich gesehen konnte der Ertrag des GWI-Bildungswerks 2017 zum wiederholten Male gesteigert und damit die Erfolge der Vorjahre fortgesetzt werden. Die Weiterbildungsveranstaltungen gehören zu den gemeinnützigen Aktivitäten des GWI und generell dienen die hier erwirtschafteten Erlöse dazu, die satzungsgemäßen Forschungsaktivitäten des eigenen Hauses zu unterstützen. Im Gegensatz zu anderen, kommerziell orientierten Veranstaltern, werden diese Gelder damit zur Lösung der Zukunftsaufgaben der Branche verwendet. Diese Situation trägt sicherlich auch zur hohen Nachfrage nach unseren Veranstaltungen durch unsere Mitgliedsunternehmen und Kunden bei.

Die Akzeptanz des DVGW Regelwerks als „anerkannte Regeln der Technik“ bzw. als „Stand der Technik“ ist nicht selbstverständlich. Die Regeln müssen in den Unternehmen entsprechend umgesetzt, angewendet und „verinnerlicht“ werden. Dies zu vermitteln, ist eine der Hauptaufgaben der Veranstaltungen des GWI, eingebettet in den größeren Rahmen des Bildungsverbundes.

Das GWI kann, aus seiner Praxisnähe heraus, für sich in Anspruch nehmen, bei den brancheninternen Diskussionen zu den Regelwerken pragmatische Interpretationshilfen geliefert zu haben. Dies resultiert dann in praxisnahen Schulungskonzepten, die die branchentypischen Besonderheiten bei Gasanlagen erfasst und die mit erfreulicher Resonanz durch die Unternehmen wahrgenommen werden. Daher ist die Arbeit in den Gremien des DVGW zur Erstellung des Regelwerks für die Veranstaltungen des GWI von großer Bedeutung. Die konkrete und ehrenamtliche Mitarbeit bei der Regelwerkserstellung bietet die Möglichkeit, bei der Konzeption von Schulungsveranstaltungen nicht nur den offiziellen Text der Arbeitsblätter zu berücksichtigen, sondern vor allem auch die Diskussionen und Hintergründe vor der Regelwerksverabschiedung und -veröffentlichung mit einfließen zu lassen.

Aber auch aus der umgekehrten Perspektive des DVGW sind die Veranstaltungskonzepte des GWI sehr interessant, weil durch die Arbeit des Instituts das reine Regelwerk handhabbar gemacht wird auf Basis konkreter Projekterfahrungen und der Spiegelung an den Alltagserfahrungen in den Unternehmen.

Die Übertragung der technischen Regeln in die Praxis ist auch deswegen von Bedeutung, weil das DVGW-Regelwerk und seine Anwendung in vielen Unternehmen, vor allem außerhalb des eigentlichen Gasfachs, nicht von vornherein als gegeben akzeptiert ist. Hier existieren mit der aktuellen Betriebssicherheits- und Gefahrstoffverordnung, den zugehörigen technischen Regeln sowie mit der zunehmenden europäischen Normung weitere gewichtige Regelwerke, die deutlich im Wettbewerb zur Relevanz der DVGW-Arbeitsblätter stehen. Um hier Akzeptanzproblemen und einer Abschwächung des anerkannt hohen sicherheitstechnischen Niveaus des DVGW Regelwerks entgegenzuwirken, ist das GWI als Partner im Bildungsverbund sehr wichtig. Einerseits aufgrund seines direkten Zugangs zu den Unternehmen als praxisorientiertes Forschungsinstitut und andererseits aufgrund der Tatsache, als neutrales Institut kein eigenes Regelwerk vermarkten zu müssen.

Ziel ist auch eine höhere Akzeptanz bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) durch zielgruppenorientierte Angebote in Form eines „Bildungsfahrplans“ für die Entwicklung und Sicherung von Handlungskompetenzen. Dies führt zu modular aufgebauten Qualifikationen, z.B. spezifische Qualifizierungs-

module für die Heranführung an öffentlich-rechtliche Abschlüsse oder Verbandsabschlüsse. Daneben werden branchen- oder spartenübergreifende Angebote erarbeitet und durch verstärkte Kooperationen mit weiteren Institutionen, z.B. der EnergieAgentur.NRW in die Öffentlichkeit gebracht.

## PRÜFLABORATORIUM PRÜFLABORATORIUM

Das GWI-Prüflaboratorium konnte im Jahr 2017 seine gesteckten Ziele errichten, insbesondere konnte das Auftragsvolumen im klassischen Prüfgeschäft auf Vorjahresniveau gehalten werden. Im Bereich der konventionellen Heiztechnik herrscht weiterhin eine deutliche Zurückhaltung bei der Entwicklung bzw. Weiterentwicklung. Ebenfalls ist im Bereich der Kraft-/Wärmekopplungstechnik (KWK) eine zögerliche Haltung seitens der Hersteller erkennbar.

Die Umstellung von der Gasgeräterichtlinie auf die neue, ab dem 21. April 2018 geltende Gasgeräteverordnung, lief im dritten Quartal sehr zögerlich an. Das Prüfgeschäft bei Armaturen und sonstigen Ausrüstungen verlief zufriedenstellend.

Weiterhin wird die DVGW-Anpassungsdatenbank vom Prüflabor gepflegt. Hier wird GWI-Wissen permanent und gezielt eingesetzt, um die Anpassdatenbank auf einem qualitativ hochwertigen Stand zu halten. Durch diese „Pflegearbeiten“ wird gewährleistet, dass der Datenbestand qualitativ immer besser und genauer wird – Grundvoraussetzung für eine hohe Akzeptanz dieser Problemlösung. Seit dem Frühjahr 2017 wurde in diesem Bereich ein neuer Mitarbeiter eingearbeitet, um die Bearbeitung effizienter und reibungsloser zu gestalten.

In der Marktraumumstellung ist das Prüflaboratorium weiterhin zu allen Fragestellungen rund um die Gerätetechnik für Netzbetreiber und auch das GWI-Projektmanagement beratend tätig.

Auf dem Gebiet der Akustikprüfungen wurden weitere Geräteprüfungen durchgeführt.

Die durch die DAkkS-Akkreditierung des GWI-Prüflaboratoriums vorgegebenen Qualitätsstandards werden angewendet und gelebt.

Weiterhin umfasst das Prüfangebot des GWI-Prüflaboratoriums Produkte der Gas- und Wasserinstallation, der Feuerungstechnik mit den Energieträgern Gas, Öl und Strom einschließlich der heute üblichen Sicherheitselektronik in den Wärmeezeugern sowie diverse Bauprodukte im Bereich der Abgastechik. Das Angebot zur Prüfung von KWK-Anlagen besteht weiterhin.

Ein weiteres Angebot – wie auch schon in der Vergangenheit – ist die Kapazitätsunterstützung von Hersteller, in Form von entwicklungsbegleitenden Prüfungen.



Abbildung 2: Fallversuch an Straßenkappen (Quelle: GWI, 2017)

# MARKTRAUMUMSTELLUNG

Die Förderung von niederkalorischem Erdgas L aus deutschen und niederländischen Quellen ist stark rückläufig. Bis zum Jahr 2030 muss daher die Gasversorgung in den entsprechenden Gebieten im Norden und Westen Deutschlands auf hochkalorisches Erdgas H umgestellt werden. Der Netzentwicklungsplan Gas in der aktuellen Fassung 2016 sowie der Umsetzungsbericht 2017 geben einen genauen Überblick über den exakten zeitlichen Ablauf der Anpassung in den Netzgebieten. Insgesamt müssen 5,0 Mio. häusliche und zusätzlich gewerbliche und industrielle Gasverbrauchsgeräte unter der Federführung des jeweiligen ansässigen Netzbetreibers angepasst werden. Um diese große Anzahl an anzupassenden Gasverbrauchsgeräten bis zum Jahr 2030 bewältigen zu können, müssen – nach einem kontinuierlichen Anstieg bis zum Jahr 2020 – jährlich ca. 500.000 Gasverbrauchsgeräte angepasst werden.

Das GWI befasst sich schon seit vielen Jahrzehnten mit der Marktraumumstellung, in den 60er Jahren war das GWI in die Umstellung von Stadtgas auf Erdgas im Projektmanagement und in der Qualitätskontrolle eingebunden – Tätigkeiten, die das GWI auch heute mit einer langjährigen Erfahrung und umfassenden Know-how erledigt. Der Firmensitz des GWI in Essen befindet sich mitten im Geschehen in Westdeutschland, hier wird der Löwenanteil der Marktraumumstellung ablaufen.

Das GWI ist seit 2014 in der Marktraumumstellung aktiv und ist zertifiziert nach Arbeitsblatt DVGW G

676-B1 für die Gruppen B (Qualitätssicherung und Kontrolle) und Gruppe C (Projektmanagement). Das GWI hat die für die Branche richtungsweisenden Pilotprojekte in Schneverdingen und Böhmetal mittlerweile abgeschlossen, die Erfahrungen fließen in die Weiterentwicklung des DVGW-Regelwerkes mit ein, z.B. G 680, G 695. Das GWI konnte sich weiter in der Marktraumumstellung etablieren und betreut in diversen Projekten bis zum Jahr 2023 mittlerweile über 400.000 Gasgeräte.

Folgende Tätigkeiten führt das GWI durch:

- Technische Beratung und organisatorische Unterstützung von Netzbetreibern zur Vorbereitung, Begleitung und Abschluss der Marktraumumstellung.
- Technische Beratung von Industrie- und Gewerbetreibenden bei der Organisation und Durchführung.
- Unterstützung bei der Auswahl und Weiterentwicklung der eingesetzten Software.
- Pflege der DVGW-Anpassungsdatenbank.
- Einbindung des GWI-Prüflabors bei Fragestellungen rund um die Gerätezulassung.
- Schulung von Monteuren gemäß Merkblatt DVGW G 106 (M).

Seit dem 01.07.2017 werden die Aktivitäten des GWI in der Marktraumumstellung in einem eigenen Bereich gebündelt. Als Leiterin wurde Frau Sabine Gil-Roemer bestellt.

# FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

## INDUSTRIE- UND FEUERUNGSTECHNIK

Die Energiewende ist das aktuelle Thema unserer Zeit und stellt Deutschland in den nächsten Jahren vor große Herausforderungen. Dass der Erhalt unserer Umwelt, eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen und der Klimaschutz uns alle angeht, steht außer Frage. Demgegenüber steht aber auch der Erhalt der Arbeitsplätze und des Industriestandortes Deutschland. Die Energiewende ist geprägt von den Schlagworten Sektorenkopplung, Flexibilisierung, Power-

to-X, Digitalisierung. Jedoch kann eine erfolgreiche, nachhaltige und auch wirtschaftliche Energiewende nicht nur allein über den „Strompfad“ funktionieren. Erdgas ist von den fossilen Brennstoffen der klimafreundlichste und ein „greening of gas“ sowie ein sinnvoller und effizienter Einsatz hebt diesen Energieträger in einem ganz besonderen Maß hervor.

Verschiedene Energieprognosen gehen von einem

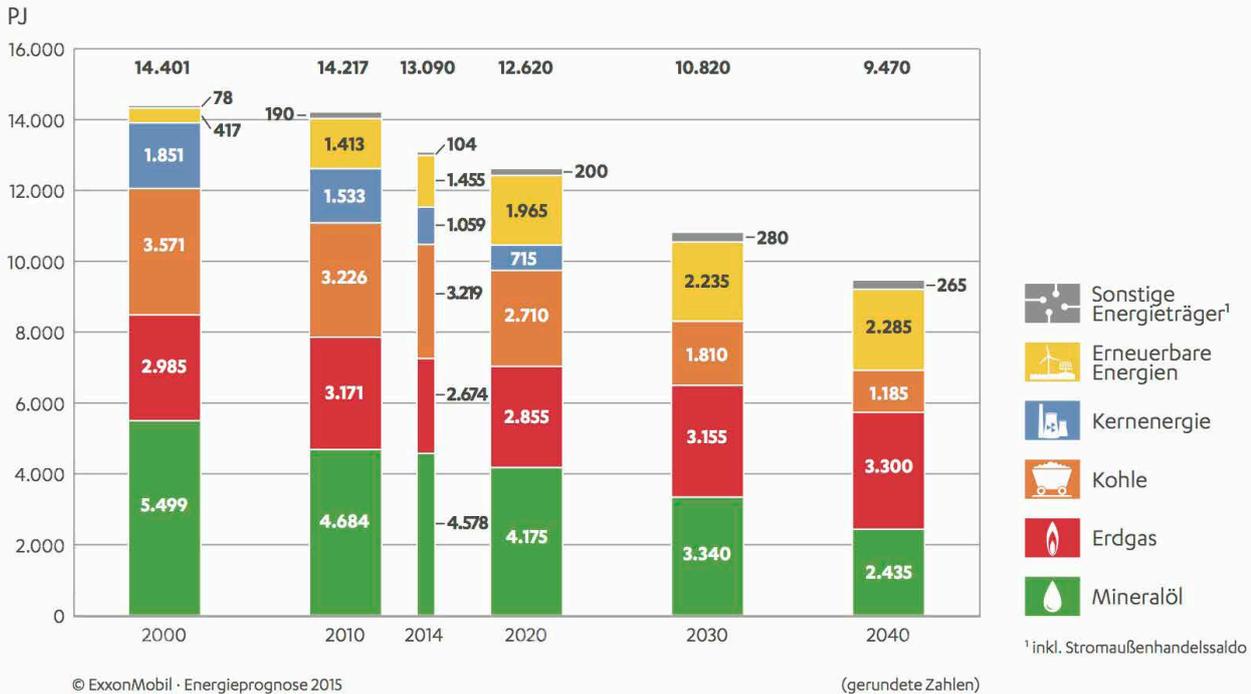


Abbildung 3: Prognose des Primärenergieverbrauchs in Deutschland bis 2040 (Quelle: ExxonMobil, 2015)

generellen Rückgang des Primärenergieeinsatzes in der Industrie in Deutschland aus, siehe **Abbildung 3**. Dies wird durch den effizienten Einsatz der Energieträger trotz steigender Wirtschaftsleistung erreicht. Neben einer Zunahme der Nutzung erneuerbarer Energien wird der Erdgasverbrauch bis 2040 entgegen dem generellen Trend jedoch gegenüber 2014 um mehr als 25 % steigen. In der Industrie wird von einer Steigerung des Erdgaseinsatzes von mehr 11 % bis 2040 ausgegangen.

Diese Zahlen zeigen, dass sich die Abteilung Industrie- und Feuerungstechnik (IFT) des GWI einerseits den aktuellen Herausforderungen: Sektorenkopplung, Power-to-X, erneuerbare Energien, Flexibilisie-

rung und andererseits den „klassischen“ Themen: Steigerung der Energieeffizienz, Minderung der Schadstoffemissionen mit der gleichen Intensität widmen muss. Diesen Mix aus verschiedenen Aufgabenstellungen, einer sinnvollen Verschmelzung der manchmal gegenläufig erscheinenden Ziele zeigt die nachfolgende Auswahl der Forschungsthemen der Abteilung IFT.

### Erneuerbare Energien

2017 wurden mehrere AiF-Forschungsprojekte abgeschlossen, die sich mit dem Thema Einbindung erneuerbarer Gase in den Feuerungsprozess von Thermoprozessanlagen beschäftigten. Dabei wurde

z.B. die Umsetzung einer Rohbiogaszuführung in einer Glasschmelzwanne realisiert und untersucht, siehe **Abbildung 4**.

Die wichtigste Erkenntnis aus dem Versuchsbetrieb an einer realen Glasschmelzwanne mit bis zu 30 % Rohbiogaszumischung war, dass kein Einfluss auf die Glas- bzw. Produktqualität und den Energieeinsatz erkennbar war. Dies war jedoch nur durch die Schaffung

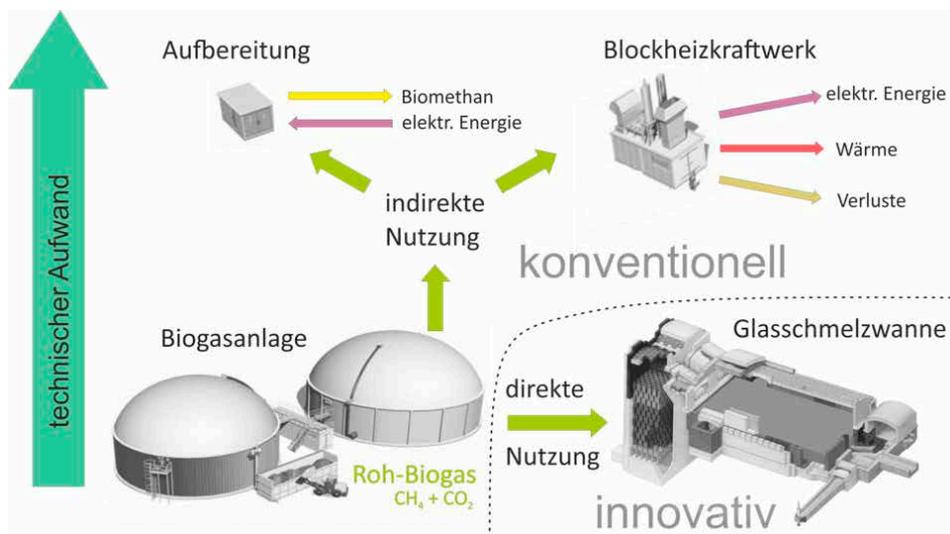


Abbildung 4: Gegenüberstellung der konventionellen und der untersuchten (Roh)Biogasnutzung (Quelle: GWI, 2017)

geeigneter Rahmenbedingungen, den Einsatz von MSR-Technik und den manuellen Eingriff in diesen Betrieb möglich. Für die ständige Nutzung von Rohbiogas sind jedoch einerseits die Gewährleistung der Versorgungssicherheit und andererseits eine entsprechende Ausstattung der Mess- und Regeltechnik bzw. ein entsprechendes Mischsystem notwendig. Hierzu sind jedoch weiterführende Untersuchungen nötig. Außerdem müssen noch einige verwaltungstechnische (Rohbiogas wird zurzeit als Abfallstoff und nicht als Brennstoff behandelt) und ökonomische (aktuell ist Rohbiogas um den Faktor 4 teurer als Erdgas) Hemmnisse überwunden werden.

Mit diesem Projekt werden ein sinnvoller Ansatz einer Sektorenkopplung und der Einsatz von erneuerbaren Gasen in der Industrie, die Steigerung der Flexibilisierung von Biogasanlagen bei einem Überangebot an Strom sowie alternative Nutzungsmöglichkeit nach Wegfall der EEG-Vergütung für Biogasanlagenbetreiber aufgezeigt.

Die Themen der Rohbiogasnutzung, die Potentiale der Flexibilisierung und die Anwendung in anderen Industriebranchen werden in weiteren Forschungsprojekten fortgeführt.

Ein weiterer Themenschwerpunkt der Energiewende und der Themen des GWI ist die Nutzung von Wasserstoff aus Power-to-Gas-Anlagen, dem zurzeit vielversprechendsten Weg zur Speicherung von regenerativ erzeugtem Strom aus Solar- und Windkraftanlagen. Im Rahmen eines AiF-Forschungsprojekts wurden die Auswirkungen der Wasserstoffzumischung ins Erdgasnetz auf die Verbrennungsprozesse (Wärmeübertragung, Flammgeometrie, Schadstoffemissionen) in industriellen Thermoprozessanlagen, auf Messgeräte zur Messung der Gasqualität und Flammenüberwachungseinrichtungen untersucht. Die Übertragung der experimentellen Erkenntnisse der Untersuchungen an den semiindustriellen Testanlagen der Industrie- und Feuerungstechnik auf großindustrielle Anlagen wurde mit Hilfe von CFD-Simulationen durchgeführt. Damit können die Auswirkungen von höheren Wasserstoffkonzentrationen auf die Wärmeübertragung und die Gesamteffizienz des Prozesses anhand der simulierten Fälle detailliert analysiert werden. Der „normale“ thermische Wirkungsgrad allein reicht hier nicht aus, da der Wärmestrom in das Produkt, der für die Produktqualität notwendig ist, nicht berücksichtigt wird. Daher wird eine zusätzliche Größe, der „Heat Transfer Impact Factor“ (HTIF), verwendet. HTIF wird als Verhältnis des übertragenen Wärmestroms des betrachteten Falls zum übertragenen Wärmestrom eines Referenzfalls (hier

die „reine Erdgasverbrennung“) bestimmt. In **Abbildung 5** sind die Ergebnisse einer 10- und 50-prozentigen Wasserstoffzumischung zum Erdgas auf den HTIF (**Abbildung 5a**) und die  $\text{NO}_x$ -Emissionen (**Abbildung 5b**) für 2 verschiedene Regelszenarien dargestellt. Szenario 1 bedeutet: Keine Regelung von Luftzahl und Leistung, d.h. Volumenströme von Gas und Luft bleiben konstant („worst case“). Szenario 3 bedeutet: Luftzahl und Leistung konstant, d. h. Volumenstrom Gas und Luft werden angepasst („best case“).

**Abbildung 5** zeigt anschaulich, dass mit einer angepassten Mess- und Regelungstechnik sowie der Möglichkeit der separaten und nicht gekoppelten Regelung der Luft- und Gasvolumenströme die Zumischung von Wasserstoff ins Erdgasnetz auf den Verbrennungsprozess von industriellen Thermoprozessanlagen beherrschbar ist.

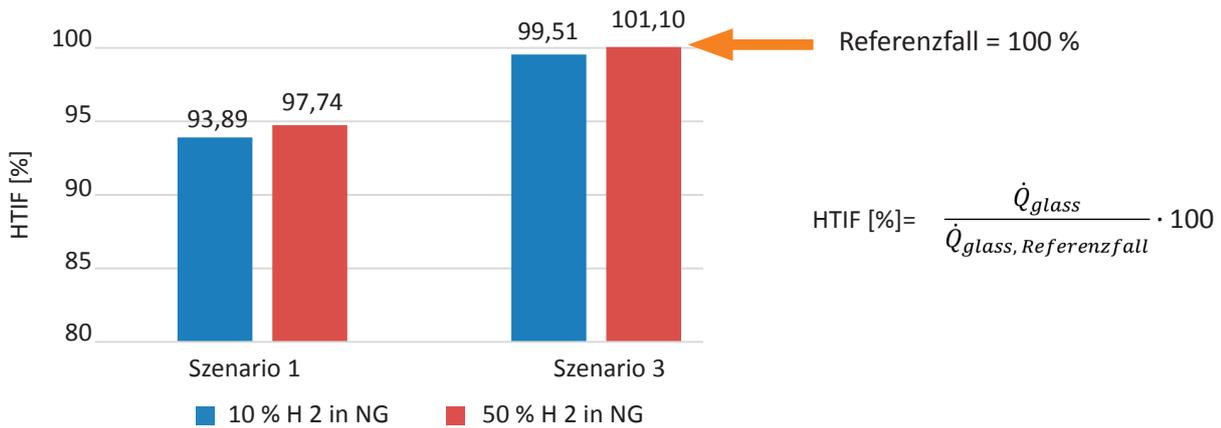
Mit diesen Untersuchungen sind die Fragen der Industrie jedoch noch nicht vollkommen beantwortet. Eine große Befürchtung seitens der Industrie ist, dass der Wasserstoff Auswirkungen auf die Produktqualität z.B. von metallischen Erzeugnissen haben könnte. Diese Fragestellung wird in einem Nachfolgeprojekt zusammen mit Werkstoffwissenschaftlern intensiv untersucht.

### Steigerung der Energieeffizienz

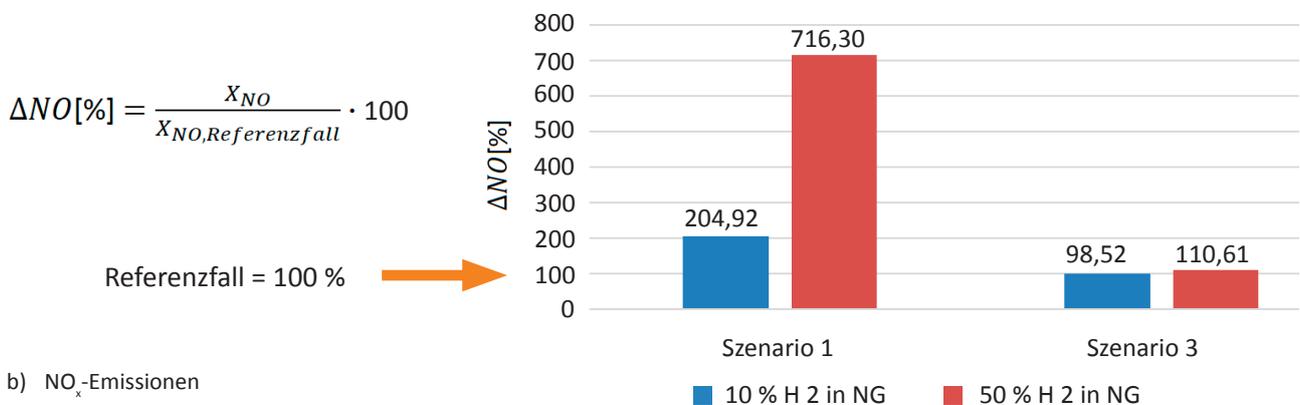
Die Untersuchung, Analyse und Optimierung von Prozessen der Thermoprozessindustrie aus den unterschiedlichen Industriebranchen, z.B. Aluminium, Stahl, Keramik, Glas gehört zu den Kernkompetenzen der Abteilung IFT.

Ein im Jahr 2017 gestartetes BMWi-Forschungsprojekt, welches zusammen mit dem Institut für Ziegelforschung und weiteren Industriepartnern durchgeführt wird, beschäftigt sich mit der Energieeffizienzsteigerung in der Ziegelindustrie durch Entwicklung und Einsatz eines neuen Verbrennungskonzeptes.

Bei modernen Tunnelöfen der Ziegelindustrie handelt es sich verfahrenstechnisch um die Kopplung zweier nacheinander ablaufender Teilprozesse, siehe **Abbildung 6a**. Der erste Teil besteht aus dem Aufheizprozess bis zur Garbrandtemperatur, bei der ein Temperatenausgleich innerhalb der Besatzpakete (Ziegel) stattfindet. Im Anschluss daran werden die Ziegel im zweiten Teilprozess in einem ein- oder mehrstufigen Gegenstromkühler auf Ausfahrtemperatur gebracht. Die hierbei erhitzte Kühlluft wird aus dem Ofenprozess ausgekoppelt und an anderer



a) Heat Transfer Impact Factor (HTIF)



b) NO<sub>x</sub>-Emissionen

**Abbildung 5:** Auswirkung der Wasserstoffzumischung zum Erdgas auf den Heat Transfer Impact Factor und die NO<sub>x</sub>-Emissionen einer simulierten Glasschmelzwanne (Quelle: GWI, 2018)

Stelle zur Trocknung der Ziegelrohlinge verwendet. Durch diese Verfahrensweise besteht der Zwang zur größtmöglichen Synchronisation von Ofen und Trocknerbetrieb, sodass die energetische Optimierung der Einzelprozesse nahezu unmöglich wird.

Ziel des Projektes ist, im Ofen befindliche heiße Luft aus der Kühlzone als vorgewärmte Verbrennungsluft zu nutzen und somit den energetischen Zwang zur größtmöglichen Synchronisation von Ofen und Trocknerbetrieb abzubauen, ohne die Vorteile moderner Tunnelöfen aufzugeben, siehe **Abbildung 6b**. Entwickelt wird ein Brennerkonzept, welches nur Brennstoff zuführt und die im Ofen befindliche heiße Luft nutzt. Die Energieeinsparungen liegen schon bei geringen Vorwärmtemperaturen im zweistelligen Prozentbereich. Bei diesen Einsparungen und den geringen Investitionskosten (keine isolierten Leitungen oder geänderte Ventile und Armaturen etc.) ist mit sehr kurzen Amortisationszeiten von unter 2 Jahren zu rechnen.

### Gasbeschaffenheit

Seit Jahren wird das Thema Gasbeschaffenheitsschwankungen vor allem im Kontext der Auswirkungen auf industrielle Endanwender bearbeitet. Dies geschieht auf vielen Ebenen: Im Rahmen von Forschungsprojekten einerseits zur Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten für einzelne Industriebranchen z.B. für die Glasindustrie, und andererseits in einem branchenübergreifenden DVGW-Projekt „Hauptstudie Gasbeschaffenheit Phase I und II“. Hier soll ein verträgliches Wobbe-Index-Band für die einzelnen Sektoren Haushalt, Gewerbe, Industrie bestimmt werden, sowie eine volkswirtschaftliche Analyse vorgenommen werden. Abschließend wird eine Roadmap „Gasbeschaffenheit“ mit Handlungsempfehlungen erarbeitet. Diese Ergebnisse werden dann durch die Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien in die Überarbeitung z.B. der H-Gas Norm EN 16276 übernommen. Das GWI dient aber auch als neutrale Plattform zum Austausch zwischen den verschiedenen Stakeholdern im Rahmen eines Runden Tisches Gasbeschaffenheit, der bereits zum 5. Mal stattfand.

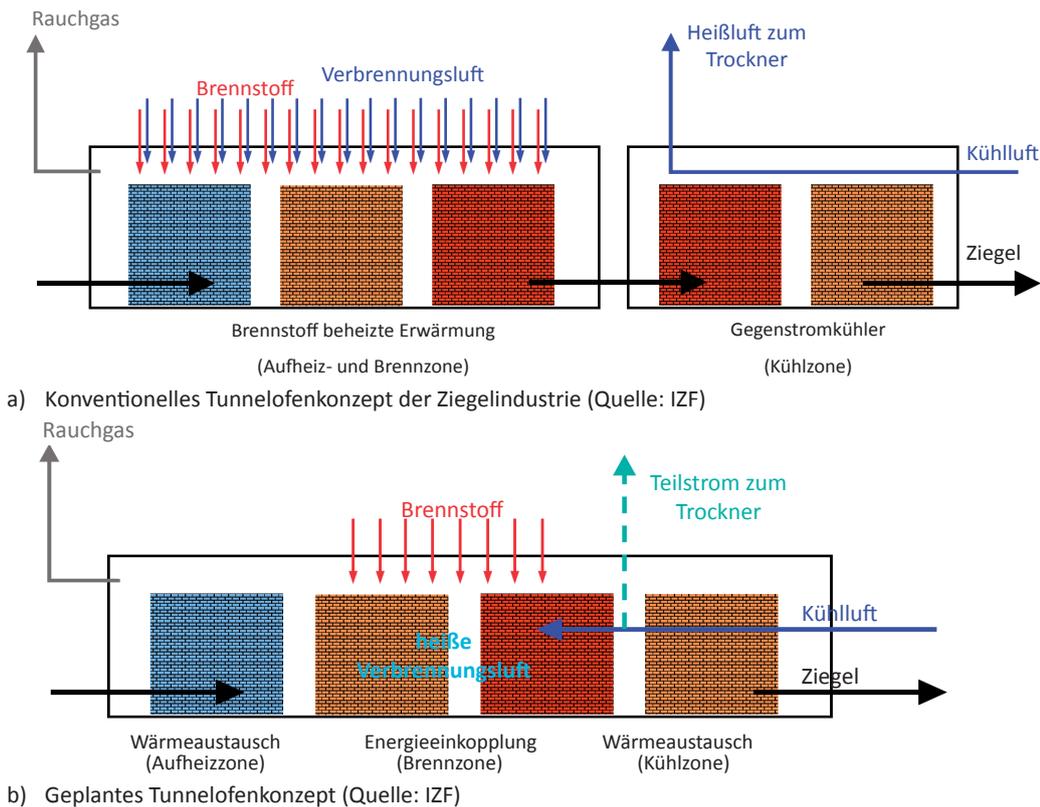


Abbildung 6: Konventionelles und geplantes Tunnelofenkonzept im Forschungsprojekt Zie-Ver

In einer Befragung der Industrie im Rahmen der Hauptstudie Gasbeschaffenheit Phase I gaben nur ca. ¼ der befragten Industriefirmen an, dass ihnen Gasbeschaffenheitsdaten in Echtzeit vorliegen, siehe **Abbildung 7**. Dem überwiegenden Anteil liegen nur Monatsmittelwerte vor bzw. haben gar keine Kenntnis von der anliegenden Gasbeschaffenheit. Dass solche Monatsmittelwerte für die Kompensation von Gasbeschaffenheitsschwankungen an industriellen Anlagen nicht geeignet sind, verdeutlicht **Abbildung 8**. Der Monatsmittelwert des am GWI verteilten Erdgases (schwarze Linie) ist den mit einem Gaschromatografen gemessenen Heizwertdaten (stündlich gemittelt) für das Jahr 2016 gegenübergestellt.

Frage: In welcher Form haben Sie Zugriff auf Gasbeschaffenheitsdaten?

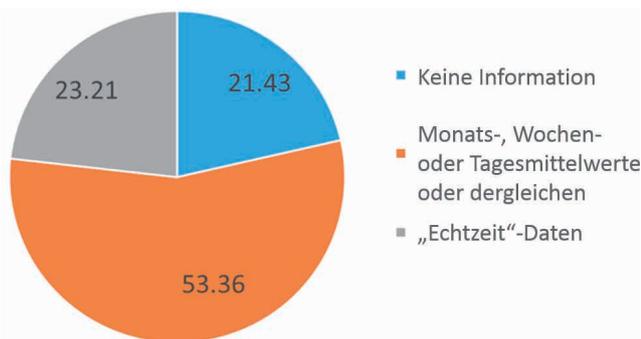


Abbildung 7: Ergebnis der Industriebefragung in der Hauptstudie Gasbeschaffenheit Phase I (Quelle: GWI, 2017)

### Weitere Highlights

Die Ergebnisse der vielfältigen Forschungsarbeiten werden von den GWI-Mitarbeitern auf zahlreichen nationalen und internationalen Kongressen und Tagungen sowie Fachzeitschriften veröffentlicht. Auch in den relevanten Fachausschüssen der verschiedenen Branchen der Thermoprozesstechnik und Gaswirtschaft werden regelmäßig Forschungsergebnisse vorgestellt.

Das GWI ist aber auch Ausrichter bzw. Gastgeber für zahlreiche Tagungen und Veranstaltungen. Hervorzuheben sei hier die traditionsreiche Praxistagung „Effiziente Brennertechnik für Industrieöfen“.

Weiterhin war das GWI im März 2017 Gastgeber des TOTeM 44 mit dem Titel „Gaseous Fuels for Industry and Power Generation – Challenges and Opportunities“, bei dem Experten aus allen Teilen Europas über die Zukunft gasförmiger Brennstoffe in großtechnischen Anwendungen der Thermoprozess- und Kraftwerkstechnik diskutierten. Die Veranstaltung wurde vom GWI und der International Flame Research Foundation (IFRF) gemeinsam organisiert, einem internationalen Verbund von Organisationen, die sich mit der anwendungsorientierten Verbrennungsforschung, insbesondere für die großtechnische Feuerungstechnik in Industrieöfen und Kraftwerkern, be-

fassen ([www.ifrf.net](http://www.ifrf.net)). TOTeM steht für „Topic-Oriented Technical Meeting“ und ist ein IFRF-eigenes Konzept, das durch genau abgegrenzte Themenkomplexe, anwendungsnahe und praxisorientierte Vorträge aus Forschung und Industrie sowie ausführliche Diskussionen zwischen Referenten und Publikum charakterisiert wird. Schwerpunktthemen der Veranstaltung in Essen waren Fragen der Erdgasbeschaffenheit, gerade auch im Kontext großtechnischer Verbrennungsprozesse, sowie der Nutzung regenerativer Gase wie Biogas und Wasserstoff in der Thermoprozess- und Kraftwerkstechnik.

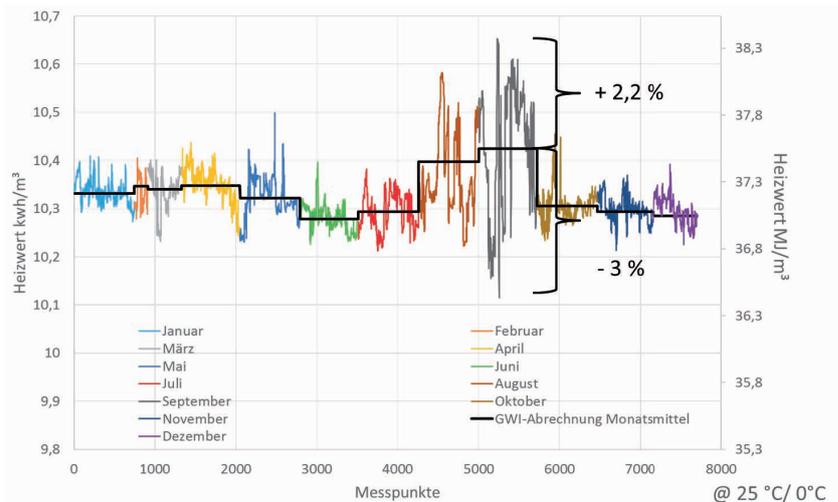


Abbildung 8: Heizwertverlauf im Jahr 2016 am GWl (Quelle: GWl, 2016)

Neben Forschung und Entwicklung zählt die Aus- und Weiterbildung des studentischen Nachwuchses ebenfalls zu den Kernaufgaben des GWl. Zahlreiche Studien-, Bachelor- und Masterarbeiten werden im Rahmen der laufenden Forschungsprojekte regelmäßig angefertigt. Die hohe Qualität dieser Arbeiten wurde 2017 auf der gat 2017 durch die Verleihung des DVGW-Studienpreises an Herrn Oliver Stope honoriert, **Abbildung 9**. Herr Stope untersuchte in seiner Masterarbeit mit dem Titel „Numerische Untersuchungen zu den Auswirkungen erhöhter Wasserstoffgehalte im Erdgas auf industrielle Verbrennungsprozesse“ die Auswirkungen der Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse mit Hilfe moderner CFD-Simulationsverfahren, ein im Kontext der aktuellen Diskussionen über „power-to-gas“ hochspannendes und relevantes Thema. Im Rahmen seiner Arbeit zeigte er auf, wie sich erhöhte Wasserstoffgehalte (bis 50 %

Vol.-%) auf Flammenform, Wärmeübertragung und Prozesseffizienz in einem Industrieofen auswirken, und in welchem Maße fortschrittliche Mess- und Regelungstechnologien (MSR) helfen können, diese Veränderungen zu kompensieren.

Neben der aktiven Forschung und Entwicklung arbeitet die Abteilung IFT in mehreren nationalen und internationalen Gremien der Gaswirtschaft mit und bringt dort ihr Know-how zur industriellen Erdgasnutzung ein. Zu nennen wären hier die Arbeitsgruppe „Gas Quality / Biogas“ von MARCOGAZ und die Komitees für „Research, Development and Innovation“ und „Utilization“ der International Gas Union (IGU). Auch an Arbeitsgruppen der aktuellen prä-normativen „Pilot Study 2.0“ zur Harmonisierung der europäischen Gasbeschaffenheitsregelwerke (EN 16726) ist die Abteilung beteiligt.

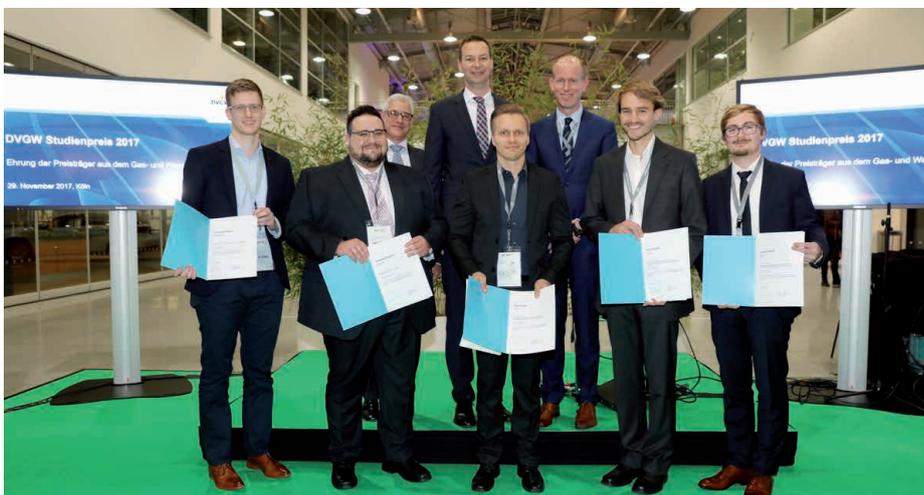


Abbildung 9: Preisträger des DVGW-Studienpreis Gas und Wasser auf der gat 2017 in Köln (unten in der Mitte Oliver Stope (Quelle: GWl, 2017))

## BRENNSTOFF- UND GERÄTETECHNIK

Der Umbau des bestehenden, von fossilen Energieträgern dominierten Energieversorgungssystems, zu einem klimaneutraleren System durch die Integration eines größeren Anteils erneuerbarer Energien (EE) schreitet stetig voran. Für das Jahr 2017 wird ein Anteil von ca. 35 % an der Bruttostromerzeugung genannt, 5 Prozentpunkte mehr als in 2016 [Fraunhofer ISE]. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte betrug im Jahr 2016 bereits 13,1 Prozent und rund 5,2 Prozent des Kraftstoffverbrauchs in Deutschland [BMW].

Durch eine zunehmende Elektrifizierung in den Sektoren Wärme (Power-to-Heat/Wärmepumpen) und Mobilität wächst der Bedarf an Windkraft und Photovoltaik weiter an. Die Bruttostromerzeugung von heute ca. 654 TWh müsste vervielfacht werden, wobei der Speicherbedarf durch die volatilen EE gleichsam ansteigt. Die einfachen Lösungen liegen in der Einsparung und der Effizienzsteigerung auf der Verwendungs- und Erzeugungseite (z.B. Sanierungsmaßnahmen im Gebäude). Da sich Wirkungsgrade einzelner Prozesskettenglieder nur noch schwer steigern lassen, liegt hier das Hauptaugenmerk auf Nutzungsgraden von Ketten und Optimierungen dieser sowie Verknüpfungen von Sektoren, um Primärenergie maximal zu nutzen. Die Emissionsreduktion ist eine automatische Folge dessen und wird weiterhin durch den zunehmenden Einsatz EE, Kohlenstoffärmerer Kraft- und Brennstoffe und letztlich nicht eingesetzte Energie bestimmt.

Die Identifikation der optimalen, zukunftssicheren Pfade im Zielkonflikt einer versorgungssicheren, ökologischen und ökonomischen Bereitstellung ist die Herausforderung und stellt sowohl einzelne Energieträger als auch Technologien auf den Prüfstand. Teil der Lösung sind adaptive Systeme, die die nicht immer gleichzeitige Verfügbarkeit der EE und der Bedarfe an elektrischer Energie, Wärme und Treibstoffen bei möglichst umfassender Integration der EE und möglichst geringem Primärenergieeinsatz durch traditionelle Energieträger verbinden. Erdgas und Biogase – auch in komprimierter (CNG, Compressed Natural Gas) und verflüssigter Form (LNG, Liquefied Natural Gas, bzw. LBG, Liquefied Biogas) für den Mobilitäts- bzw. Transportsektor oder Wasserstoff aus der Elektrolyse mit elektrischer Energie aus Windkraftanlagen – Power-to-Gas (PtG) – liefern in Ergänzung zu und in Kombination mit den regenerativen Energien und ihren vielfältigen Anwendungstechnologien zur Wärme- und Strombereitstellung einen

wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung. In Form von Power-to-Gas kann die Gasinfrastruktur als Speicher für überschüssige regenerative Energien dienen. Wasserstoff, CNG, LNG und LBG können mittelfristig Feinstaub- und NO<sub>x</sub>-Emissionen im Mobilitätssektor reduzieren. Die optimierte Abstimmung auf die jeweiligen Anwendungen und die konsequente Nutzung der Synergien führt auf hocheffiziente Gas-Plus-Technologien und in größeren vernetzten Strukturen auf ein zukünftig zunehmend digitalisiertes, flexibilisiertes Energieversorgungssystem mit Optionen wie PtG, Power-to-Fuel (PtF), Power-to-Chemicals (PtC), und Power-to-Heat (PtH) in einer energetischen und strukturellen Sektorenkopplung, bei der die Verknüpfung der Strom-, Wärme-, Gasnetze einschließlich des Mobilitätssektors mit den Verbrauchssektoren Haushalt, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Industrie erfolgt.

Die Abteilung BGT arbeitete im Jahr 2017 an einer Vielzahl von Projekten zu folgenden Themen:

- Adaptive Energiesysteme, Sektorenkopplung, Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung, thermische und elektrische Speicher, Systemanalyse, GIS (Geoinformationssysteme), Quartierslösungen.
- Integration von Mobilitätslösungen und Digitalisierungsansätzen.
- PtX, Flexibilisierungsoptionen, Gasbeschaffheitsfragen, L-H-Gas-Anpassung, H-Gas Harmonisierung, LNG/LBG, Biogase inkl. Wasserstoff.

Das „Virtuelle Institut Strom zu Gas und Wärme NRW“ wurde 2017 weitergeführt und wird 2018 bis 2020 vom Land NRW gefördert. Für eine Fortführung des virtuellen Instituts KWK.NRW, dessen Koordinator Prof. Görner ist, wurde eine Forschungsagenda unter den Konsortialpartnern abgestimmt.

Mit den Abteilungen IFT (Industrielle Feuerungstechnik), PL (Prüflabor) und Bildungswerk bestehen Schnittstellen zu den Themen Flexibilisierungsoptionen, Netze, Gasbeschafftheit, L-H-Anpassung und LNG.

Mit dem Projekt LNG-Pilots ist das GWI bei einem Niederländisch-Deutschen Kooperationsprojekt zur Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen für den Einsatz von LNG/LBG beteiligt. Das GWI hat in 2017 zum vierten Mal den Workshop „LNG Roadmap – LNG as a driving force for cross-border cooperation within the EU“ zusammen mit der EnergieAgentur NRW ausgerichtet – die Veranstaltung für 2018 ist

in Planung. Der etablierte Runde Tisch Gasbeschaffung dient zum 5. Mal als Austauschplattform für aktuelle Themen aus dem erweiterten Gas-Umfeld.

2017 wurde aus dem Themenbereich Gasbeschaffung ein DVGW-Projekt zur möglichen Beeinträchtigung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoff (Sicherheitskonzept TRGI – Technische Regeln Gasinstallation) bearbeitet, für das AIF-Projekt zur Sensorik AIF-Projekt „Entwicklung eines kostengünstigen und eichfähigen, thermischen, integrierten Sensorsystems“ – FuelPowerSens – gefördert mit Mitteln der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AIF), Köln wird aufgrund des aussichtsreichen Entwicklungsstandes eine Weiterführung angestrebt.

Nach der Fertigstellung der NRW-Projekte „100-KWK-Anlagen in Bottrop“ und „roadmap KWK.NRW – Einsatz von KWK-Technologien in NRW – Detailfragestellungen und Forschungsagenda“ wurden die Aktivitäten zu KWK und Sektorenkopplung mit den Projekten „demoKWK3.0 – wissenschaftliche Begleitung zur ganzheitlichen Evaluation des Anlagenpools aus 100 KWK-Anlagen in Bottrop“ und „Transfer4.0@KWK.NRW“ weitergeführt.

Das Projekt „demoKWK3.0 – wissenschaftliche Begleitung zur ganzheitlichen Evaluation des Anlagenpools aus 100 KWK-Anlagen in Bottrop –“ führte die wissenschaftliche Begleitung der Demonstration in Bottrop weiter. Hier wurden die Objektanalysen über einen erweiterten Messzeitraum durchgeführt und Auswirkungen der geänderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf Basis des novellierten KWKG (2016) mit Realdaten betrachtet. Zur weiteren Effizienzsteigerung der Energieversorgung in Wohnbeständen sowie zur nachhaltigen Sicherung angemessener Strompreise für private Haushalte wurden ergänzend Mieterstromkonzepte bewertet.

Das Forschungsprojekt „Transfer4.0@KWK.NRW“ im Rahmen des Virtuellen Instituts | KWK.NRW ist ein zentrales Forschungsprojekt zur Etablierung gekoppelter Technologien in der Energieversorgung des Landes NRW. Das Projekt wurde 2017 fertiggestellt (vi-kwk.nrw).

Mitte 2017 wurde das Projekt „KWK plus Speicher, Anlagen- und Betriebsoptimierung zur Flexibilisierung des KWK-Betriebs mit innovativen Speichertechnologien“ zusammen mit dem Batterieforschungsinstitut (meet), der Hochschule Ruhr-West (HRW), der TU Dortmund und InnovationCity ge-

startet. Das Projekt führt das Anlagen-Monitoring aus dem Projekt „100 KWK-Anlagen in Bottrop“ über zusätzliche Heizperioden weiter und beinhaltet die Integration, den Betrieb und die Einbindung in das messtechnische Monitoring von bis zu 20 marktverfügbaren Stromspeichern mit unterschiedlichen Kapazitäten in KWK-Systeme im Projektgebiet. Ziel ist eine Verminderung der Stromeinspeisung bzw. Erhöhung der Eigennutzung des KWK-Stroms. Weitere Themen sind die Weiterentwicklung, Herstellung und Untersuchung der Zell-Chemie in Abhängigkeit der Anforderungen an Stromspeicher beim Einsatz mit KWK, die Bewertung der Wirtschaftlichkeit und eine sozialwissenschaftliche NutzerInnen-Analyse zur standardisierten Erfassung von strom- und heizungsbezogenen psychologischen Variablen.

Verknüpft mit den KWK-Projekten in der InnovationCity ist das vom Bund im Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) geförderte Projekt DESIGNETZ. Das Ziel von DESIGNETZ ist die Erstellung einer Blaupause für das Stromnetz der Zukunft und eine gelungene Energiewende. Dafür soll das intelligente Stromnetz der Zukunft Schwankungen der Stromerzeugung aufgrund von zum Beispiel Wind- und Sonnenenergie flexibel ausgleichen. Es werden etwa 30 Demonstrations- und Hebelprojekte betrachtet, um Flexibilisierungsoptionen zu untersuchen. Ziel ist die Gewährleistung von Versorgungssicherheit während gleichzeitig der Netzausbau möglichst geringgehalten werden soll, damit die Energiewende kosteneffizient gelingt. Das GWI hat im Rahmen des Gesamtprojektes seinen Schwerpunkt auf der Erfassung und Charakterisierung der individuellen Demonstrator-Technologien, unter anderem, um deren Flexibilitätspotenziale im Hinblick auf das gesamte Flexibilitäts-Portfolio vergleichbar zu machen. Dies beinhaltet die Koordination der verschiedenen Demonstratoren und Hebel-Projekte, sowie die Auswertung verschiedener Daten und Erfahrungen, die im Projekt gesammelt werden. Darüber hinaus wird das Projekt „Energiewabe InnovationCity“ als ein Demonstrator ins Projekt DESIGNETZ eingebracht. Übergeordnetes Ziel des Demonstrators „Energiewabe InnovationCity“ ist die Analyse und Bewertung eines potenziellen Wärmemarkts, welcher von einem größeren Anteil dezentraler, häuslicher Mikro-KWK geprägt ist. Dies erfolgt u.a. durch die aktive Einbindung von bis zu 15 KWK-Geräten aus dem bereits bestehenden Hebelprojekt „100 KWK in Bottrop“ in DESIGNETZ. Ziel ist die Flexibilisierung aktiver Erzeuger von Strom (nicht nur Last-Element) zur Ergänzung der Netz-Stabilisierungsmaßnahmen auf der

Anschlussebene und die Untersuchung des Beitrags dieser Technologien für das Gesamtsystem. Weitere Geräte in dem Projekt werden ebenfalls hinsichtlich ihres Flexibilitätspotenzials sichtbar gemacht.

In einem weiteren Bundesprojekt erfolgt eine integrierte Betrachtung von Strom-, Gas- und Wärmesystemen zur modellbasierten Optimierung des Energieausgleichs- und Transportbedarfs innerhalb der deutschen Energienetze – IntegraNet (integrated energy). Mit voranschreitender Energiewende wird der Einfluss der volatilen erneuerbaren Energien auf die deutschen Energienetze (Strom, Gas, Wärme) stetig steigen. Die beiden dominierenden erneuerbaren Quellen sind dabei die Solar- und Windenergie. Beide weisen ein hohes Maß an zeitlicher und witterungsbedingter Variabilität auf, welche nicht nur auf Stunden- oder Tagesbasis schwanken, sondern auch große saisonale Unterschiede aufweisen. Gleichzeitig ist eine geografische Entkopplung von Energiebedarf und Energieproduktion festzustellen. Mittel- bis langfristig ist ein zusätzlicher Bedarf an Energieausgleichs- und Speichertechnologien zu erwarten. Des Weiteren erfolgt der Ausbau der erneuerbaren Energieerzeuger nicht homogen verteilt über ganz Deutschland. Im Norden, insbesondere an den Küstenregionen, und im Osten werden verstärkt Windkraftanlagen gebaut, während im Süden die Solarenergieerzeugung dominiert. Während die BMWi-Leitstudie (Leitstudie 2010) deutschlandweit einen Ausgleichsbedarf erst ab dem Jahr 2030 prognostiziert, kommt es durch den regional unterschiedlichen Ausbau von Wind- und Solarstromerzeugern bereits jetzt in verschiedenen Regionen zu Stromüberange-

boten, denen durch das Herunterregeln der erneuerbaren Energieerzeuger entgegen gewirkt werden muss. Zusätzliche lokale Ungleichgewichte entstehen durch die Stilllegung der Kernkraftwerke bis zum Jahr 2022 und ggf. durch die Stilllegungen weiterer großer fossiler Kraftwerke (z.T. aus wirtschaftlichen Gründen). Hier sei im Rahmen aktueller Ereignisse auf die von der Bundesregierung beschlossene Stilllegung mehrerer Braunkohlekraftwerke mit einer installierten Leistung von 2,7 Gigawatt bis 2019 hingewiesen. Dieser Umstand verdeutlicht, dass keine generellen Aussagen für das gesamte Bundesgebiet getroffen werden können. Vielmehr muss es eine Differenzierung auf verschiedenen Ebenen geben. Ein besonderer Fokus in der aktuellen Forschungslandschaft liegt auf der Untersuchung der Auswirkungen der erneuerbaren Energie auf die einzelnen Netzebenen. Ziel dieser Betrachtungen ist es, den Anteil EE in den Endverbrauchssektoren stetig zu steigern. Insbesondere auf den Verteilnetzebenen (Gas, Strom und Wärme) ergeben sich neue Herausforderungen und Potenziale. Im Hinblick auf diese Fragestellungen werden am GWI gekoppelte Netze modelliert und zeitaufgelöst simuliert. In der folgenden **Abbildung 10** sind exemplarisch ein im ländlichen Gebiet verortetes Niederdruckgasnetz und Niederspannungsstromnetz abgebildet. Die Netze sind über eine PtG-Anlage gekoppelt, die Überproduktion der quartiersinternen Photovoltaik-Anlagen wird mittels dieser in Wasserstoff umgewandelt und ins Gasnetz eingespeist.

Zur Stabilisierung des Energiesystems und zum Energieausgleich können zukünftig insbesondere gas- und wärmebasierte Ausgleichsoptionen eine

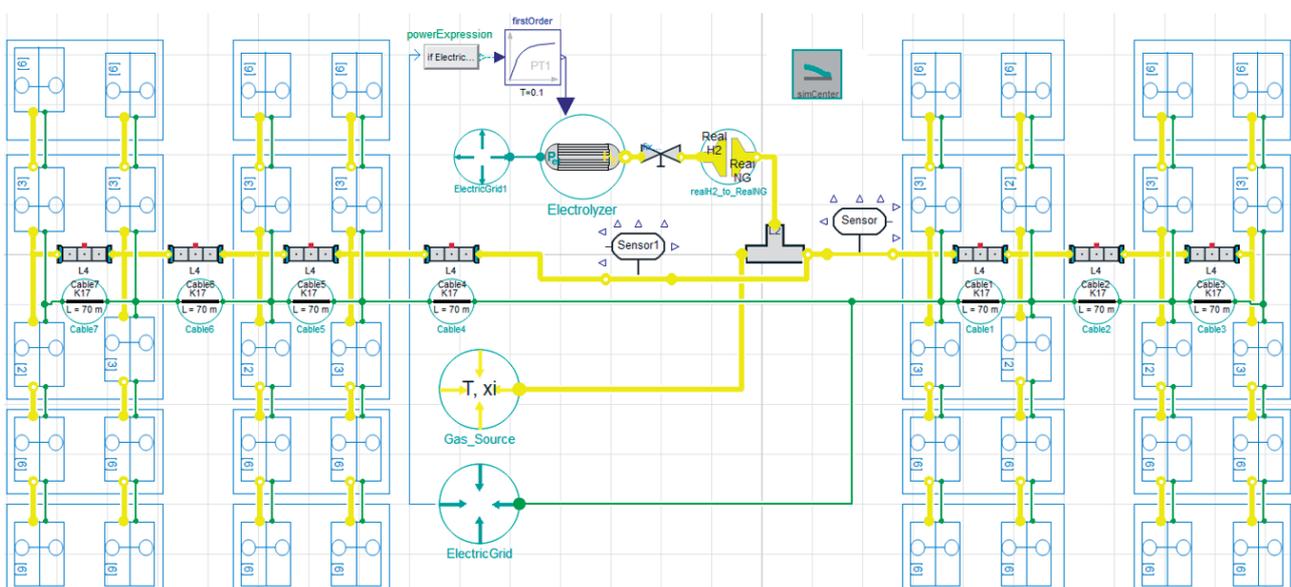


Abbildung 10: Gekoppeltes Strom- und Gasverteilsystem (Abbildung in Modelica (Quelle: GWI, 2018))



Abbildung 11: Typische Gebäude in der Siedlung (Quelle: IWB)

besondere Bedeutung gewinnen, da sie bereits auf gut ausgebaute Transport- und Speicherinfrastrukturen zurückgreifen können. Denkbar wären hier der Einsatz bereits etablierter Technologien wie motorische KWK und die Biogaseinspeisung aber auch die zukünftige Nutzung innovativer Technologien wie die Brennstoffzellen-KWK, Power-to-Gas Konzepte (PtG), Power-to-Heat (PtH) und Pyrolysetechnologien. Darüber hinaus müssen in eine gesamtheitliche Betrachtung aber auch die bereits vorhandenen bzw. in der Entwicklung befindlichen Technologien zur direkten Stromspeicherung und zum stromsystembasierten Energieausgleich wie z.B. Smart-Grids, Demand Side Management, Batteriespeicher oder Druckluftspeicher in das Konzept mit eingebunden werden. Ein Schwerpunkt des Projektes wird die Entwicklung eines Modellierungssystems für die Quartiersebene sein. Hier wird auf Basis der objektorientierten Modellierungssprache Modelica ein Werkzeug geschaffen, welches es ermöglicht, verschiedene Gemeinde- bzw. Quartiersstrukturen abzubilden. Bei der Entwicklung wird ein Austausch mit schon bestehenden Modelica Bibliotheken angestrebt (z.B. aus dem Projekt TransiEnt.EE – Transientes Verhalten gekoppelter Energienetze mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien). Hiermit können bereits vorhandene Modelle gleichzeitig einem weiteren Praxistest unterzogen und ihre Anwendung und Anwendbarkeit weiterentwickelt werden.

In den Themenbereich Sektorkopplung/Quartiere fällt auch das Projekt „Energieeffiziente Wohnsiedlungen durch zukunftsfähige Konzepte für den denkmalgeschützten Bestand – Energieoptimiertes Quartier Margarethenhöhe Essen (EnQM)“ unter Leitung der Universität Stuttgart – Institut für Werkstoffe im Bauwesen mit der Margarethe-Krupp-Stiftung für Wohnungsfürsorge und der RWTH Aachen.

Bis 2050 sieht die Bundesregierung einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand vor. Bereits 2020 sollen Erneuerbare Energien (EE) 14 Prozent des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte decken. Im Vergleich zum heutigen Stand muss folglich die Sanierungsrate verdoppelt werden. Hierbei können Effizienzsteigerungen im Gebäudebestand nicht nur durch die Sanierung von einzelnen Gebäuden erzielt werden, sondern auch durch die smarte Vernetzung von Gebäuden innerhalb eines Quartiers. Um den Ansatz der energieeffizienten Quartierslösung voranzutreiben, greift die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie veröffentlichte „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ den Gedanken der ganzheitlichen Sanierung und Modernisierung im Gebäudebestand auf.

Im Verbundhaben EnQM wird das GWI gemeinsam mit den Projektpartnern den Ansatz der ganzheitlichen energetischen Ertüchtigung von Gebäuden zur Steigerung der Energieeffizienz im Quartier aufgrei-

fen und am Beispiel der denkmalgeschützten Siedlung „Margarethenhöhe“ in Essen demonstrieren. Es wird gezeigt, wie durch energetische Sanierung, innovative Gebäudetechnik und intelligente elektrische, thermische und digitale Vernetzung denkmalgeschützte Quartiere energetisch optimiert werden können. Dabei soll innerhalb des Projektes in der historischen Arbeitersiedlung dieser Ansatz analysiert und mit den im Projekt entwickelten und angepassten Technologien beispielhaft umgesetzt werden. Dabei werden die Potenziale der Maßnahmen sowohl für einzelne Gebäude, als auch für die ganze Siedlung untersucht. In einem ersten Analyseschritt wurden die Wärme- und Strombedarfe der Einzelobjekte ermittelt (**Abbildung 12**).

Die im Quartier zu installierenden innovativen Technologien, wie z.B. eine Mikro-Wärmepumpe oder ein Fußbodenheizsystem wurden an Prüfständen des GWI untersucht. Darüber hinaus sollen diese Systeme in die Programierungsumgebung Modelica überführt werden, um in vorgelagerten Simulationen das dynamische Verhalten der Einzelsysteme zu analysieren. Die erstellten Modelle der verschiedenen Einzelsysteme sollen dann im weiteren Verlauf des Projektes in ein Modell des ganzheitlichen Wohnquartiers integriert werden. Die Modellierung des Wohnquartiers Margarethenhöhe in der Umgebung Modelica wird es erlauben, die Wechselwirkungen zwischen den modularen Versorgungssystemen in Abhängigkeit der auftretenden Lasten sowie die verschiedenen Witterungsverhältnisse zu analysieren. Darüber hinaus wird die gesamtheitliche Betrachtung

des Quartiers in der Umgebung Modelica es ermöglichen, verschiedene Szenarien bzw. Zusammensetzungen von Versorgungssystemen (z.B. Wärmequelle, Speicher, Fernwärme, KWK- oder PV-Anlagen) und dessen Auslegung zu untersuchen, so dass die erlangten Erkenntnisse in die Planung des LowEx-Gebäudekonzepts einfließen können. Des Weiteren können die erstellten Modelle genutzt werden, um die Ergebnisse auf andere Wohnquartiere zu übertragen.

Ferner wird das GWI Geschäftsmodelle für die im Projekt eingesetzten Energieversorgungssysteme entwickeln. Diese Geschäftsmodelle sollen jedoch nicht nur auf wirtschaftlichen Aspekten beruhen, sondern vielmehr ökologische Faktoren berücksichtigen. Hierfür sollen die im Quartier eingesetzten Versorgungssysteme anhand der messtechnisch erfassten Daten ökologisch bilanziert werden, sodass für die betrachteten Systeme CO<sub>2</sub>- und Primärenergie-Einsparungspotenzialen bestimmt werden können. Diese Einsparungspotenziale werden wiederum mit den Ergebnissen der wirtschaftlichen Bilanzierung in Relation gesetzt, um hieraus anschließend verschiedene Geschäftsmodelle zu entwickeln. Die verschiedenen Modelle sollen hierbei unterschiedliche Schwerpunkte bezüglich ökologischen und ökonomischen Faktoren beinhalten.

Das Projekt „Modellbasierte Analyse der Integration erneuerbarer Stromüberschüsse durch die Kopplung der Stromversorgung mit Wärme-, Gas- und Verkehrssektor (MultiSektor-Kopplung, MuSeKo), Part-

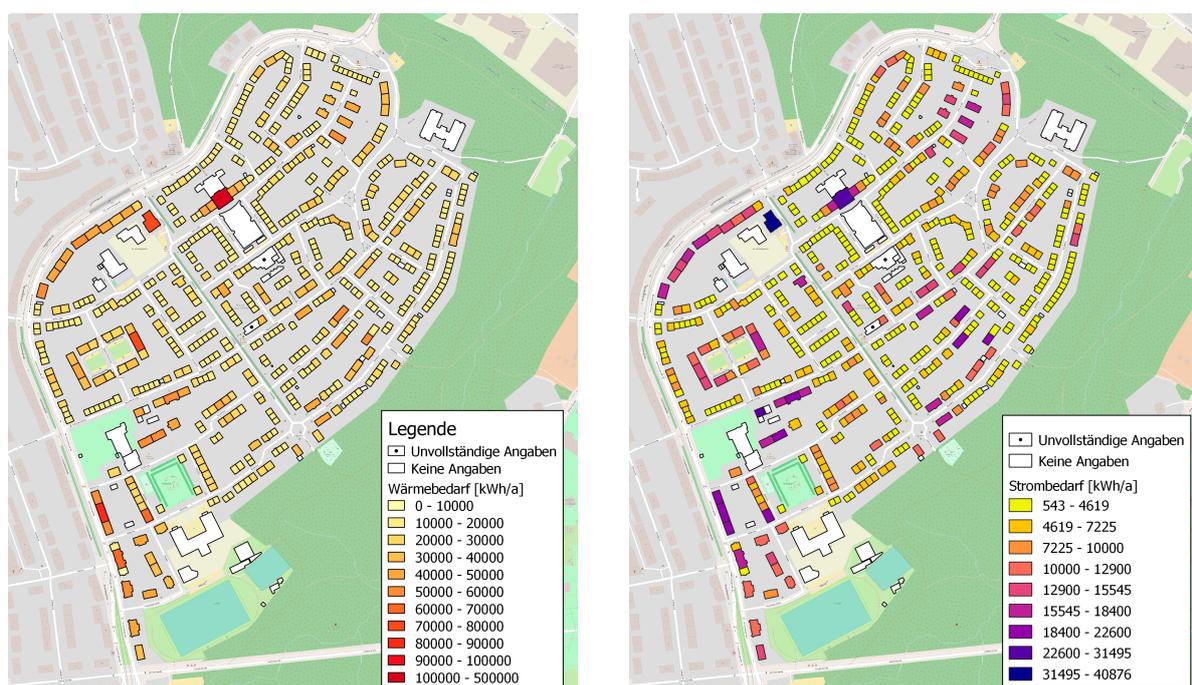


Abbildung 12: Wärmebedarfe (links) und Strombedarfe (rechts) des Quartiers (Quelle: GWI, 2018)

ner: Fraunhofer IFAM (Verbundkoordinator), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), lieferte 2017 Ergebnisse zum Power-to-Heat Potenzial (Elektrifizierung) in einem Referenznetz, sowie der Abschätzung für die Deutschland insgesamt, ferner eine Abschätzung des deutschen Power-to-Compression-Potenzials im Erdgastransportsystem.

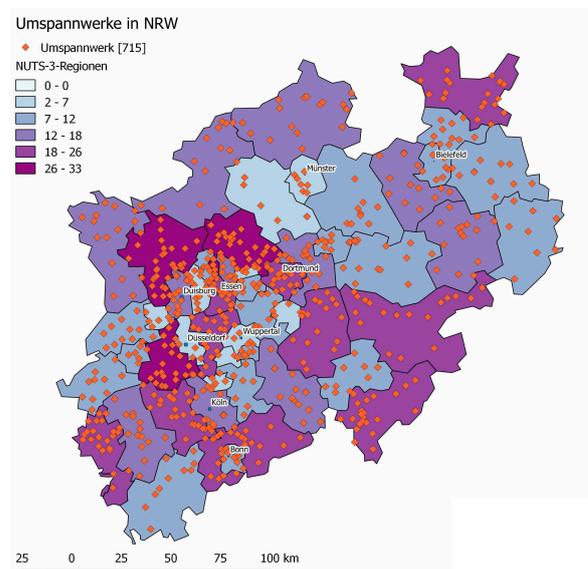
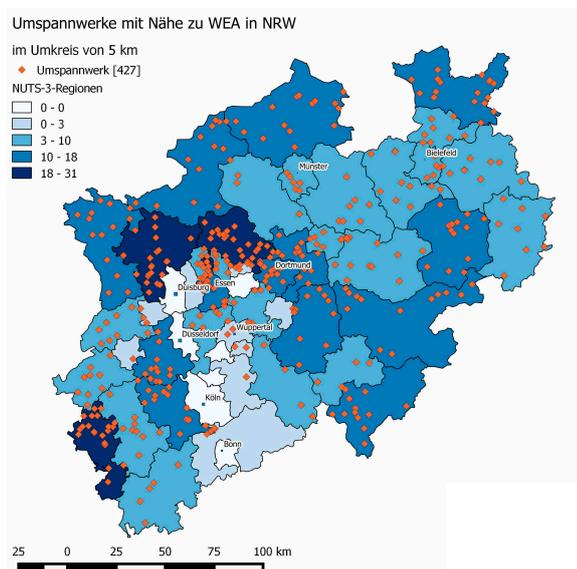
Übergreifend trägt das Forschungsprojekt dazu bei, den Einsatz unterschiedlicher Arten und Kombinationen von Flexibilität und Sektorenkopplungen in einem künftigen Energiesystem mit einem hohen Anteil erneuerbarer Erzeugung zu bewerten. Mögliche Entwicklungspfade werden über Szenarien mit unterschiedlichen Energiesystemen und Rahmenbedingungen berücksichtigt.

Das vom BMWI geförderte Bundesprojekt hat eine Laufzeit von 3 Jahren und wurde im September 2016 gestartet. Am GWI wird in enger Zusammenarbeit mit dem assoziierten Projektpartner Westnetz erarbeitet, welche Power-to-Heat Potenziale im Gasnetzbetrieb existieren und wie diese zukünftig zu heben sind. Dazu werden Gasvorwärmanlagen gesichtet, ihre Betriebsweisen simuliert und mögliche elektrifizierte Redundanzschienen ausgelegt.

Das Virtuelle Institut „Strom zu Gas und Wärme“ (VI SGW) untersucht notwendige Flexibilitäts- und Speicheroptionen im zukünftigen Energieversorgungssystem, welche eine wichtige Bedingung für die Integration von hohen volatilen Anteilen an erneuerbaren Energien im Stromnetz ist und leistet durch seine Arbeit einen entscheidenden Beitrag zur nachhaltigen Transformation unseres Energieversor-

gungssystems. Durch die gebündelten Kompetenzen und Methoden bzw. Modellrechnungen der Institute sind im Hauptprojekt des VI SGW (2015-2017) Technologien und Energiesysteme aus unterschiedlichen Blickwinkeln mit diversen Schwerpunkten untersucht worden.

Die Systemanalyse betrachtet top-down übergreifende Konkurrenz- und Synergieeffekte zwischen den Flexibilitätsoptionen und orientiert sich sowohl an den technischen Parametern als auch an den aktuellen und zukünftigen Marktmechanismen. Um volkswirtschaftliche Kosten zu optimieren und dabei die Ziele der Emission-Reduktion zu erreichen, müssen alle Sektoren und Branchen gemeinsame Strategien entwickeln. Um dabei die notwendigen Speicherkapazitäten anbieten zu können und den Netzausbaubedarf zu reduzieren müssen alle Flexibilitätsoptionen einen Beitrag liefern. Besonders wichtig für die saisonale Speicherung sind dabei Cross-Over-Technologien wie z.B. Elektrolyse (PtG), welche an sinnvollen geografischen Kopplungspunkten von Gas- und Stromnetz eingesetzt werden können und eine möglichst hohe Verfügbarkeit und technische Reife besitzen sollten. Das aktuell laufende Hauptprojekt liefert u.a. mittels georeferenzierter Analyse eine Auswertung zu optimalen Standorten von PtG-Anlagen, welche aus der Zusammenführung unterschiedlicher Systemmodelle entwickelt werden. Diese Fragestellungen können nicht aus Sicht eines einzelnen Energienetzes oder eines individuellen Sektors beantwortet werden. Um die Ziele einer erfolgreichen Energiewende zu erreichen, muss eine sinnvolle Zusammensetzung auf Verteilungs- und Endanwendungsseite im Sinne einer Sektorenkopplung gefunden werden. Die verschiedenen Pfadanalysen



**Abbildung 13:** Ermittelte Standorte der Umspannwerke mit Anschluss an das Hoch- oder Höchstspannungsnetz; regionale Verteilung der Umspannwerke mit benachbarter Windenergieanlage im Umkreis von 5 km auf NUTS-3-Ebene (Quelle: GWI, 2017)

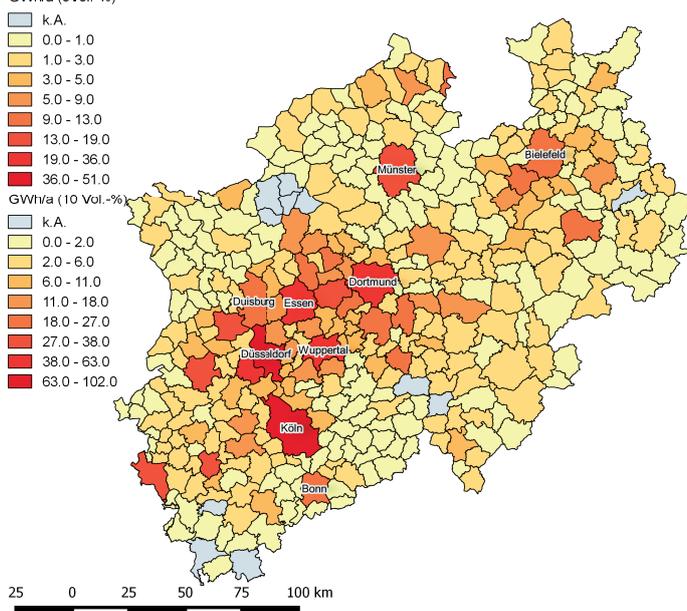
betrachten mittels eines bottom-up-Ansatzes die einzelnen Technologieketten und verfolgen mit spezifischen Parametern und angepassten Modellen die technischen Potenziale dieser Flexibilitäts-Optionen. Das GWI hatte in den Pfadanalysen den Schwerpunkt PtG bzw. die Einspeisung von  $H_2$  ins Erdgasnetz und PtH im Haushaltsbereich. Im Rahmen der Pfadanalyse wurde u. a. eine geschlossene Betrachtung der potenziellen PtG-Standorte sowohl in deutschen Erdgasverteilnetzen als auch in -transportnetzen erstellt. Als potenzielle PtG-Standorte wurden die Umspannwerke der Strominfrastruktur mit Anschluss ans Hoch- und/oder Höchstspannungsnetz untersucht. Es wurden im Rahmen einer geoinformations-basierenden Analyse Kriterien definiert und angewendet, um die räumlichen Beziehungen der potenziellen Speicherstandorte zu den Standorten der EE-Erzeugung auszuwerten (z.B. die Nähe zu Windenergieanlagen, siehe **Abbildung 13**). Bei der Betrachtung wurde darüber hinaus eine saisonale Charakteristik berücksichtigt, die für den Einsatz von  $H_2$ -Einspeisung in Gasverteilnetzen eine relevante Größe darstellt (Einspeisegrenzen).

Als Beispiel zeigt die **Abbildung 14** die Wasserstoffpotenziale in den Gemeinden von NRW im Jahr 2015. Die experimentellen Arbeiten des Projekts fokussieren die Schlüsseltechnologien wie Elektrolyse und Methanisierung sowie die Einspeisung und stoffliche sowie energetische Nutzung in der Erdgasin-

frastruktur z.B. mittels Kraft-Wärme-Kopplung. Diese genannten Technologien bilden die Basis für die zukünftige saisonale Speicherung von erneuerbarem Strom im Gasnetz. Zukünftig wird das Projekt noch um PtH und smarte Hybrid-Systeme ergänzt. Ziel der Demonstrationsanlage ist das Zusammenspiel der Einzelsysteme in einem dynamischen Gesamtbetrieb unter realistischen Last- und Anforderungsbedingungen aus den einzelnen Energienetzen (Gas-, Wärme, Strom, etc.). Unter dem Leit-Motiv „Erhöhung der grenzüberschreitenden Innovationskraft im Programmgebiet INTERREG Deutschland Niederlande“ haben sich 48 Partner aus dem Programmgebiet (D/NL) für das Projekt „Cleantech Energy Crossing“ zusammengefunden, um in einer grenzüberschreitenden Zusammenarbeit die Entwicklung und Umsetzung von nachhaltigen innovativen Technologien voranzutreiben. Die Schwerpunkte sind eine Entwicklung innovativer Heiz- und Kühltechnologien, Speicherung von elektrischer Energie mit kleinen Batterien in einzelnen Gebäuden und Entwicklung und Demonstration von zwei innovativen Batterietechnologien in einem kleinen Stromnetz (Mikro-Grid). Im Teilprojekt 1 „Sustainable heating & cooling“ werden In einer Testphase am GWI Voruntersuchungen an vier Systemen durchgeführt. Die Entwicklungen der jeweiligen Technologien werden durch theoretische Betrachtungen unterstützt, indem die Versorgungsanforderungen an das gesamteinheitliche Klimasystem im häuslichen Sektor definiert werden und Simulationen der Systemkombinationen in Modelica durchgeführt werden. Im Teilprojekt 2 „Batteries@Home“ werden am GWI Batteriesysteme der Firma exergy unter Laborbedingungen getestet. Für diese Testphase werden zuvor theoretische Betrachtungen durchgeführt, um geeignete Gebäudetypen für die Implementierung der Batteriesysteme zu definieren. Es werden die Verbrauchscharakteristiken der geeigneten Objekte erarbeitet, um unter kontrollierten Laborbedingungen das Verhalten des Batteriesystems mittels realistischer Last- und Ladeprofilen zu testen. Die Entwicklung der Batteriesysteme wird zusätzlich durch Simulation in Modelica unterstützt, in dem das Verhalten der Batterien in Wohngebäuden abgebildet und analysiert wird. Im Teilprojekt 3 „Micro-grid storage“ geht es um die Entwicklung von innovativen stationären Batterietechnologien.

#### Wasserstoffpotenziale der Gemeinden NRWs 2015

unter der Annahme einer Beimischung von 5 bzw. 10 Vol.-% in die Gasverteilnetze  
GWh/a (5Vol.-%)



**Abbildung 14:** Theoretisch durch Wasserstoff substituierbare Jahresarbeit Erdgas bei einer Volumenobergrenze von 5 und 10 Vol.-%, basierend auf dem saisonalen Verlauf des Erdgasbedarfs Stand heute, eigene Berechnung und Darstellung (Quelle: GWI, 2017)

Weitere Projekte in Bearbeitung mit Partnerinstitutionen sind:

- STORE&GO – Innovative large-scale energy STOragE technologies AND Power-to-Gas concepts after Optimisation (GWI-Ziele: GIS-basierte PtG-Potenzialstudie, regionale Analyse) [www.storeandgo.info](http://www.storeandgo.info) (EU F&E-Projekt)
- Smart District – Sektorkopplung zur effizienten Transformation der Energieversorgung (Studie zur Identifikation und Evaluierung der technischen und energetischen Potenziale der bereichsübergreifenden Quartiersversorgung) (DVGW F&E-Projekt)
- Vorstudie zu Energieeffizienzpotenzialen im Gewerbe-Handel-Dienstleistungs-Sektor im Hinblick auf CO-Einsparung durch den Einsatz von Gasplus Technologien – GHD-Roadmap (Ermittlung von Energieeffizienzpotenzialen im GHD-Sektor (DVGW F&E-Projekt))
- Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen (DVGW F&E-Projekt)
- Bewertung von Quellen und Abtrennungsv erfahren zur Bereitstellung von CO<sub>2</sub> für PtG Prozesse (GWI erarbeitet die Zertifizierung von CO<sub>2</sub> (DVGW F&E-Projekt))

## PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

### Veröffentlichungen

Blez, B., Buchet, P., Giese, A., Görner, K., Leicher, J., Ourliac, M.: Pollutant emissions reduction in industrial gas-fired applications; International Gas, April, S. 76-86, 2017

Dahlmann, B., Garzon-Real, J., Ludwig, M., Stötzel, M., Zdrallek, M., Hüttenrauch, J., Benthin, J., Lange, M., Köppel, W.: Kombinierte Gas- und Stromnetzautomatisierung auf Verteilnetzebene; Proceedings of the International ETG Congress 2017

Graf, F., Gröschl, F., Wetzels, U., Brandes, F., Dapper, M., Walter, M., Heikrodt, K., Krause, H., Albus, R., Burmeister, F., Wenzel, M., Lefort, N., Beilfuß, A., Witschen, B.: Jahresübersichten – Gas – Gebäudeenergieversorgung; BWK Bd. 69 (2017) Nr. 5 Jahressausgabe, S. 87-93, 2017

Köppel, W., Ruf, J., Graf, F., Burmeister, F., Mozgovoy, A., Albus, R., Erler, R., Schuhmann, E., Henel, M.: LNG im Schwerlastverkehr – eine Alternative; energie | wasser-praxis, Mai, S. 48-54, 2017

Lange, M., Albus, R., Benthin, J., Burmeister, F., Flayyih, M., Görner, K., Schmidt, M., Wenzel, M.: 100 CHP systems in the field – CO<sub>2</sub> reduction potential in the German residential sector; IGRC 2017, Rio de Janeiro, Brasilien, Mai 2017

Leicher, J., Giese, A., Albus, R., Görner, K.: Schwankende Erdgasbeschaffenheiten aus der Sicht des (in-

dustriellen) Endverbrauchers - Teil 1; energie | wasser-praxis, Ausgabe 5, S. 10-15, 2017

Leicher, J., Giese, A., Albus, R., Görner, K.: Schwankende Erdgasbeschaffenheiten aus Sicht des (industriellen) Endverbrauchers – Teil 2; energie | wasser-praxis, Ausgabe 6+7, S. 14-17, 2017

Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: Modeling Oxy-Fuel combustion in industrial furnaces: Challenges and Advances; glass international, Ausgabe 3, S. 74-76, 2017

Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: The impact of natural gas quality on large-scale combustion processes in thermal processing industries and power generation; Industrial Combustion – Journal of the International Flame Research Foundation, Article Number 201608, 2017

Leicher, J., Nowakowski, T., Giese, A., Görner, K.: Higher concentrations of hydrogen in natural gas and their impact on industrial combustion systems; Heat Processing, Ausgabe 3, S. 65-72; 2017

Lucke, N., Spitta, C., Vrangos, V., (Hrsg.): Transfer4.0@KWK.NRW – Im Rahmen des Virtuellen Instituts | KWK.NRW; Abschlussbericht zum Verbundprojekt Gas- und Wärme-Institut Essen e.V., Lehrstuhl für Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik der Universität Duisburg-Essen, ZBT – Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH, Essen und Duisburg, November 2017

Möntmann, D., Grote, M., Diarra, D., Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Görner, K.: Entwicklung eines Feuerungssystems zur Erzeugung industrieller Prozesswärme aus biogenen Brennstoffen; 28. Deutscher Flammentag, Verbrennung und Feuerung, TU Darmstadt, 06. – 07. September 2017

Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Möntmann, D., Grote, M., Diarra, D.: Burner System for Combined Combustion of Gaseous and Liquid Biofuels; 8<sup>th</sup> European Combustion Meeting, Dubrovnik, 18. – 21. April 2017

Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Möntmann, D., Grote, M., Diarra, D.: Mehrstoffbrenner für den simultanen Einsatz von flüssigen und gasförmigen Bio-Brennstoffen; gwi – gaswärme international, Heft 04/2017

Tali, E., Feldpausch-Jägers, S., Burmeister, F., Billat, S., Hedrich, F., Dura, G.: Entwicklung eines integrierten Sensorsystems zur Bestimmung des Brennwertes von Brenngasen mit variabler Zusammensetzung; energie | wasser-praxis, Ausgabe 12, S. 66-75, 2017

Leicher, J., Nowakowski, T., Giese, A., Görner, K.: Power-to-gas and the consequences: impact of higher hydrogen concentrations in natural gas on industrial combustion processes; Energy Procedia, Ausgabe 120, S. 96-107, 2017

Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: Natural gas quality fluctuations – surveys and statistics on the situation in Germany; Energy Procedia, Ausgabe 120, S. 165-172, 2017

Fiehl, M., Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Fleischmann, B.: Biogas as a co-firing fuel in thermal processing industries: implementation in a glass melting furnace; Energy Procedia, Ausgabe 120, S. 302-308, 2017

Leicher, J., Giese, A., Al-Halbouni, A., Albus, R., Görner, K.: Fluctuating natural gas qualities from the point of view of industrial end-users; heat processing, Ausgabe 1, S.56-67, 2017

### Vorträge und Poster

Al-Halbouni, A.: Introduction of GWI activities, Cooperation seminar between NRW and Nizhni Novgorod, Vortrag, ZENIT Mülheim, 12. April 2017

Al-Halbouni, A., Giese, A., Tali, E., Leicher, J., Albus, R., Görner, K.: Combustor concept for industrial gas turbines with single digit NO<sub>x</sub> and CO emission values 11<sup>th</sup> European Conference on Industrial Fur-

naces and Boilers, Poster, Konferenz, Albufeira Portugal, 8. – 21. April 2017

Albus, R.: KWK in der Gebäudeenergieversorgung – Ein Element zur Sektorenkopplung, Technologie- und Energie-Forum zur ISH Frankfurt, Vortrag, Frankfurt, 17. März 2017

Albus, R.: Potenzial und Perspektiven von Gas-Plus-Technologien, Gaskurs 2017, Vortrag, Karlsruhe, 31. März 2017

Albus, R.: Stand der L/H-Gas Marktraumumstellung, Erfahrungsaustausch der Chemiker und Ingenieure des Gasfaches, Vortrag, Wiesmoor, 22. September 2017

Benthin, J. et al.: EnQM: Energieoptimiertes Quartier Margarethenhöhe Essen, 4. KWK.NRW-Forum, Vortrag, Düsseldorf, 11. Oktober 2017

Benthin, J.; Lange Manfred: Energetische Sektorenkopplung: Übergang von der räumlichen Analyse hin zur räumlich aufgelösten Modellierung, BMWi Präsenztreffen Forschungsnetzwerk Energiesystemanalyse; Vortrag, Berlin, 27. April 2017

Fiehl, M., Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Fleischmann, B., Spielmann, S.: Biogas as a co-firing fuel in thermal processing industries: implementation in a gas melting furnace 11<sup>th</sup> European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, Poster, Konferenz, Albufeira, 8. – 21. April 2017

Fiehl, M., Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Fleischmann, B., Spielmann, S.: Biogas as a co-firing fuel in thermal processing industries: implementation in a gas melting furnace AiF-Innovationstag, Poster, Berlin, 18. Mai 2017

Flayyih, M., Wenzel, M., Lange, M., Görner, K.: Field trials for CHP systems to reduce greenhouse gas CO<sub>2</sub> in a German district World Sustainable Energy Days 2017 – Young Researchers Conference: Energy Efficiency, Poster, Konferenz, Wels, 01. März 2017

Giese, A., Fleischmann, B.: Rohbiogaszumischung an einer Glasschmelzwanne – Umsetzung – Herausforderung und Erkenntnisse Biogas Convention & Trade Fair, Vortrag, Essen, 14. Dezember 2017

Giese, A., Leicher, J., Nowakowski, T., Fleischmann, B., Bergmann G, Löber, N.-H.: Statistische Untersuchungen zu realen Gasbeschaffenheiten und -zusammensetzungen in deutschen Erdgasnetzen: Ergebnisse aus dem Projekt „GasQualitaetGlas“

91. Glastechnische Tagung, Vortrag, Weimar, 30. Mai 2017

Giese, A., Leicher, J., Nowakowski, T.: Power-to-gas and the consequences: impact of higher hydrogen concentrations in natural gas on industrial combustion processes, 91. Glastechnische Tagung, Vortrag, Weimar, 30. Mai 2017

Giese, A.: Auswirkungen der Wasserstoffeinspeisung ins Erdgasnetz infolge Power-to-gas auf den industriellen Verbrennungsprozess, Linde Expertenforum, Vortrag, Merseburg, 15. November, 2017

Giese, A.: Einfluss der Gasbeschaffenheit auf Industrieprozesse (Keramik) Würzburger Ziegellehrgang, Vortrag, Würzburg, 05. Dezember 2017

Giese, A.: Grundlagen der Brennertechnik, 8. Praxistagung „Effiziente Brennertechnik für Industrieöfen“, Vortrag, Tagung, Essen, 03. April 2017, Essen

Lange, M., Albus, R., Benthin, J., Burmeister, F., Flayyih, M., Görner, K., Schmidt, M., Wenzel, M.: 100 CHP systems in the field – CO<sub>2</sub> reduction potential in the German residential sector IGRC 2017, Rio de Janeiro, Mai 2017

Leicher, J.: Die L-/H-Marktraumumstellung, schwankende Erdgasbeschaffenheit und die Auswirkungen auf Gasturbinen, Vortrag, ASUE Würzburg, 17. Mai 2017

Leicher, J.: Grundlagen der Verbrennung, 8. Praxistagung „Effiziente Brennertechnik für Industrieöfen“, Vortrag, Essen, 03. April 2017

Leicher, J.: Gas Quality: Impact on Industrial Processes IFRF/ GWI TOTeM 44 “Gaseous Fuels in Industry and Power Generation: Challenges and Opportunities”, Vortrag, Essen, 14. März 2017

Leicher, J.: Grundlagen der Schadstoffbildung, 8. Praxistagung „Effiziente Brennertechnik für Industrieöfen“, Vortrag, Essen, 05. April 2017

Leicher, J.: Utilization of Untreated Biogas for Glass Melting IFRF/ GWI TOTeM 44 “Gaseous Fuels in Industry and Power Generation: Challenges and Opportunities”, Vortrag, Essen, 15. März 2017

Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Buchet, P.: Pollutant Emissions Reduction in Industrial Gas-Fired Manufacturing Processes IGRC 2017 Präsentation, Rio de Janeiro, Mai 2017

Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: Primärmaßnahmen zur NO<sub>x</sub>-Minderung in technischen Feuerungsprozessen: Stand der Technik und aktuelle Entwicklungen, 1. Aachener Ofenbau- und Thermoprocess-Kolloquium, Vortrag, Aachen, 2017

Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Werschy, M., Krause, H., Dörr, H.: Natural gas quality fluctuations – surveys and statistics on the situation in Germany 11<sup>th</sup> European Conference on Industrial Furnaces and Boilers Poster Albufeira, 8. – 21. April 2017

Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Werschy, M., Krause, H., Dörr, H.: Statistical Surveys on the Sensitivities of Industrial End-Users to Gas Quality Fluctuations in Germany IGRC 2017 Präsentation, Rio de Janeiro, Mai 2017

Leicher, J., Nowakowski, T., Giese, A., Görner, K.: Power-to-gas and the consequences: impact of higher hydrogen concentrations in natural gas on industrial combustion processes 11<sup>th</sup> European Conference on Industrial Furnaces and Boilers 11 Vortrag Albufeira, 8. – 21. April 2017

Leicher, J. Combustion Modeling in CFD Simulations – Theory and Applications in Thermal Processing Industries, VDEh Advanced Seminar „Computational Fluid Dynamics in Metallurgy, Köln, 4. – 6. Dezember 2017

Leicher, J., Nowakowski, T., Giese, A., Görner, K.: The Impact of Higher Hydrogen Concentrations in Natural Gas on Industrial Combustion Processes ICG Annual Meeting & 32<sup>nd</sup> Sisecam Glass Symposium, Istanbul, 2017

Nowakowski, T., Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: „Power-to-gas“ und die Folgen: Auswirkungen höherer Wasserstoffkonzentrationen im Erdgas auf großtechnische Feuerungsprozesse, Poster, 49. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 17. – 18. Oktober 2017

Lucke, N.: Brennstoffzellen zur Gebäudeenergieversorgung und Sektorenkopplung Halbjahrestreffen des Netzwerks Brennstoffzelle und Wasserstoff, Elektromobilität NRW der EA.NRW, Heinsberg, 30. Juni 2017

Mohri, K., Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Kempf, A.: Computed Tomography of Chemiluminescence (CTC): reconstructing turbulent laboratory and industrial flames, 28. Deutscher Flammentag, Poster, Verbrennung und Feuerung, TU Darmstadt, Darmstadt, 06. – 07. September 2017

Mohri, K., Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Kempf, A.: 3D instantaneous reconstruction of a turbulent industrial burner flame using Computed Tomography of Chemiluminescence (CTC) SMARTCATs 3<sup>rd</sup> General Meeting & Workshop on Smart Energy Carriers in Industry, Vortrag, Technische Universität Prag, Prag, 25. – 27. Oktober 2017

Möntmann, D., Grote, M., Diarra, D., Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Görner, K.: Entwicklung eines Feuerungssystems zur Erzeugung industrieller Prozesswärme aus biogenen Brennstoffen 28. Deutscher Flammentag, Vortrag, Verbrennung und Feuerung, TU Darmstadt, Darmstadt, 06. – 07. September 2017

Mozgovoy, A., Schieweck, T., Schiffer, P., Burmeister, F., Görner, K., Albus, R.: Liquefied biogas as a matter of a storage and system integration of renewable energy sources, Poster, 2017

Nowakowski, T.: Auswirkungen der Wasserstoff-Zumischungen in das Erdgasnetz auf den Verbrennungsprozess, 8. Praxistagung „Effiziente Brennertechnik für Industrieöfen“, Vortrag, Essen, 04. April 2017

Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Möntmann, D., Grote, M., Diarra, D.: Feuerungssystem zur kombinierten Verbrennung von flüssigen und gasförmigen Bio-Brennstoffen 1. Aachener Ofenbau- und Thermo-process-Kolloquium, Aachen, S. 243-250, Mai 2017

Röder, M., Giese, A., Al-Halbouni, A., Möntmann, D., Grote, M., Diarra, D.: Burner System for Combined Combustion of Gaseous and Liquid Biofuels, 8<sup>th</sup> European Combustion Meeting, Poster, Dubrovnik, 18. – 21. April 2017

Schaffert, J.: Power to Gas & geospatial potential analyses Energy Science Kolloquium, Vortrag, Duisburg, 24. Januar 2017

Schaffert, J.: Power to Gas technologies as a toolbox for sector coupling in the future energy system IFRF / GWI TOTeM 44 “Gaseous Fuels in Industry and Power Generation: Challenges and Opportunities”, Vortrag, Essen, 14. März 2017

Schaffert, J.: CO<sub>2</sub> als Rohstoff für die Methanisierung – Ansätze zur Quantifizierung der europäischen Potentiale Expertengruppe Power-to-Gas der EnergieAgentur. NRW Vortrag, Jülich, April 2017

Schaffert, J.: Green CO<sub>2</sub> as a feedstock for Power to Gas energy storage 11<sup>th</sup> international Renewab-

le Energy Storage Conference Poster, Düsseldorf, März 2017

Senner, J.: Virtuelles Institut – Strom zu Gas und Wärme, 2. Jahrestagung des Kompetenzzentrums Systemtransformation, 2017

### Studentische Arbeiten

Biebl, M.: Experimentelle Untersuchungen einer kombinierten Gas- und Sauerstoff-Vorwärmung für den Oxyfuel-Prozess zur Effizienzsteigerung und CO<sub>2</sub>-Einsparung; Bachelorarbeit – Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Energieanlagen und Energieprozessstechnik; Februar 2017

Crnobrnja, E.: Auswirkung der Rohbiogasnutzung im Feuerungsprozess der glasherstellenden Industrie im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz; Bachelorarbeit – Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Energieanlagen und Energieprozessstechnik; Mai 2017

Levedag, D.: Locating potentials of industrial carbon dioxide as a feedstock for Power-to-gas energy storage; Bachelorarbeit – Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Maschinenbau, Institut für Energietechnik; Oktober 2017

Ruppert, S.: Erstellung eines Algorithmus zur zeitlich aufgelösten Simulation des deutschen Onshore-Windenergieausbaus; Bachelorarbeit – Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Physik, September 2017

Tsiklios, C.: Power to Gas: Bewertung der geografischen Potentiale von regenerativ erzeugtem Wasserstoff in nordrhein-westfälischen Gasverteilnetzen unter Berücksichtigung saisonaler und wirtschaftlicher Aspekte; Bachelorarbeit – Hochschule Trier, Fachrichtung Energietechnik, August 2017

Zejnnullahu, B.: Technische und geografische Analyse infrastruktureller Herausforderungender Energiewende im Hinblick auf Energieflexibilisierung durch Power-to-Heat; Masterarbeit – Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl Energiesysteme und Energiewirtschaft, April 2017

*Impressum*

*Geschäftsführender Vorstand: Dr. Rolf Albus  
Wissenschaftlicher Vorstand: Prof.-Dr. Klaus Görner*

*Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.  
Hafenstraße 101 | 45356 Essen*

*T: +49(0)201 3618-0  
F: +49(0)201 3618-111  
E: [info@gwi-essen.de](mailto:info@gwi-essen.de)  
I: [www.gwi-essen.de](http://www.gwi-essen.de)*

*Registergericht: Amtsgericht Essen  
Registernummer: GWI Allg. II 1691  
USt.-ID.: DE 119655769*

*Inhaltlich verantwortlich:  
Dr.-Ing. Rolf Albus | Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Görner | Hafenstraße 101 | 45356 Essen | T: +49(0)201 3618-0*

*Tätigkeitsbereich 2017 Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.  
Erscheinungsort: Essen, Deutschland  
ISSN: 2570-0413 (Print-Version)  
Die PDF-Version ist unter [www.gwi-essen.de/institut/taetigkeitsberichte.de](http://www.gwi-essen.de/institut/taetigkeitsberichte.de) frei verfügbar*







Gas- und Wärme-  
Institut Essen e.V.

DAS ENERGIE-INSTITUT IN ESSEN



Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.  
Hafenstraße 101 | 45356 Essen

T: +49(0)201 3618-0  
F: +49(0)201 3618-111  
E: [info@gwi-essen.de](mailto:info@gwi-essen.de)

