



# Tätigkeitsbericht 2019/2020

Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.



# INHALTSVERZEICHNIS

Allgemeiner Überblick .....	4
Bildungswerk .....	8
Prüflaboratorium .....	9
Marktraumumstellung .....	10
Forschung und Entwicklung .....	12
Industrie- und Feuerungstechnik .....	12
Brennstoff- und Gerätetechnik .....	19
Publikationen und Vorträge .....	26
Impressum .....	34

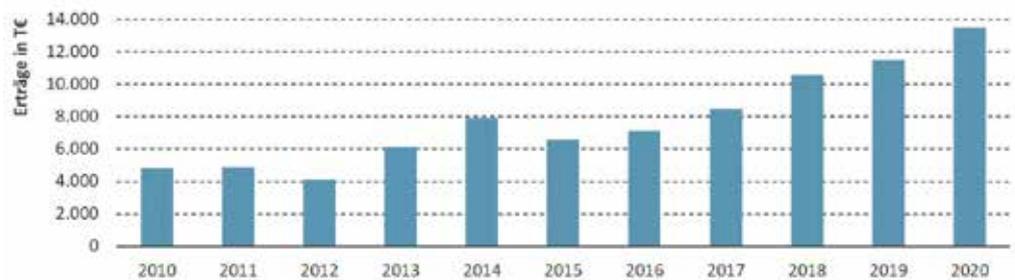
# ALLGEMEINER ÜBERBLICK

Das Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. (GWI) kann auf zwei sehr ereignisreiche Jahre zurückblicken, welche im Wesentlichen durch die Erschließung neuer Themen wie z. B. Wasserstoff, Digitalisierung sowie den Infrastrukturprojekten LNG-Anlage, Hybrid-SOFC-Anlage, Living Lab und Neubau Schulungs- und Verwaltungszentrum geprägt aber auch von der Corona-Pandemie überschattet wurden.

Insgesamt zeigte sich das GWI aber sehr stabil gegenüber den Auswirkungen der Corona-Pandemie. Durch ein umfassendes Home-Office-Konzept konnten die Kontakte innerhalb und außerhalb des Instituts auf das Notwendigste reduziert werden, sodass die zunächst befürchteten krankheitsbedingten Ausfälle ausblieben. Damit war gewährleistet, dass alle Projekte weitestgehend ungestört weiterbearbeitet werden konnten.

system ersetzt, das den heutigen Ansprüchen einer digitalisierten, effizienten sowie reversionssicheren Arbeitsmethodik in der Verwaltung entspricht.

Das GWI entwickelte sich wirtschaftlich weiterhin sehr gut. Sowohl im Jahr 2019 als auch 2020 konnten die Planzahlen deutlich übererfüllt werden. Für das Jahr 2020 war dies umso erfreulicher, da die Auswirkungen der Corona-Pandemie insbesondere im Bildungswerk zu einem Umsatzrückgang von bis zu 1 Mio. € gegenüber 2019 führten. Das GWI konnte im Jahr 2020 Erträge in Höhe von 13.504 T€ erwirtschaften. Die Ertragsentwicklung des GWI seit dem Jahr 2010 ist in **Abbildung 1** dargestellt.



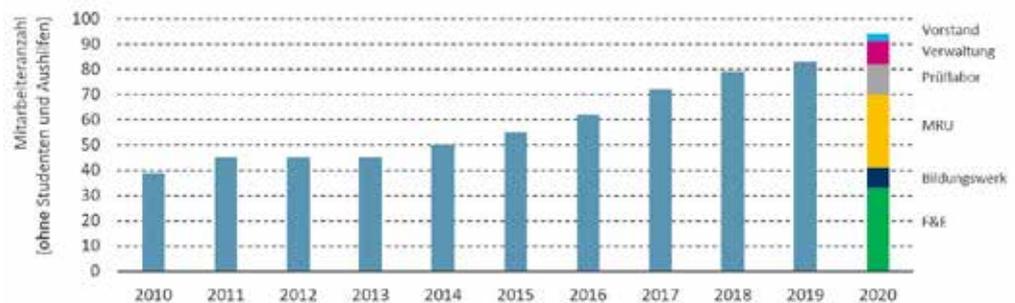
**Abbildung 1:** Ertragsentwicklung seit 2010 (Quelle: GWI, 2021)

Die Forschungsabteilungen sowie das Prüflabor konnten sogar die Praxisarbeiten in den Laboren ohne Unterbrechung weiterführen. Die Abteilung Marktraumumstellung nahm im Großprojekt Koblenz nach der 4-wöchigen Unterbrechung im April 2020 die Arbeiten planmäßig wieder auf. Das Schulungsangebot des Bildungswerks war durch die behördlich angeordneten Kontaktbeschränkungen teilweise völlig ausgesetzt bzw. massiv eingeschränkt. Es wurden mit Partnern und Kunden entsprechende Online-Angebote ausgearbeitet, sodass das praxisnahe Portfolio der Abteilung sinnvoll erweitert werden konnte.

Neben der wirtschaftlich guten Entwicklung ist auch die Personalentwicklung seit Beginn der DVGW-Innovationsoffensive 2010 und gestärkt durch die F&E-Aktivitäten im Land NRW, Bund und EU weiter sehr erfreulich, s. **Abbildung 2**. Das GWI zählte zum 31.12.2020 insgesamt 94 fest angestellte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, 27 Studenten und 5 Aushilfen.

Die bewährte Organisationsstruktur des GWI mit den Abteilungen Brennstoff- und Gerätetechnik, Industrie- und Feuerungstechnik, Bildungswerk, Prüflabor und Marktraumumstellung ist in **Abbildung 3** dargestellt. Den produktiven Abteilungen stehen die

Die GWI-IT führte die Modernisierung der gesamten Server- und Endgerätestruktur weiter fort und setzte dabei ein zukunftsweisendes Sicherheitskonzept um. Die Verwaltungssoftware wurde durch ein modernes Gesamt-



**Abbildung 2:** Personalentwicklung seit 2010 (Quelle: GWI, 2021)



- 1) Geschäftsführer der Stadtwerke Bochum Holding GmbH
- 2) Nebenamtlich bestellt; Hauptamt: Lehrstuhl für Umweltverfahrens- und Anlagentechnik der Universität Duisburg-Essen
- 3) Kommissarisch

Abbildung 3: Organisationsstruktur des GWI (Stand: 04/2021)

Unterstützungsfunktionen GWI-Services, F&E-Koordination und Geschäftsfeldentwicklung zur Verfügung.

Neben den inhaltlichen Arbeiten, die im Folgenden noch vorgestellt werden, konnten darüber hinaus wichtige Infrastrukturprojekte des GWI durchgeführt werden.

### LNG-Anlage

Aufbau und Betrieb einer LNG-Technikumsanlage (24 t Inhalt, Verdampfer, Kühlung und GWI-interne Einspeisung) im Rahmen einer Infrastrukturförderung in Höhe von € 550 T€ (Fördermittelgeber BMWi, Projektträger InnoKom, Förderquote 90 %).



Abbildung 4: LNG-Technikumsanlage (Quelle: GWI, 2021)

### Hybrid-SOFC-Anlage

Integration und Demonstration eines Hybrid-SOFC-Systems (tubulare Brennstoffzelle mit nachgeschalteter Mikro-Gasturbine) zur Erweiterung der KWK-Forschungsinfrastruktur und zur Energieversorgung des GWI im Rahmen einer Infrastrukturförderung in Höhe von 6,5 Mio. € (Fördermittelgeber Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW, Förderquote 90 %).



Abbildung 5: Hybrid-SOFC-Anlage (Quelle: Mitsubishi, 2020)

### Living Lab

Das Living Lab des GWI dient der Demonstration innovativer Lösungen für die Gestaltung der Energiewende. Zusätzlich wurde der Aufbau der digitalen Infrastruktur auf Basis von intelligenten Laternen (Kooperation mit Ebero AG und Energiedata 4.0 GmbH) abgeschlossen werden, sodass erste Tests durchgeführt werden konnten. Im Rahmen eines BMBF-Forschungsprojekts werden nun diverse Smart Meter getestet. Weitere Ausbaustufen im Bereich der digitalen Infrastruktur z. B. Batterien, weitere Sensoren werden folgen, s. **Abbildung 6**.

### Neubau Schulungs- und Verwaltungszentrum

Nach einer Bauzeit von ca. 1,5 Jahren konnte das Neubauvorhaben mit einer geringen Überschreitung

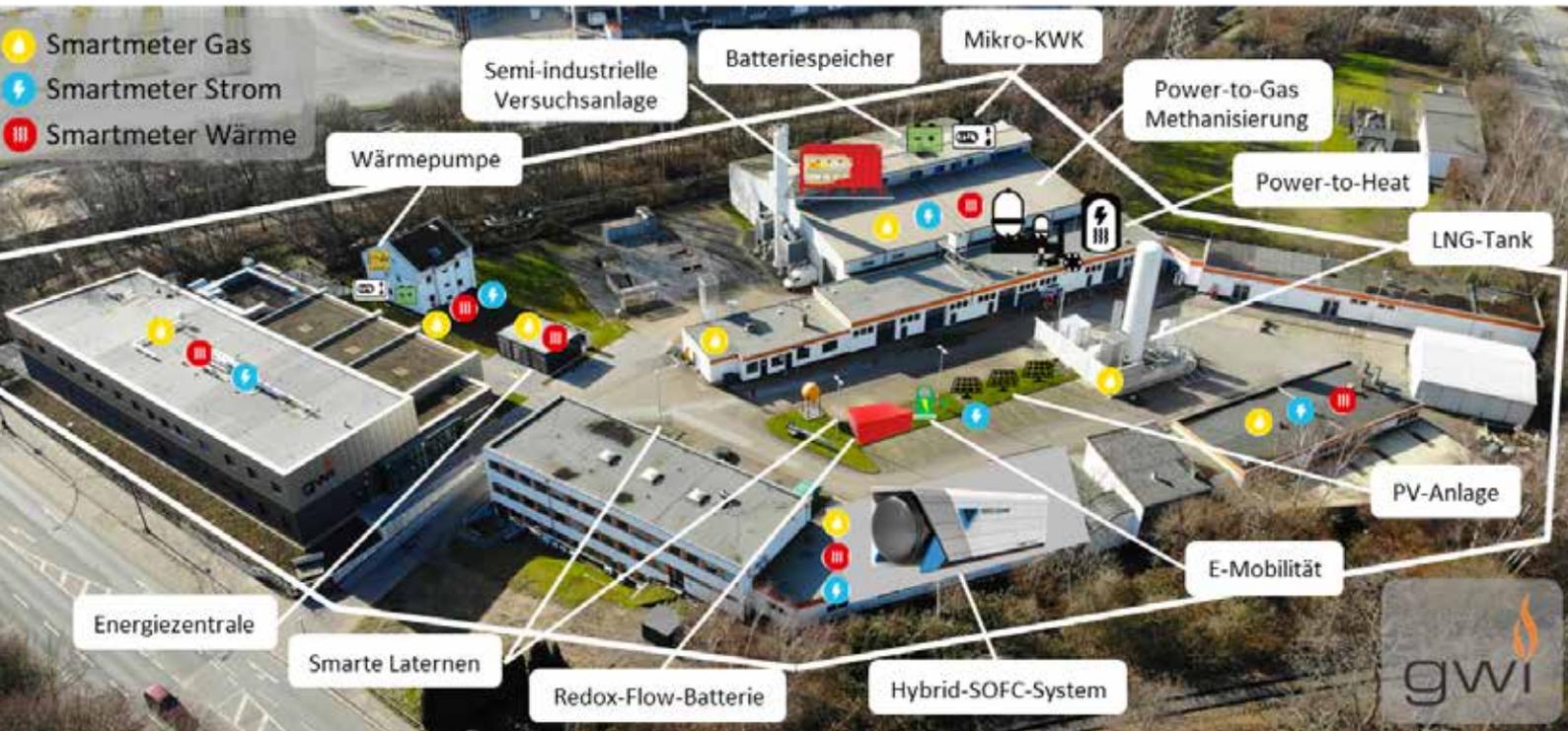


Abbildung 6: Living Lab am GWI mit den wesentlichen Bausteinen (Quelle: GWI 2020)

des Budgetrahmens von 3 % annähernd fristgerecht abgeschlossen werden. Die Gesamtkosten belaufen sich auf 7,2 Mio. €. Der Bürorumzug erfolgte Anfang August, die noch offenen Rest- sowie Nacharbeiten waren bis Ende Dezember 2020 weitestgehend abgeschlossen. Der Umzug der Praxisschulungsanlagen soll dann im 1. Quartal 2021 abgeschlossen sein. Mit diesem Neubau erweitert das GWI seine Möglichkeiten insbesondere im Bereich der Weiterbildung und Schulungen beträchtlich und ist für die Zukunft bestens aufgestellt, s. **Bilder 7 bis 10**.



Abbildung 8: Start der ersten Veranstaltungen im GWI-Neubau am 29.09.2020 (Quelle: GWI 2020)



Abbildung 7: Ansicht des Neubaus von der Hafenstraße (Quelle: GWI 2020)



Abbildung 9: Neues Gasino (Quelle: GWI 2020)



**Abbildung 10:** Energieversorgungszentrale des Neubaus mit zwei gasmotorischen Wärmepumpen (Quelle: GWI 2020)

## VERABSCHIEDUNG DER STRATEGIE 2030

Nach Diskussionen mit Kunden, Mitgliedsunternehmen und den Gremien des GWI wurde 2020 die neue Strategie GWI 2030 im Verwaltungsrat verabschiedet. Hiermit gibt sich das GWI einen strategischen Handlungsrahmen, um sich als Forschungsinstitut und Dienstleister nachhaltig positionieren zu können. Das GWI versteht sich nach wie vor als Brancheninstitut und entwickelt sich dabei immer mehr zu einem anwendungstechnischen Energie-Institut weiter (Gas, Wärme, Strom). Für die Zukunft wird sich das GWI im Rahmen seiner Strategie GWI 2030 als „Das Energie-Institut in Essen“ in der Branche entsprechend darstellen.

Thesen zur Erreichung der klimapolitischen Ziele und daraus abgeleitete Handlungsschwerpunkte:

- Weitere Effizienzsteigerungen und Primärenergieeinsparungen in allen Sektoren bleiben unerlässlich und müssen weiter forciert werden
- Die Integration erneuerbarer Energien ist alternativlos auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität des gesamten Energiesystems
- Grüne Gase werden immer bedeutender und sichern die Rolle von Gas im Kontext der Energiewende. Wasserstoff wird eine beherrschende Rolle einnehmen
- Forschung und Innovationen sind unverzichtbar für die Zukunftsfähigkeit der Energiebranche

### Mitgliedsunternehmen

Die Mitglieder des GWI bilden die Basis des Vereins. Durch eine enge und langfristige Zusammenarbeit mit dem GWI wird die Innovationskraft der Mitglieder gestärkt, die für einen nachhaltigen Erfolg im Wettbewerb relevant ist.

### Forschung und Entwicklung

Fokussierung auf die Themen Flexibilisierungsoptionen mit Wasserstoff (sowie Folgeprodukte, z. B. PtL, NH<sub>3</sub>), Sektorenkopplung, Quartierslösungen, Netze und Mobilität. Lösungsstrategien für die Städte der Zukunft: Smart Cities. Unterstützung bei Strategien zur Dekarbonisierung in der Industrie sowie zur H<sub>2</sub>-Readiness in der Anwendungstechnik von Haushalt bis Industrie. Weiterentwicklung der institutseigenen digitalen Infrastruktur auf dem Weg zu einer digitalisierten Energiewelt.

### Bildungswerk

Nutzung der modernen, verbesserten Möglichkeiten durch den Neubau. Weitere Intensivierung des Praxisschulungsangebotes und Ausbau des Bildungsverbundes mit dem DVGW. Technische Weiterbildung mit Praxisschwerpunkt vom Energietransport bis zur Anwendungstechnologie. Schulungen mit Praxisschwerpunkt zu innovativen Technologien. Wissenstransfer aus Forschungsprojekten.

### Marktraumumstellung

Die Qualitätssicherung wird zukünftig noch stärker in den Fokus rücken. Neben weiteren Projekten soll das Praxis-Schulungsangebot für Monteure sowie Erweiterungskurse im Bereich Sondergeräte (z. B. KWK), Gebläsebrenner, Messgerätetechnik intensiviert werden. Zusätzlich werden Schulungen für Monteure nach DVGW G 106 (M) sowie Qualitätsprüfer nach DVGW G 107 (M) mit dem Fokus auf der regelwerkskonformen Durchführung der Tätigkeiten angeboten.

### Prüfung

Sicherung des Bestandsgeschäfts, z. B. Gasgeräte- und Armaturenprüfungen sowie Gutachten und Erschließung neuer Bereiche, z. B. Prüfkapazitäten im

Bereich von Gasgeräteprüfungen bis zu einer Leistung von 300 kW. Das Thema H<sub>2</sub>-Readiness in der Anwendungstechnik wird bedeutend unter dem Aspekt des noch unbekanntes bzw. nicht abgesicherten Betriebsverhaltens der häuslichen und gewerblichen Gasgeräte und wird aus prüftechnischer Sicht intensiv begleitet.

Die Kernelemente der neuen Strategie GWI 2030 sind nachfolgenden **Abbildung 11** zusammengefasst.

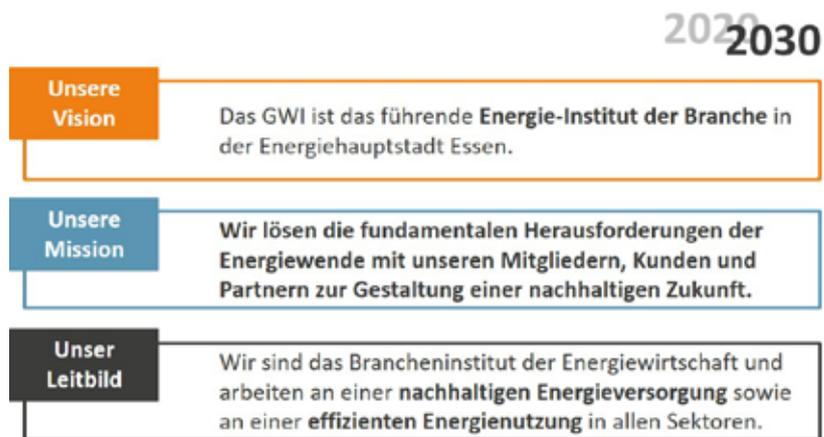


Abbildung 11: Kernelemente der neuen Strategie GWI 2030

## BILDUNGSWERK

Das Bildungswerk des Gas- und Wärme-Instituts kann auf ein sehr erfolgreiches Jahr 2019 zurückblicken. Trotz des starken Wettbewerbs im Weiterbildungsbereich, sowohl durch etablierte, als auch durch neue Veranstalter von Weiterbildungsmaßnahmen im Energiebereich, konnte die starke Position des GWI-Bildungswerks gut behauptet werden. Der Anmeldestand der Saison 2020 lag bereits über dem des Vergleichszeitraum des Vorjahres, als die Schließungen durch die Corona Pandemie eine vollständige Umstellung erforderten. Trotz starker Verluste gegenüber dem Rekordjahr 2019 konnte das Veranstaltungsgeschäft im Jahr 2020 trotzdem noch mit einem positiven Ergebnis abgeschlossen werden. Aus der Durchführung von wissenschaftlichen Fachtagungen am Institut mit internationaler Beteiligung lagen glücklicherweise schon gewisse Erfahrungen mit dem Streaming von Vorträgen und mit einer hybriden Veranstaltungsdurchführung vor. Eine online Teilnahme an Veranstaltungen wurde aber bis dahin nur als Ergänzung bzw. Notlösung empfunden. Dies musste sich unter den Bedingungen der Pandemie ändern, Veranstaltungen waren für längere Zeiträume nur auf Distanz durchführbar und damit zwangsläufig webbasiert. Die Reaktionen von Teilnehmern und Dozenten auf digitale Schulungsangebote sind sehr unterschiedlich, alle Skalierungen von Zustimmung und Ablehnung sind vorhanden. Die immer noch existierenden technischen Probleme bei der Durchführung sind dabei grundsätzlich weniger relevant, sie sind lösbar, dies ist nur eine Frage der Zeit. Viel wichtiger sind die prinzipiellen Fragen der Interaktions- und Kommunikationsveränderungen durch den Einsatz digitaler Formate. Fehlende Resonanz

seitens der Teilnehmer, das Fehlen von Augenkontakt, Mimik, Gestik, von gruppenspezifischen Effekten im Seminarraum, kann den Erfolg einer Veranstaltung stark schmälern. Vor allem, wenn Teilnehmer erreicht werden müssen, die in ihrer handwerklichen Alltagspraxis kaum Berührung mit Bildschirmarbeit haben, aber wichtige Funktionen und Verantwortlichkeiten für die gastechnische Sicherheit bei Netzen und Anlagen ausfüllen sollen. Digitale Formate bewähren sich wiederum sehr bei Veranstaltungen, die der reinen Wissens- und Informationsvermittlung dienen, vorzugsweise für eine akademisch vorgebildete Zielgruppe. Hier spielen auch die zeitlichen Vorteile eine wichtige Rolle, wenn Reisen entfallen und Informationen zeitlich gestreckt vermittelt werden können.

Glücklicherweise waren die Baumaßnahmen am GWI Schulungs- und Verwaltungszentrum nur in geringem Umfang von der Pandemie betroffen, sodass der Neubau im letzten Quartal 2020 bezogen werden konnte, wenn auch zunächst nur provisorisch. Die ursprüngliche Konzeption des neuen Schulungszentrums bestand in der Kombination der Vermittlung von theoretischen Inhalten im Hörsaal und von praktischen Übungen und Schulungen in direkt benachbarten Praxisräumen. Da die Praxisräume nach dem Bezug erst noch ausgestaltet werden mussten, ergab sich die schöne Gelegenheit, direkt auch die Technik für digitale Veranstaltungsformate zu integrieren. So verfügt das GWI jetzt auch über ein Studio, aus dem heraus Veranstaltungen mit aktueller Technik und hoher Datenrate übertragen werden können. Die hohen Räume mit großem Luftvolumen, in Verbindung mit einer leistungsfähigen Lüftungs- und

Klimaanlage, werden auch weiterhin sehr hilfreich sein, wenn das Platzangebot bei den Präsenzveranstaltungen durch die Abstandsregelungen nicht mehr so stark limitiert ist.

Wenn die Beschränkungen durch die Pandemie aufgehoben werden können, sieht sich das GWI-Bil-

dungswerk gut gerüstet, auf Basis der vorliegenden Erfahrungen, die jeweiligen Vor- und Nachteile verschiedener Formate abzuwägen und mit den Partnern im Bildungsverbund, mit DVGW und rbv, ein zielgruppengenaues Veranstaltungsangebot vorzustellen, das sämtlichen Aspekten einer zeitgemäßen Weiterbildung gerecht wird.

## PRÜFLABORATORIUM PRÜFLABORATORIUM

Das Prüflaboratorium des GWI konnte im Jahr 2019 seine gesteckten Ziele nicht umfänglich erreichen, insbesondere lag das Auftragsvolumen im klassischen Prüfgeschäft unter Vorjahresniveau. Der wesentliche Grund hierfür lag an der abgeschlossenen Umstellung von der Gasgeräte-richtlinie auf die neue, seit dem 21. April 2018 geltende Gasgeräteverordnung. Viele Unternehmen zeigten sich zudem in ihren Entwicklungstätigkeiten sehr zurückhaltend. Das Angebot zur Prüfung von KWK-Anlagen besteht weiterhin, hier war aber, wie in den Jahren zuvor, eine weiterhin große Zurückhaltung seitens der Hersteller bemerkbar. Das Gebiet der Akustikprüfungen wurde weiter nachgefragt, hier konnte das GWI-Prüflaboratorium auf Basis seines Know-how und der entsprechenden messtechnischen Ausrüstung verschiedene Aufträge bearbeiten. Ein weiteres Angebot – wie auch schon in der Vergangenheit – liegt in der Kapazitätsunterstützung von Herstellern in Form von entwicklungsbegleitenden Prüfungen.

Die Pflege der DVGW-Anpassungsdatenbank wird nach wie vor vom Prüflaboratorium in enger Abstimmung mit den Herstellern und der Branche vorgenommen. Hier wird das Know-how des Prüflaboratoriums sowie der F&E-Abteilungen permanent und gezielt eingesetzt, um die Anpassungsdatenbank auf einem qualitativ hochwertigen Stand zu halten. Durch diese „Pflegearbeiten“ wird gewährleistet, dass der Datenbestand immer besser und präziser wird. Dies stellt eine Grundvoraussetzung für eine hohe Akzeptanz dieser Branchenlösung dar. In der Marktraumumstellung ist das Prüflaboratorium weiterhin zu allen Fragestellungen rund um die Gasgerätetechnik für Netzbetreiber und auch für das GWI-Projektmanagement beratend tätig.

Zwischen März und April 2019 fand ein Rezertifizierungsaudit nach der neuen, revidierten Ausgabe der DIN EN ISO 17025 (03/2018) durch die DAkkS statt,

eine neue Akkreditierung wurde erteilt. Die durch die DAkkS-Akkreditierung des Prüflaboratoriums vorgegebenen Qualitätsstandards werden konsequent angewendet und kontinuierlich verbessert.

Weiterhin umfasst das Prüfangebot des GWI-Prüflaboratoriums Armaturen und sonstigen Ausrüstungen, Produkte der Gas- und Wasserinstallation, der Feuerungstechnik mit den Energieträgern Gas, Heizöl und Strom einschließlich der heute üblichen Sicherheitselektronik in den Wärmeezeugern sowie diverse Bauprodukte im Bereich der Abgastechnik.

Im Rahmen der betrieblichen Forschung Gas des DVGW wurden und werden noch drei DVGW-Forschungsvorhaben bearbeitet:

- Untersuchungen zur Gasgeräteanpassung im Zuge der Marktraumumstellung unter besonderer Berücksichtigung des Sonderfalls „Voranpassung von Brennwertgeräten“ (G 201838): Ziel dieses Vorhabens ist die Überprüfung der Eignung von ausgewählten Heizgeräten in Bezug auf eine langfristige Voranpassung im Rahmen der L/H-Gas-Marktraumumstellung. In einem zweiten Schritt sollen dann im Rahmen eines Pilotprojektes bis zu 1.000 Geräte langfristig vor dem geplanten Schaltzeitpunkt angepasst werden. Falls sich die Untersuchungsergebnisse als positiv herausstellen, bedeutet dieses zukünftig eine signifikante Entspannung der Personalsituation (Anpassungsmonteure) um Schaltzeitpunkte herum.
- Auswertung und Analyse der Datengrundlage von Ereignissen an Kundenanlagen in der Gasinstallation (G 201907): Ziel des Vorhabens ist einerseits die Validierung der im DVGW-Regelwerk festgelegten Schutzziele und Sicherheitsanforderungen zur Unfallvermeidung sowie der vorhandenen Informations- und Schulungsmaterialien und andererseits die Ermittlung von evtl. Optimierungsbedarf und die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

- H<sub>2</sub>-20 (Pilot-Projekt zur Einspeisung von 20 Vol.-% Wasserstoff im Netzgebiet der Avacon) mit Ersterfassung aller Anlagen, Gasinstallationen, Armaturen, Leitungen u.a. mit Dichtheitsmessungen und

Prüfgasbeaufschlagung mit G 222 im überwachten Betrieb, Analyse der Erhebungsdaten und ergänzender Labortests komplementär zur „Roadmap Gas 2050“.

## MARKTRAUMUMSTELLUNG

Die L-H-Gas Umstellung bleibt weiterhin eine große Herausforderung für alle Beteiligten. Im Jahre 2019 wurden deutschlandweit 10 Bereiche mit ca. 319.000 Gasgeräten umgestellt.

Das GWI begleitete 2019 mehrere MRU-Projekte im technischen Projekt- und Qualitätsmanagement. Im Rahmen des technischen Projektmanagements übernahm das GWI die Koordination zwischen den Beteiligten, d. h. Auftraggeberin, Erhebungs-, An-

passungs- und Softwareunternehmen sowie die Qualitätskontrollen gemäß Arbeitsblatt DVGW G 695 Qualitätssicherung von Erhebungs-, Anpassungs- und Umstellungsmaßnahmen bei Gasgeräten (März 2019). Dabei wurden in 6 Projekten insgesamt 111.300 Gasgeräte erhoben (**Tabelle 1**) sowie in drei Projekten 21.400 Gasgeräte angepasst (**Tabelle 2**). Zusätzlich wurde ein noch nicht abgeschlossenes Projekt lange nach der H-Gas Schaltung übernommen.

**TABELLE 1: MRU-PROJEKTE 2019 DES GWI MIT ABGESCHLOSSENEN ERHEBUNGSPHASEN**

MRU Projekte	Gasgeräte	Erhebungsphase 2019 abgeschlossen	H-Gas Schaltung
Enwag mbH	20.300	Januar	2020
Stadtwerke Herborn GmbH	6.500	Januar	2020
Stadtwerke Haiger	2.500	September	2020 - 2021
Gemeidewerke Peiner Land GmbH & Co. KG	500	Dezember	2020
Stadtwerke Troisdorf GmbH	19.500	April	2021
ENM GmbH & Co. KG	62.000	Dezember	2021

**TABELLE 2: MRU PROJEKTE DES GWI MIT ABGESCHLOSSENEN ANPASSUNGSPHASEN**

MRU Projekte	Gasgeräte	Schaltbezirk	H-Gas Schaltung 2019
Stadtwerke Lehrte GmbH	5.300	1	19. März
	9.200	2	3. September
Enwag mbH	1.300	1	3. September
Gemeidewerke Peiner Land GmbH & Co. KG	1.800	1	19. März
	3.800	2	7. Mai

Die H-Gas Schaltungen in den drei Versorgungsgebieten verliefen ohne besondere Vorkommnisse, die Anpassung der Gasgeräte wurde innerhalb der Plansetzung von 6 bis 8 Wochen nach den H-Gas-Schaltungen abgeschlossen. Das strukturierte Vorgehen durch die konsequente Einhaltung von Projektplänen, der sorgfältigen Ist-Zustandserhebung der Gasgeräte, der Dokumentation, der Analyse und Auswertung aller wichtigen Parameter, die Qualitäts-

kontrollen in den Erhebungs- und Anpassungsphasen sowie der Einsatz optimierter Software haben für einen reibungslosen Verlauf und zu einem termingerechten Abschluss der Projekte geführt.

Eine sorgfältige und umfassende Ist-Zustandserhebung mit einer lückenlosen Dokumentation aller Erhebungsparameter in der MRU-Software sichern einen hohen Qualitätsstandard und sorgen für einen

erfolgreichen Verlauf bei der sich anschließenden Anpassung der Gasgeräte.

Wichtige Arbeitspunkte für die Ist- Zustandserhebung sind:

1. Aufnahme des Gaszählers und der Sondercodierungen
2. Identifikation des Gasgerätes anhand des Typenschildes, CE/DE Kennzeichnung
3. Datenerfassung in der Software mit Zuordnung zur DVGW-Anpassungsdatenbank
4. Überprüfung des Gasanschlussdruckes (Fließdruck)
5. Durchführung und Protokollierung einer Abgasanalyse in Teil- und Vollast, Übertragung der Daten in die MRU-Software, Anbringung des Protokolls am Gerät
6. Einstellung / Einregulierung des Gasgerätes z. B. bei Überlastung sowie Kontrolle des Düsendrucks, um eine mögliche CO-Bildung zu minimieren
7. Überprüfung des Gasgerätes auf Mängel, einschließlich des Gas- und Abgasanschlusses
8. Nach Abschluss der Arbeiten Kennzeichnung des Gasgerätes mit einem gut sichtbaren Schild
9. Erstellen eines Fotos des Gasgerätes inkl. des Abgasprotokolls sowie des Schildes, des Weiteren Erstellen eines Fotos des Typenschildes
10. Einholen der Unterschrift des Kunden

Alle erfassten Daten sind akribisch einer Kontrolle zu unterziehen, diese werden im Nachgang von den Projektleitern der Anpassungsunternehmen im ersten Schritt und vom technischen Projektmanagement im zweiten Schritt einer Vollprüfung unterzogen. Die Vollprüfung der Daten ist zweckmäßig, um Schäden bzw. Versäumnisse aus Folgefehlern und daraus entstehende Kosten zu vermeiden. Sind Daten als falsch oder lückenhaft erkannt worden, so wird nach Rücksprache mit dem Erhebungsmonteur im Einzelfall entschieden, ob die Ist-Zustandserhebung wiederholt werden muss, oder ob Daten, ohne erneuten Besuch beim Kunden, ergänzt werden können. Oftmals handelt es sich hierbei um Zuordnungsfehler zur DVGW-Anpassungsdatenbank, diese sind nach weiterer Überprüfung auf Plausibilität relativ einfach und schnell behoben. In wenigen Fällen handelt es sich um kritisch-fehlerhafte Daten, hierbei könnte die spätere Anpassung der Gasgeräte gefährdet sein, in diesen Fällen ist die Ist-Zustandserhebung zwingend zu wiederholen.

Nicht alle Fehlerquellen können durch dieses umsich-

tige Kontrollverfahren entdeckt werden. Messfehler in der Teil- und Vollastmessung sowie bei der Gasanschlussdrucküberprüfung, Mängel am Gasgerät oder Sichtprüfungen sind nur durch Qualitätskontrollen vor Ort beim Kunden identifizierbar. Die stichpunktartige Kontrolle von mindestens 10 % aller ausgeführten Arbeiten nach Arbeitsblatt DVGW G 695 Qualitätssicherung von Erhebungs-, Anpassungs- und Umstellungsmaßnahmen bei Gasgeräten (März 2019) ist ein wesentlicher Bestandteil der Qualitätssicherung, allerdings hat sich in vergangenen Projekten immer wieder herausgestellt, dass eine reine Abarbeitung von Normvorgaben nicht immer ausreicht.

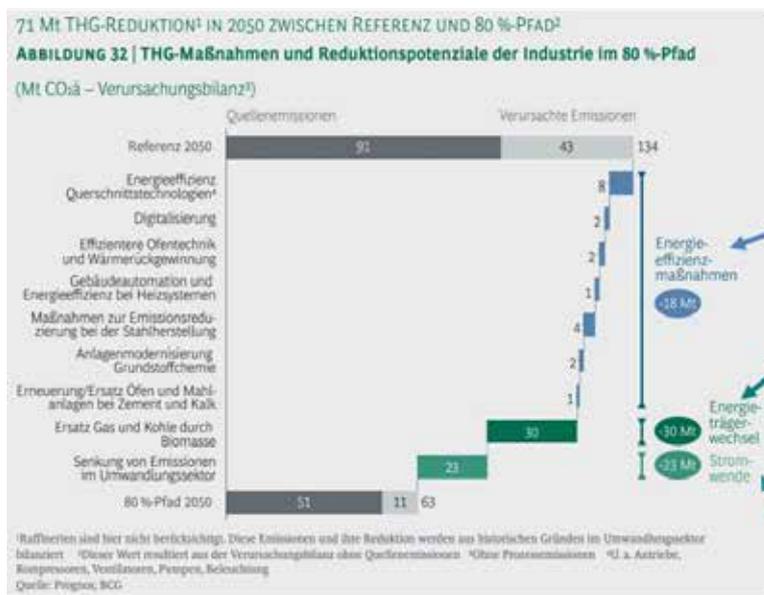
Bei wiederkehrenden Reklamationen, Störfällen an Gasgeräten oder bei häufig festgestellten Fehlerquellen im Ablauf der Arbeiten, müssen dann in Einzelfällen die Qualitätskontrollen gezielter durchgeführt werden. Ein weiterer Schritt, die Fehlerquote zu verringern und damit die Qualität zu verbessern, ist die Einführung eines 4-Augen-Prinzips. Hier bekommen die Monteure bei nicht eindeutigen Ergebnissen z. B. bei im Abgas gemessenen CO-Werten > 1.000 ppm oder bei festgestellten CH<sub>4</sub>-Undichtigkeiten die Möglichkeit, den zuständigen Qualitätsprüfer des GWI hinzuziehen. Zusätzlich unterstützen detaillierte Arbeitsunterweisungen sowie gezielte Monteurschulungen Fehlerquellen deutlich zu minimieren.

Ein weiterer Meilenstein in den MRU-Projekten des GWI stellt die durch das GWI-Projektmanagement begleitende Optimierung der eingesetzten MRU-Software dar. Den gesamten MRU-Prozess beeinflussen eine Vielzahl von Einflussgrößen, diese zu bündeln, um alle Kriterien und Vorgaben zu erfüllen, ist eine große Herausforderung. Einerseits müssen die Daten erfasst und dokumentiert, aber andererseits auch sinnvoll verknüpft, analysiert und ausgewertet werden. Dabei müssen ständig Schwachstellen identifiziert werden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen dem GWI und dem Softwarehersteller führte auch im letzten Jahr zu deutlichen Prozessverbesserungen. Die MRU-Software gestaltet sich immer mehr zu einer passgenauen digitalen Lösung, dass Bearbeitungszeiten deutlich reduziert werden können.

# FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

## INDUSTRIE- UND FEUERUNGSTECHNIK

Die Jahre 2019 und 2020 standen ganz im Zeichen der aktuellen Themen Dekarbonisierung, erneuerbare Energien, Energiewende, Wasserstoff, additive Fertigung, Digitalisierung, wobei die Nutzung von Wasserstoff in den verschiedenen Industriebranchen immer relevanter wird. Diese Themen, angewandt auf die industrielle Thermoprozesstechnik, werden von der Abteilung Industrie- und Feuerungstechnik am Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. in aktuellen Forschungsprojekten bearbeitet.



- CO<sub>2</sub> aus dem Abgas abtrennen und speichern (CCS) oder verwerten (CCU).
- Prozesseffizienz steigern (=> geringerer Brennstoffverbrauch)
- Prozesse vollständig oder teilweise auf "regenerative Gase" (=> Biogas, Power-to-X-Brennstoffe) umstellen.
- Prozesse elektrifizieren (mit Strom aus erneuerbaren Quellen)

Abbildung 12: THG-Maßnahmen und Reduktionspotenziale der Industrie im 80 % Pfad der BDI-Klimastudie [1]

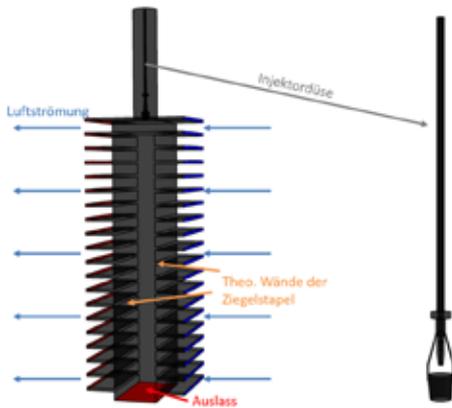
In **Abbildung 12** sind die CO<sub>2</sub>-Einsparziele der Industrie für den 80 % Pfad bis 2050 basierend auf der BDI-Studie „Klimaziele für Deutschland“ [1] und die sich daraus ergebenden Potentiale und Möglichkeiten dargestellt. Diese Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bzw. auch der 95 % Pfad lassen sich, wie links angeführt, auf verschiedenen Wegen und auch nur durch die Kombination verschiedener Technologien und Lösungsansätze erreichen. Die Aspekte Effizienzsteigerung durch die Entwicklung flexibler und effizienter Brennertechniken, die Entwicklung effizienter Verbrennungskonzepte und den Einsatz erneuerbarer Energieträger wie z. B. Wasserstoff und Biogas werden in aktuellen Forschungsprojekten bearbeitet, die nachfolgend kurz dargestellt werden.

### Brennerentwicklung zur Effizienzsteigerung und Nutzung erneuerbarer Gase

Im Rahmen des 2020 abgeschlossenen BMWi-Projekts „Energieeffizienzsteigerung in der Ziegelindustrie durch Entwicklung und Einsatz eines neuen

Verbrennungskonzeptes durch Nutzung von interner heißer Kühlluft“ haben die beteiligten Projektpartner Institut für Ziegelforschung Essen e. V. (IZF), Hans Lingl Anlagenbau und Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG (Lingl), Ziegelwerk Bellenberg Wiest GmbH & Co. KG (ZWB) zusammen mit dem GWI einen neuen Reingasbrenner entwickelt (**Abbildung 13a**) und in die Tunnelofenanlage in Bellenberg implementiert (**Abbildung 13b**). Temperaturmessungen (**Abbildung 14**) in den Ziegeln während der Brenndauer zeigen eine deutliche homogenere Temperaturverteilung. Nach dem Umbau am Tunnelofen konnte eine Energieeinsparung ca. 15 % nachgewiesen werden.

Das Ziel des im Jahr 2019 gestarteten BMWi-Projektes „AdReku“ ist die Erhöhung der Energieeffizienz sowie die Reduzierung von Schadstoffemissionen industrieller Feuerungsprozesse durch die Entwicklung eines additiv gefertigten, rekuperativen Brennersystems zusammen mit der Firma Kueppers Solutions GmbH. Das Projekt besteht im Kern aus zwei Aspek-

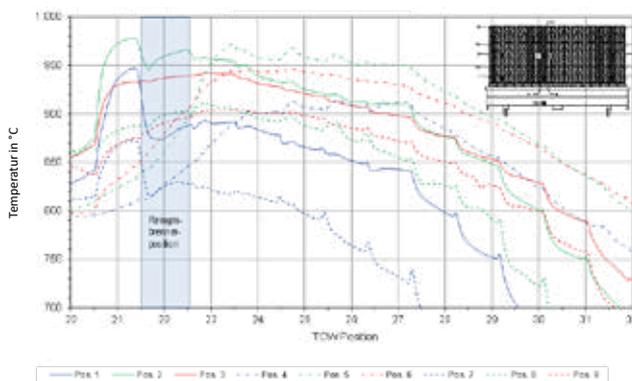


a) Entwickelte Reingaslanze im numerischen Modell (Quelle: GWI)

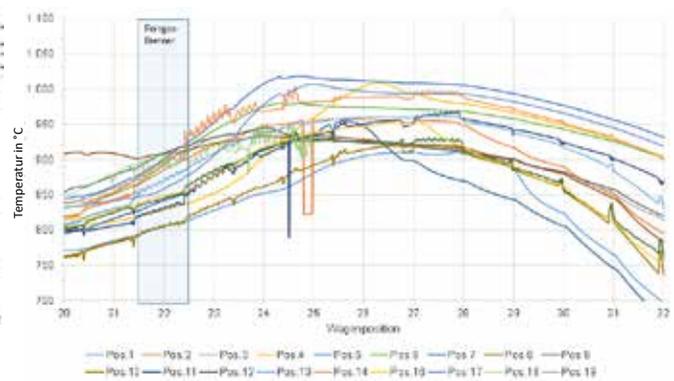


b) Umgebaute Brennerreihe in der Tunnelofenanlage in Bellenberg (Quelle: Bellenberg)

Abbildung 13: Entwickelte Reingaslanze und umgebauter Tunnelofen im Projekt Zie-Ver



a) vor dem Umbau



b) nach dem Umbau

Abbildung 14: Brennkurven in der Tunnelofenanlage Bellenberg vor und nach dem Umbau (Quelle: IZF)

ten: die Entwicklung eines effizienten Rekuperators zur Verwendung im Rekuperatorbrenner sowie die Entwicklung eines schadstoffarmen Brenners für verschiedene Brennstoffe wie Erdgas und Wasserstoff. In der bisherigen Projektlaufzeit wurde daher zunächst

intensiv an der Entwicklung eines Rekuperators gearbeitet. Neben konventionellen Geometrieanätzen wie Platten- und Rohrbündelrekuperatoren – welche jedoch durch die Zuhilfenahme des 3D-Drucks auf eine hohe Wärmeübertragung bei kompaktem Bau-

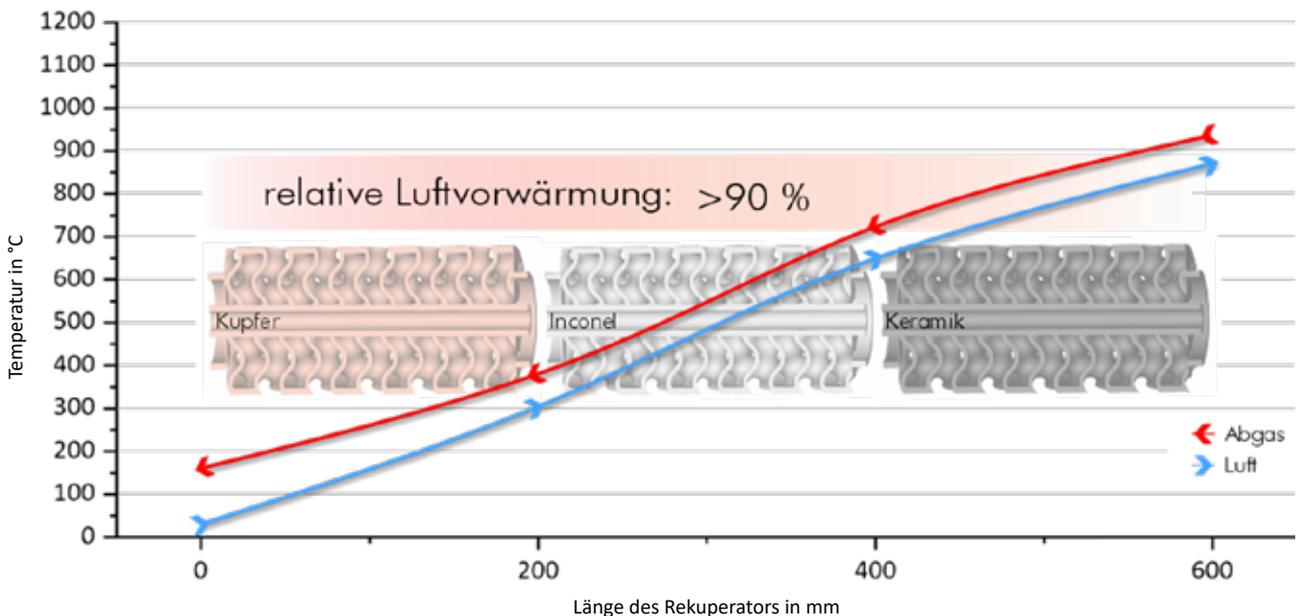
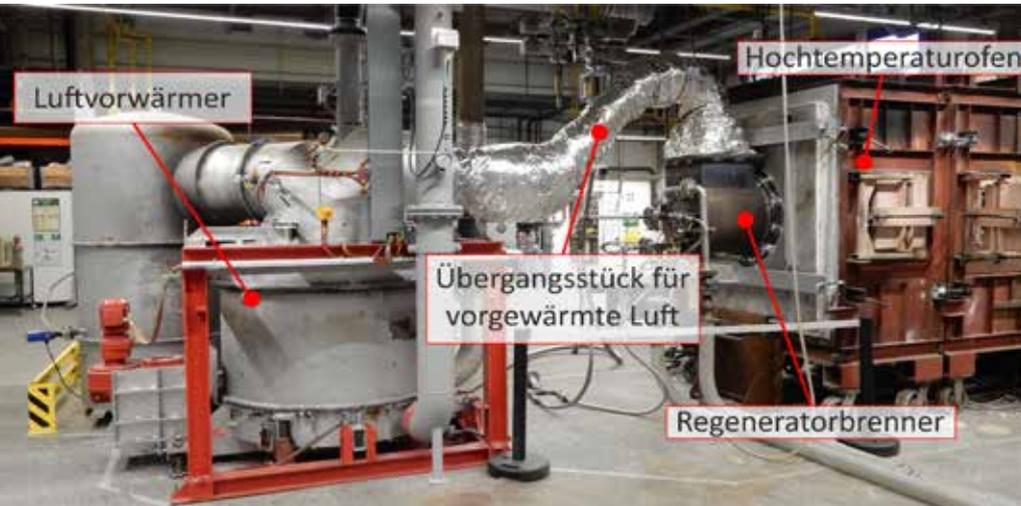


Abbildung 15: Geometrieanätze eines additiv gefertigten Rekuperators (Quelle: GWI/Kueppers Solutions)

raum optimiert wurden – wurden bei der Entwicklung auch neue Wege eingeschlagen. Durch die Verwendung von komplexen geometrischen Strukturen, sog. „triplly periodic minimal surfaces“ oder TPMS sowie der Nutzung verschiedener, für unterschiedliche Temperaturbereiche optimierter Werkstoffkombina-

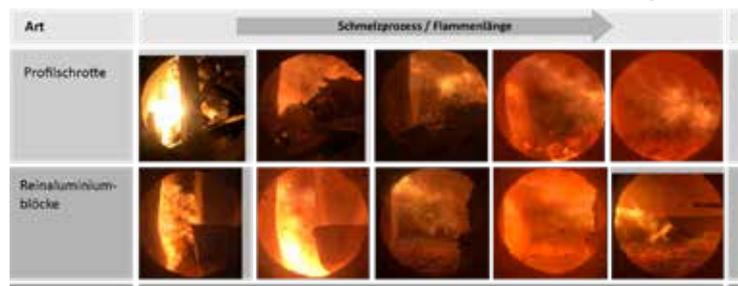
tionen, konnten bisher vielversprechende Ergebnisse erzielt werden. So wurden für Abgastemperaturen von ca. 900 bis 950 °C bereits relative Luftvorwärmungsgrade von über 90 % erzielt und somit einem Wert deutlich oberhalb des industriellen Standards erreicht. (vgl. **Abbildung 15**).



**Abbildung 16:** Versuchsstand für erste experimentelle Untersuchungen (Quelle: GWI)

Das Ziel des BMWi-Forschungsvorhabens „Alu-RegBre“ besteht in der Steigerung der Energieeffizienz bei der Sekundäraluminiumherstellung durch die Entwicklung eines flexiblen, umschaltbaren, regenerativen Low-NO<sub>x</sub>-Brenners. Hierbei soll zusammen mit den Forschungspartner Andritz FBB und TRIMET SE ein Brennerkonzept entwickelt werden, das flexibel für den jeweiligen Aggregatzustand (fest / flüssig) des Sekundäraluminiums eine optimierte Flammenform herstellt. Der Vorteil der unterschiedlichen Flammenformen liegt in der Erhöhung der Tonnage, Vermeidung von Abbrandverlusten und der damit resultierenden Energieeffizienz im Vergleich zur aktuellen Situation in der industriellen Praxis. Der innovative Kern liegt hierbei in einer Kombination aus einem Verbrennungssystem mit einer sehr flachen Flamme (Flat-Modus) und einem Brennersystem, das aus der gewohnten „langen“, das Schmelzbad abdeckenden, Flamme (Jet-Modus) besteht. Im Rahmen des Vorhabens wurden detaillierte experimentelle Untersuchungen des entwickelten Brennersystems in unterschiedlichen Betriebsmodi durchgeführt. Die **Abbildung 16** zeigt links im Bild die Integration des Prototypenbrenners in die Versuchsinfrastruktur der Abteilung Industrie- und Feuerungstechnik.

gungsverhaltens wurde sich zuerst auf die Betrachtung der Brennereinheit fokussiert. Mit Hilfe eines Drehbettregenerators konnte zudem das, in der industriellen Praxis übliche Temperatur-Zeit-Profil der Verbrennungsluft durchlaufen werden. Neben den Versuchen im „leeren“ Hochtemperaturversuchsofens wurden zusätzlich Versuche mit versperrtem Ofenraum durchgeführt, um die Funktionsweise des Brennersystems hinsichtlich der späteren Anwendung zu überprüfen. Die **Abbildung 16** zeigt in der rechten Bildhälfte den Demonstratorbrenner im Flat-Modus und eine eigens für die Versuche hergestellte Stahlkiste, die mit verschiedensten Profilstücken aus Stahl gefüllt wurde. Im nächsten Schritt wurde ein Regeneratorbrennerpaar an einem Versuchsschmelzofen im Werk der TRIMET SE hinreichend unter realen Bedingungen untersucht. Hierfür wurde eine Vielzahl an Schmelzversuchen mit unterschiedlichen Rohmaterialien aus Aluminium durchgeführt.



**Abbildung 17:** Flat-Modus mit Ofenbeladung seitlich fotografiert (re.) (Quelle: GWI)

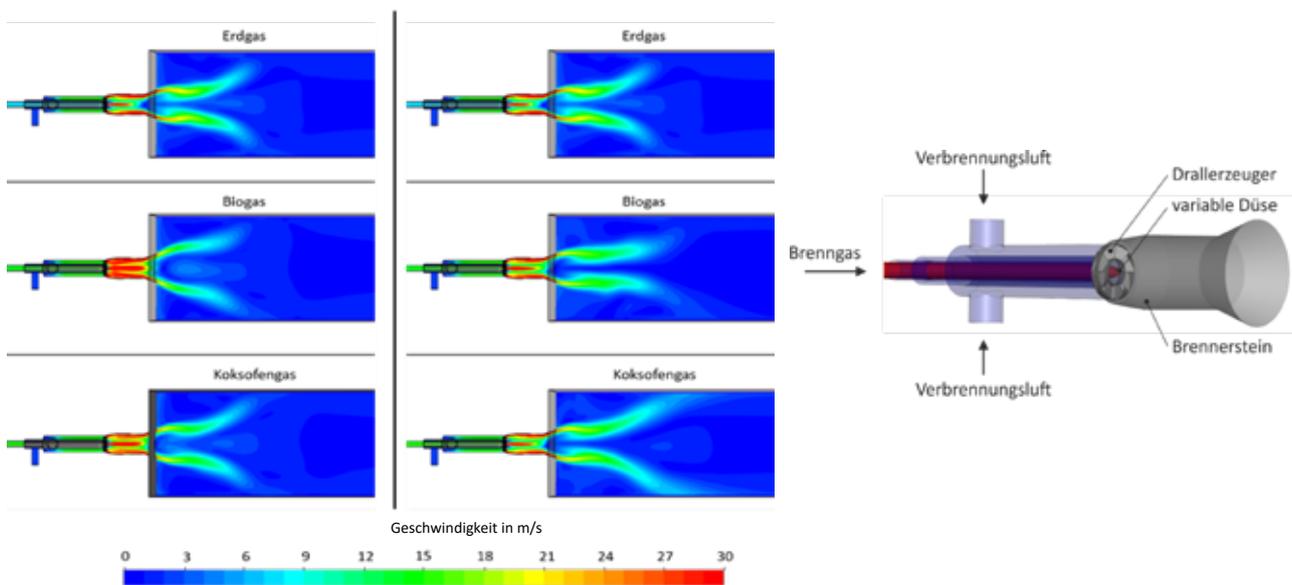
Zur praxisnahen Untersuchung des Verbrennungs-, Schadstoff- und Wärmeübertra-

Die **Abbildung 17** zeigt die Flammenausbildung im Verlauf des Schmelzprozesses.

Nach den erfolgreichen experimentellen Untersuchungen an den genannten Öfen wird im nächsten Schritt ein 26 t Schmelzofen der TRIMET SE mit dem neu entwickelten Brennersystem ausgestattet und im Rahmen des Vorhabens experimentell untersucht.

Das Ziel des im Jahr 2019 beendeten Projektes „FLENO“ war es, zusammen mit der Firma Friedrich Ley, ein innovatives Brennersystem zu entwickeln, das auf wechselnde Leistungsanforderung und auf die Verfügbarkeit verschiedener Brenngase aktiv reagiert und in jedem Zustand ideale Strömungsbedingungen für die nachfolgende Verbrennung gewährleistet. Im Fokus stand hierbei die Entwicklung einer im laufenden Brennerbetrieb anpassbaren variablen Düsengeometrie, die für jeden Volumenstrom eine optimale Austrittsfläche generiert. Durch diese Anpassung wird eine konstante Austrittsgeschwindigkeit der Medien am Düsenaustritt (unabhängig von der

Brennerleistung und Gasart) erzielt. Die resultierenden gleichbleibenden Impulsverhältnisse gewährleisten somit eine strömungstechnisch-optimierte Verbrennung im Brennraum. Dadurch ist es zudem möglich, alternative Gase, wie z. B. schwachkalorische Gase und hochkalorische Gase in einem Brennersystem nutzbar zu machen, ohne dass zusätzliche Brenneinbauten notwendig werden. Basierend auf der entwickelten variablen Düsengeometrie wurde im Anschluss ein einfaches Brennersystem entwickelt. Die **Abbildung 18** zeigt eine der untersuchten Brennergeometrien und die Ergebnisse der numerischen Untersuchungen des Brennersystems mit fester und variabler Düsengeometrie am Beispiel der Geschwindigkeitsverteilung. Im weiteren Verlauf wurde das Brennersystem im Hinblick auf eine stabile und emissionsarme Verbrennung, einer sicheren Betriebsweise und thermischen Beständigkeit des Materials experimentell untersucht. Die Leistung konnte im Bereich 1:20 für Erdgas stufenlos geregelt werden, weiterhin wurden Gase mit unterschiedlichen Heizwerten untersucht.



**Abbildung 18:** CFD-Simulationen (Links) und modellierte Brennergeometrie (rechts) (Quelle: GWI)

### Dekarbonisierung von industriellen Prozessen

Erdgas stellt für viele Anwendungen der Thermo- prozesstechnik die primäre Energiequelle zur Bereitstellung von Prozesswärme dar. Viele dieser Prozesse, gerade in den Grundstoffindustrien der Metall-, Glas- oder Keramikindustrie, sind sehr energieintensiv und mit einem hohen Ausstoß an Treibhausgasen verbunden. Gleichzeitig sind diese Branchen aber auch ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor, und die hergestellten Produkte sind die Grundlage einer moder-

nen Gesellschaft.

Die Oxy-Fuel-Verbrennung, also die Verbrennung von gasförmigen Brennstoffen mit (fast) reinem Sauerstoff, ist eine weitverbreitete Technologie zur effizienten und schadstoffarmen Bereitstellung von Hochtemperaturprozesswärme. Im BMWi-geförderten Projekt „Oxy-TCR“, welches in 2019 begonnen hat, untersucht das GWI in Zusammenarbeit mit

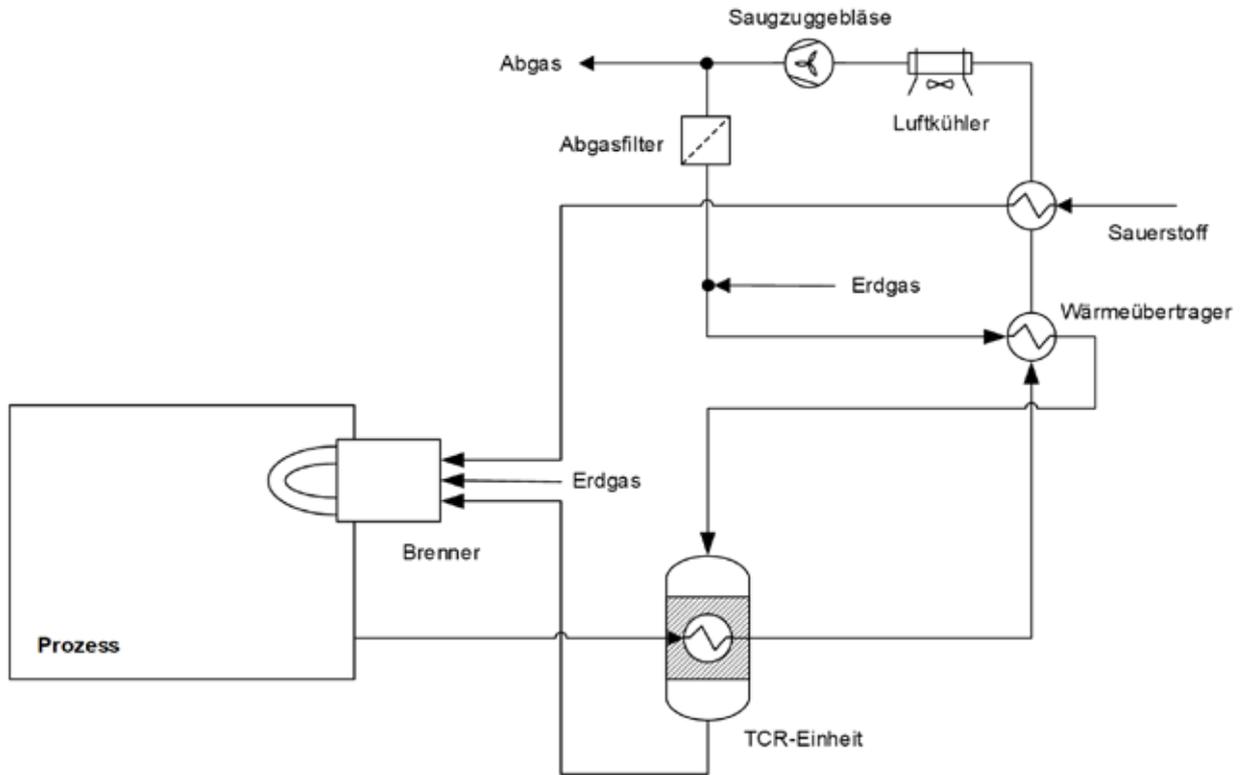


Abbildung 19: Prozessschema des geplanten Oxy-TCR-Prozesses (Quelle: DBI)

der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, der Nippon Gases Deutschland GmbH und der Multi Industrieanlagen GmbH, wie ein innovatives Verfahren zur Abwärmerückgewinnung in oxy-fuel-befeuerten Glasschmelzaggregaten, die so genannte thermochemische Regeneration (TCR), auf Prozesse in der Aluminiumindustrie übertragen werden kann. Ziel ist es, diese Feuerungsprozesse noch effizienter zu gestalten, indem die Abwärme des Prozesses sowohl thermisch als auch chemisch zurückgewonnen wird, um auf diese Weise den Erdgas- und Sauerstoffver-

brauch zu reduzieren.

Wesentliche Aufgaben zu Projektbeginn sind die grundsätzliche Konzeption des Oxy-TCR-Prozesses, siehe **Abbildung 19**, unter den Randbedingungen einer Sekundär-Aluminium-Schmelze. Basierend hierauf werden die zentralen Komponenten des Systems, eine katalytisch unterstützte TCR-Reformereinheit, ein sowohl mit Erdgas als auch mit Syngas betreibbarer Oxy-Fuel-Brenner (siehe **Abbildung 20**) und die Abgasaufbereitung ausgelegt und optimiert.

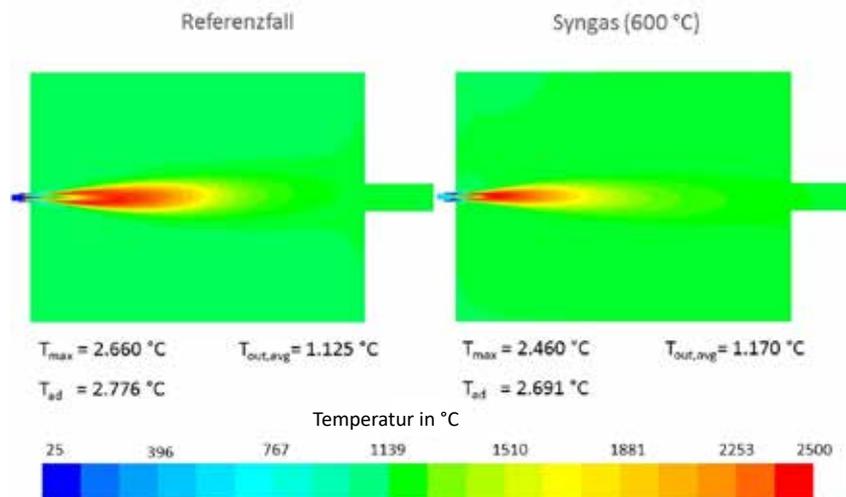
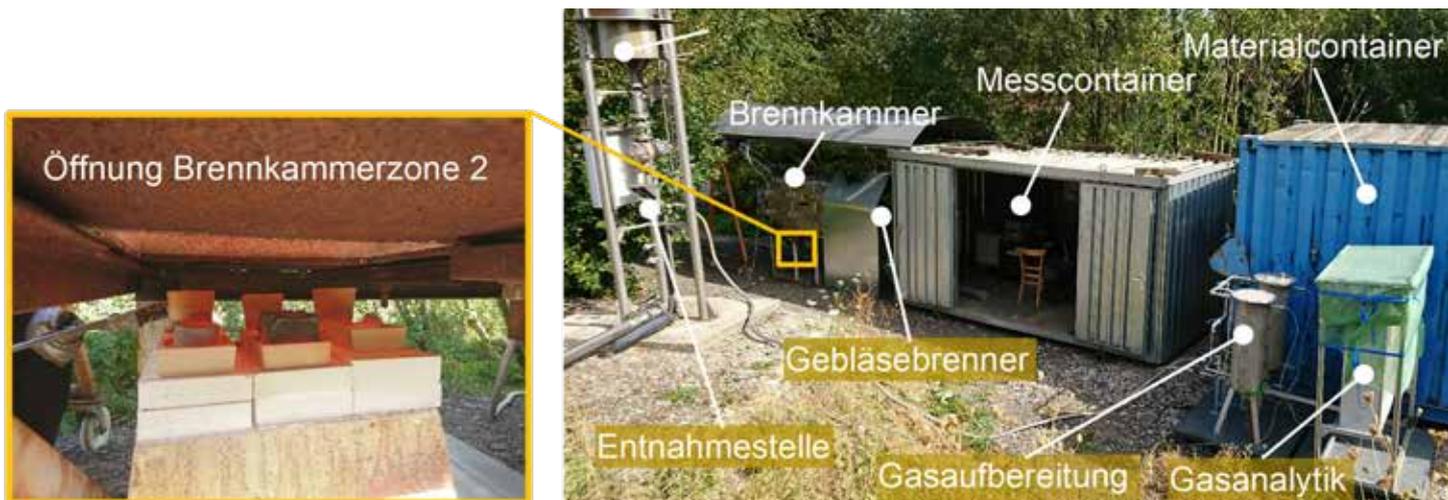


Abbildung 20: CFD-gestützte Auslegung und Untersuchung der Brenneinheit im Erdgasbetrieb (links) und Betrieb mit Syngas (rechts) (Quelle: GWI)

Im Rahmen des Projektes „MetaCOO“ wurden in Zusammenarbeit mit dem DBI in Freiberg die Einsatzmöglichkeiten von Rohbiogas in der metallurgischen Industrie zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen untersucht. Dazu wurde ein Feldversuch an einer Biogasanlage der Stadtwerke Bielefeld in Bielefeld-Dornberg realisiert, siehe **Abbildung 21**, um die Auswirkungen der Verbrennungsatmosphäre auf metallurgische Thermoprozesse bzw. Erzeugnisse unter Realgaseinsatz zu untersuchen sowie die dazu notwendigen Gasaufbereitungsschritte zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurde seitens DBI eine 2-stufige Gasaufbereitungsstrecke mit integrierter Analytik aufgebaut, die den Einsatz unterschiedlicher Reinigungsmaterialien sowie die kontinuierliche Bestimmung der Zusammensetzung des unbehandelten und gereinigten Rohbiogases ermöglichte. Die mobile Brennkammer des GWI wurde der Gasaufbereitungsstrecke nachgeschaltet und eine Feuerung sowohl mit unbehandeltem Rohbiogas als auch mit gereinigtem

Rohbiogas ermöglicht. In Langzeitversuchen konnten somit die Auswirkungen der veränderten Verbrennungsatmosphäre bzw. der Spurenbestandteile (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Siloxane, etc.) des Rohbiogases auf metallische Erzeugnisse im Thermoprozess untersucht werden. Der Fokus der Untersuchungen lag auf der Wärmebehandlung von Stählen und Buntmetallen bei unterschiedlichen Temperaturniveaus sowie dem Schmelzen von Aluminium. Im Rahmen von metallurgischen Untersuchungen (lichtmikroskopisch, REM, EDX) wurden die Werkstoffproben auf Änderungen im Gefüge und Einschlüsse von Fremdstoffen untersucht. In den Randbereichen von unlegierten Stahl- und Buntmetallproben konnten dabei u. a. Schwefel und Siliziumgehalte bei Einsatz von unbehandeltem Rohbiogas nachgewiesen werden. Für die betrachteten Edelstahlproben sowie Aluminiumschmelzen konnten hingegen keinerlei Einflüsse auf die Werkstoffbeschaffenheit nachgewiesen werden.



**Abbildung 21:** Mobile Brennkammer im Betrieb an der Biogasanlage der Stadtwerke Bielefeld am Standort Dornberg; rechts - Foto des Gesamtaufbaus; links - Entnahme wärmebehandelter Materialproben. (Quelle: GWI)



**Abbildung 22:** Innenansicht der großen Gasmischanlage, bis zu 1 MW Brennerleistung sind reine Wasserstoffversuche möglich (Quelle: GWI)

### Wasserstoff

Neben den oben genannten Forschungsthemen spielt Wasserstoff aktuell die größte Rolle in den Aufgabenbereichen der Industrie- und Feuerungstechnik. Da die Modernisierung der IFT-Halle so gut wie abgeschlossen ist, können am GWI mit der neu gebauten Gasmischanlage (**Abbildung 22**) verschiedene Gasgemische mit einem Wasserstoffanteil von 330 m<sup>3</sup>/h bis hin zu 1 MW reiner Wasserstoff untersucht werden.

Die aktuellen F&E-Projekte zum Thema Wasserstoff betreffen einerseits Untersuchungen der Wasserstoffzumischung auf metallische Mate-

rialien im Rahmen des Projektes „Untersuchung der Auswirkung von Wasserstoff-Zumischungen ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Anlagen – Auswirkungen auf die Produktqualität und die gasführende Installation“, welches zusammen mit der TH Köln, Institut für Werkstoffwissenschaften bearbeitet wird. Dazu werden an der mobilen Brennkammer des GWI Schmelzuntersuchungen von verschiedenen metallischen Werkstoffen (Eisen, Stahl, Aluminium, Messing, Kupfer, usw.), siehe **Abbildung 23**, mit unterschiedlichen Wasserstoffzumischraten durchgeführt.

Andererseits werden im seit Juli 2020 laufenden Landesprojekt „HyGlass“ zusammen mit dem Bundesverband Glas die Möglichkeiten zur Substitution des fossilen Brennstoffs durch grünen Wasserstoff entlang der gesamten Glasherstellungskette, siehe **Abbildung 24** untersucht.

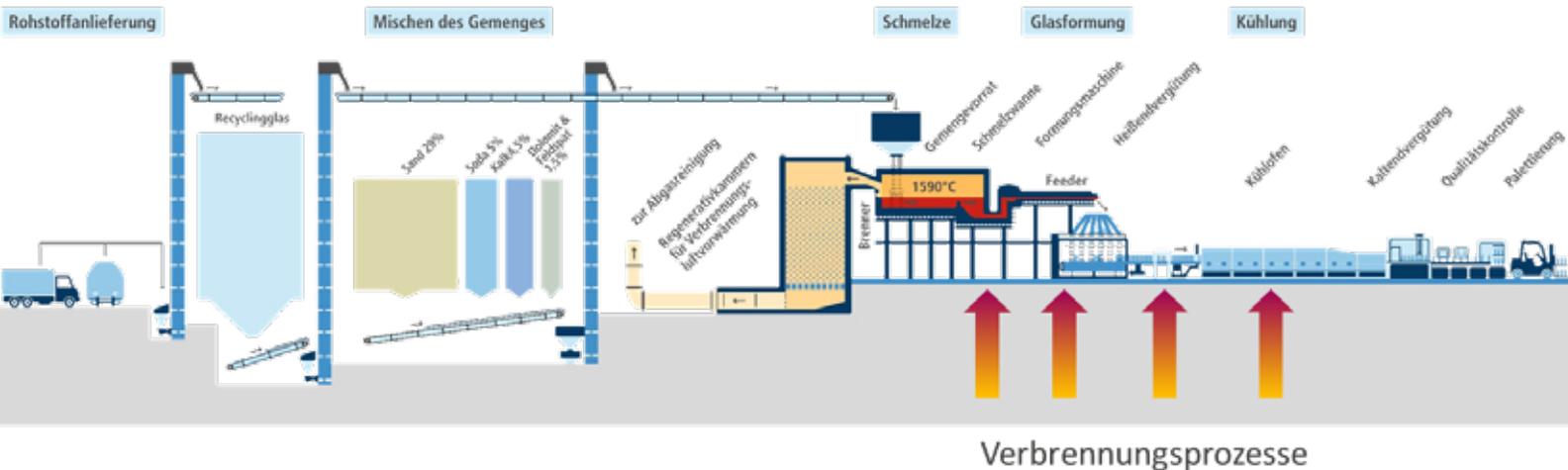
Gemischte Proben

Schmelzversuche

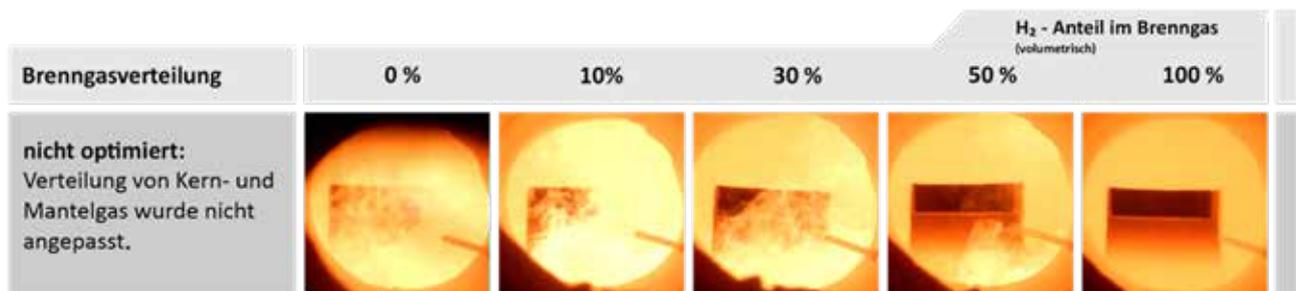


**Abbildung 23:** Schmelzversuche an der mobilen Brennkammer (Quelle: GWI)

Im ersten Schritt werden verschiedene Zumischungs-raten (Szenarien) für die einzelnen Prozessschritte definiert, die im weiteren Verlauf hinsichtlich einer möglichen Umsetzung untersucht werden. Hier gibt es zwei Aspekte, die im Fokus stehen: Die Auswirkungen auf die Verbrennung sowie der Einfluss von Wasserstoff auf die Glasqualität. Die experimentellen Untersuchungen werden an einer semi-industriellen Anlage durchgeführt, siehe **Abbildung 25**. Mit zunehmender Wasserstoffzumischung wird die Flamme „unsichtbarer“.



**Abbildung 24:** Schematische Darstellung des Glasherstellungsprozesses (Quelle: BV Glas)



**Abbildung 25:** Auswirkung der Wasserstoffzumischung auf eine Underportflamme (Blick durch die GWI-Versuchsanlage) (Quelle: GWI)

Die Auswirkungen der Wasserstoffzumischung auf die Verbrennungseigenschaften in einer Glasschmelzwanne werden ausschließlich mittels numerischer Simulationen betrachtet. In einem letzten Schritt werden alle erzeugten Ergebnisse im Gesamtkontext betrachtet, bewertet und das tatsächliche Potenzial für den Einsatz von Wasserstoff in den einzelnen Prozessschritten für die verschiedenen Szenarien skizziert. Die wissenschaftlichen Untersuchungen zielen darauf ab, einen Überblick und ein besseres Verständnis für die Herausforderungen bei Einsatz von

Wasserstoff in der Glasindustrie zu schaffen.

Trotz Pandemie hat die Industrie- und Feuerungstechnik im vergangenen Jahr zahlreiche Projekte beim Land NRW, beim Bund und der AiF eingereicht. Hauptthema ist dabei die Nutzung des Wasserstoffs in zahlreichen Industriebranchen und Prozessen (u. a. Stahl- und Eisen, Aluminium, Trocknungsprozesse, Oxy-Fuel-Anwendungen) in direkter Form, aber auch indirekt z. B. als Ammoniak.

## BRENNSTOFF- UND GERÄTETECHNIK

Die Kernthemen der letzten zwei Jahre sind Wasserstoff, gekoppelte Netze und IKT / Digitalisierungsmöglichkeiten. Diese sind z. B. adaptive Sektorenkopplungssysteme, die die nicht immer gleichzeitige Verfügbarkeit der EE und die Bedarfe an elektrischer Energie, Wärme und Treibstoffen bei möglichst umfassender Integration der erneuerbaren Energien (EE) und möglichst geringem Primärenergieeinsatz durch traditionelle Energieträger verbinden. Eine adaptive Sektorenkopplung setzt die gleichzeitige Betrachtung aller Netze voraus – Strom-, Gas- und Wärmenetze – verknüpft mit der entsprechenden Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Das Thema Wasserstoff wird u. a. durch Projekte wie „DVGW-Roadmap Gas 2050“ und das europäische Projekt „THyGa“ adressiert.

Das bestehende und von fossilen Energieträgern dominierte Energieversorgungssystem hat sich bis dato stetig weiter zu einem klimaneutralen System mit einem größeren Anteil erneuerbaren Energien entwickelt. Die Identifikation der optimalen Pfade im Zielkonflikt einer zugleich versorgungssicheren, ökologischen und ökonomischen Bereitstellung ist in vollem Gange und stellt sowohl einzelne Energieträger als auch Technologien auf den Prüfstand.

Die optimierte Abstimmung auf die jeweiligen Anwendungen und die konsequente Nutzung der Synergien in Kombination traditioneller, als auch erneuerbarer Energien führt zu hocheffizienten Gas-Plus-Technologien und in größeren, vernetzten Strukturen auf ein flexibilisiertes Energieversorgungssystem. Die Abteilung Brennstoff- und Gerätetechnik hat sich mit einer Vielzahl an Projekten erfolgreich für die zukünftigen Rahmenbedingungen mit der folgenden Themenausrichtung aufgestellt:

- Team Adaptive Energiesysteme: Deutschlandmodell-Typologien, Wärmebedarf, Gas, Fernwärme, GIS, Quartierslösungen, Modellierung und Simulation von gekoppelten Wärme-, Strom- und Gasnetzen, Living Lab, IKT, SmartMetering / Monitoring, BigData, EdgeComputing, Digitalisierung, Vernetzung von Städten / Sektoren (Wohnen, GHD, Industrie), Integration von Mobilitätslösungen und Digitalisierungsansätzen
- Team PtX: Flexibilisierungsoptionen, Gasbeschaffungsfragen, insbesondere im Bereich der Einspeisung und Verwendung von EE-Gasen in den einzelnen Sektoren, LNG / LBG, Biogase inkl. Wasserstoff, Feldtest-Monitoring, Tests von Anwendungstechnologien mit H<sub>2</sub>-reichen Gasen

Mit den Abteilungen IFT (Industrie- und Feuerungstechnik), PL (Prüflaboratorium) und Bildungswerk bestehen Schnittstellen bei den Themen Flexibilisierungsoptionen, Netzen, Gasbeschaffbarkeit, L/H-Gas-Anpassung und LNG.

Die Entwicklung einer smarten Gasbeschaffbarkeitserkennung für Regelungsstrategien wird in der Abteilung Brennstoff- und Gerätetechnik im AiF-Projekt „Smart Gas“ (Erweiterung eines integrierten Sensorsystems, das mittels thermischer Messprinzipien bei variablen Zusammensetzungen die Gasbeschaffbarkeit sowie die Dichte von Brenngasen bestimmt) behandelt.

Bereits im Jahr 2018 wurde das Nachfolge-Projekt „Kompetenzzentrum“ Virtuelles Institut – Strom zu Gas und Wärme“ (EFRE-0400111) bewilligt. Dieses wird gefördert durch das „Operationelle Programm zur Förderung von Investitionen in Wachstum und

Beschäftigung für Nordrhein-Westfalen aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung“ (OP EFRE NRW) sowie durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.

Dieses Projekt ermöglicht den Aufbau und die Demonstration mehrerer, unterschiedlicher Anlagen in einer sicheren Versuchsinfrastruktur. In einer neu gestalteten Versuchshalle am GWI werden unterschiedliche Anlagen zur Energiebereitstellung und -speicherung im kleintechnischen Maßstab mit dem Ziel der Erprobung und der Optimierung eines Gesamtsystems betrieben. Aktuell befinden sich ein PEM-Elektrolyseur-Teststand (FZJ), eine katalytische Methanisierung (ZBT) und eine KWK-Anlage (GWI) im System. Um einen möglichst flexiblen Betrieb für alle Anlagen zu gewährleisten, ist eine VE-Wasser-Aufbereitungsanlage, eine Flaschengas-Versorgung ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  und  $CO_2$ ) und ein Gasspeicher für das erzeugte, erneuerbare Methan Teil des Betriebskonzepts.

Zusätzlich erfolgte die Implementierung einer PtH-Anlage sowie die visuelle Anbindung an das GWI-Demonstrationshaus, in welchem weitere innovative Heizungssysteme aufgebaut werden.

In Folge 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“ sowie durch das Projekt „KWK plus Speicher, Anlagen- und Betriebsoptimierung zur Flexibilisierung des KWK-Betriebs mit innovativen Speichertechnologien“ weitergeführt. Ziel der Projekte ist eine Verminderung der Stromeinspeisung bzw. Erhöhung der Eigennutzung des KWK-Stroms.

Ein weiteres Projekt aus dem Themenumfeld Energiespeicher / Flexibilitäten ist das Projekt „EnerPrax“ (Energiespeicher in der Praxis: <http://energiespeicher.nrw/>). Hier wird der Betrieb von Energiespeichern für den Bioenergiepark Saerbeck in Nordrhein-Westfalen und vergleichbare Kommunen untersucht. Bilanziell übersteigt die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom aus PV und Wind mittlerweile den Strombedarf der Gemeinde Saerbeck. In Phasen einer Überdeckung des Strombedarfs wird der über-

schüssige Strom aktuell in die übergeordnete Netzebene gespeist und in andere Regionen verteilt. Durch den voranschreitenden Ausbau von EE-Erzeugungsanlagen wird es aber zukünftig immer häufiger Situationen geben, in denen eine räumliche Verteilung von EE-Strom nicht mehr ausreichend und eine zeitliche Verschiebung von Strommengen notwendig ist. Für den zeitlichen Ausgleich werden unterschiedliche Speichertechnologien benötigt, die im Projekt „EnerPrax“ in einem Energiespeichersystem miteinander verknüpft werden. Bei den Speichereinrichtungen handelt es sich um zwei Batteriespeicher (Speicherkapazität von  $2 \times 18$  kWh), einer Redox-Flow-Batterie (Speicherkapazität von 125 kWh) und einem PEM-Elektrolyseur ( $1 \text{ m}^3$  Wasserstoff pro Stunde). Ziel ist es, durch die Kombination von unterschiedlichen Speichern die jeweiligen Stärken der Technologien gezielt zu nutzen, um ein optimiertes Gesamtspeichersystem darzustellen. So besitzen die Kurzzeitspeicher einen guten Wirkungsgrad und eine hohe Dynamik, während sich der Elektrolyseur als Langzeitspeicher (Einspeisung des Wasserstoffs ins Erdgasnetz) durch eine große Speicherkapazität auszeichnet.

Während der PEM-Elektrolyseur des GWI und die Redox-Flow-Batterie bereits 2018 in Betrieb genommen wurden, konnten im letzten Jahr die Batteriespeichersysteme auf dem Gelände des Bioenergieparks aufgestellt und ebenfalls in Betrieb genommen werden. Der Speicherpark wurde darüber hinaus in eine zentrale Steuerungseinheit integriert, die mit einem im Projekt entwickelten Algorithmus entscheidet, welche Speichertechnologie zu welcher Zeit Strom aufnehmen bzw. abgeben soll. Neben den praktischen Versuchsreihen an der Technikumsanlage untersuchte das GWI den ökologischen Mehrwert für den Einsatz von Speicherkombinationen. Am Beispiel der Kombination aus Lithium-Ionen-Batteriespeicher und PEM-Elektrolyseur zeigt **Abbildung 26** dass ein System aus Kurz- und Langzeitspeicher einen zusätzlichen positiven ökologischen Effekt bewirkt. Während in der Untersuchung für einzelne Energiespeicher eine jährliche  $CO_2$ -Reduktion von bis zu 40 % erreicht werden, kann der untersuchte Kombispeicher  $CO_2$ -Einsparungen von bis 58 % erzielen. Die zusätzlichen Einsparpotenziale können u. a. damit begründet werden, dass zum einen kurzfristige Residuallastwechsel mit einem hohen Wirkungsgrad durch den Batteriespeicher abgedeckt und zum anderen große Energiemengen durch den PEM-Elektrolyseur gespeichert werden können.

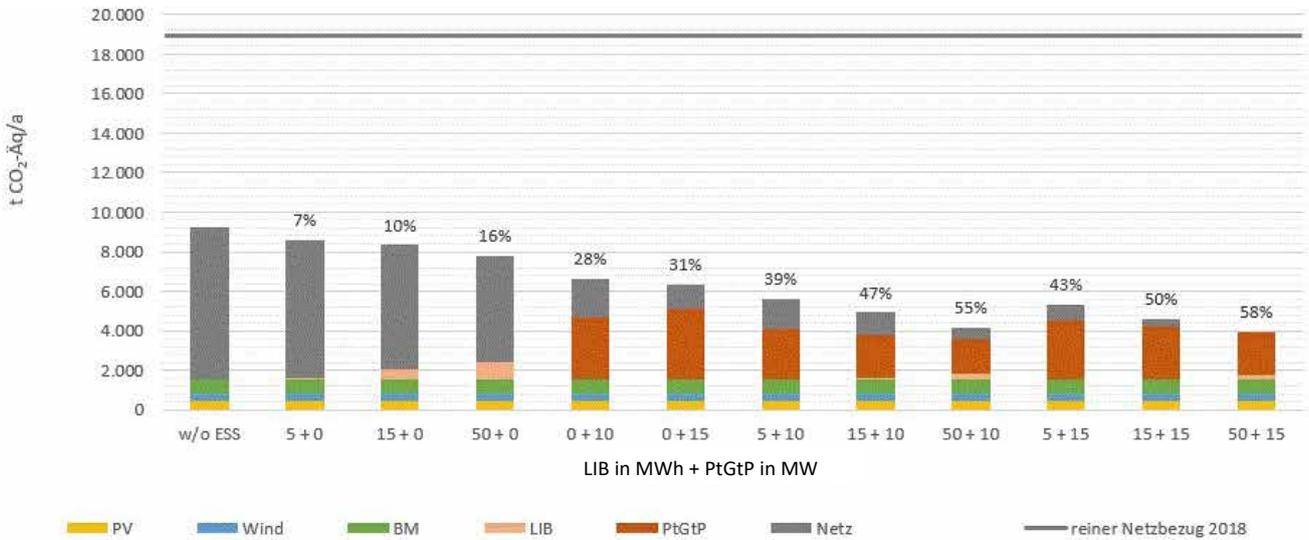


Abbildung 26: CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Bezugsjahr 2018 und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale durch die Einbindung von Energiespeichersystemen

Mit dem Projekt „EnerRegio“ ist bereits der Nachfolger von „EnerPrax“ zum 01. November 2019 gestartet. Ziel ist es mit den Erfahrungen aus dem Projekt „EnerPrax“ die Einbindung von Power-to-X-Technologien für unterschiedliche Anwendungen in einer ländlich geprägten Modellkommune zu untersuchen. Neben dem GWI besteht das Projektkonsortium aus der FH Münster sowie der B&R Energie GmbH.

der finalen Projektergebnisse zur Erzeugung erneuerbaren Methans aus Power-to-Gas-Prozessen steht kurz bevor. Das GWI verantwortet in diesem Rahmen eine Potenzialstudie für die Chancen von Power-to-Gas und Methanisierung in 28+4 Nationen in Europa. Die Erkenntnisse zeigen, dass in allen europäischen Regionen große Potenziale für die Erzeugung grüner Gase vorhanden sind. Je nach örtlichen Gegebenheiten ergibt die räumlich hochaufgelöste geographische Untersuchung Kopplungspotenziale zwischen erneuerbarem Strom aus Wind und / oder PV sowie den CO<sub>2</sub>-Quellen Biomasse (grünes CO<sub>2</sub>) oder

Im EU-Projekt „STORE&GO“ gehen die 27 Projektpartner aus Industrie und Forschung (siehe **Abbildung 27**) auf die Zielgerade. Die Veröffentlichung



Abbildung 27: Projektpartner im STORE&GO-Konsortium

Industrieanlagen (graues CO<sub>2</sub>). Das so gewonnene Methan kann über die vorhandene Gastransportinfrastruktur ohne technische Limitationen in die Bedarfzentren transportiert werden und dort fossile Brennstoffe substituieren. Die Hochrechnungen des GWI basieren dabei nicht nur auf den heute bereits vorhandenen Power-to-Gas-Potenzialen, sondern blickt auch in die Zukunft. So werden ein Zielszenario zur Emissionsreduktion der Industrie auf der einen Seite, aber auch Biogas-Ausbau-Potenziale und PV-Potenziale (insbes. Agro-Photovoltaik) berücksichtigt, um die Chancen der lokalen Energieumwandlung und -speicherung zu bestimmen.

„STORE&GO“ ist das derzeit größte europäische Forschungs- und Demonstrationsvorhaben zum Power-to-Gas-Prozess der Methanisierung. Das 28 Mio. € Projekt unter Co-Finanzierung der EU (Fördernummer 691797) demonstriert erfolgreich die unterschiedlichen Technologieoptionen der Zukunftstechnologie an drei Standorten in Europa. In Falkenhagen wird ein alkalischer Elektrolyseur in Verbindung mit einem Honeycomb-Methanisierungsreaktor und CO<sub>2</sub> aus einer biogenen Quelle betrieben. In Solothurn handelt es sich um einen PEM-Elektrolyseur und eine biologische Methanisierung von CO<sub>2</sub> aus einer Klärwasserbehandlungsanlage. In Troia wird ein alkalischer Elektrolyseur mit einer millistrukturierten katalytischen Methanisierung und einer LNG-Verflüssigungsanlage kombiniert, wobei das CO<sub>2</sub> aus der Luft abgeschieden wird. Diese Vielfalt der Technologiekombinationen und zusätzliche lokal geeignete Energieintegrationsmöglichkeiten machen „STORE&GO“ zu einem einzigartigen Projekt.

**Abbildung 28** zeigt eine beispielhafte Case-Study aus der GWI-Potenzialstudie. Die obere Bildzeile stellt die industriellen sowie biologischen CO<sub>2</sub>-Quellen in räumlicher Beziehung zur Gastransportnetz-Infrastruktur dar. In den unteren drei Bildern sind für die Umgebungen der drei Anlagenstandorte zusätzlich die Agrarpotenzialflächen für Biogaserzeugung und Agro-Photovoltaik, heute bestehende großskalige PV-Installationen, Windenergieanlagen und Umspannwerke zu sehen.

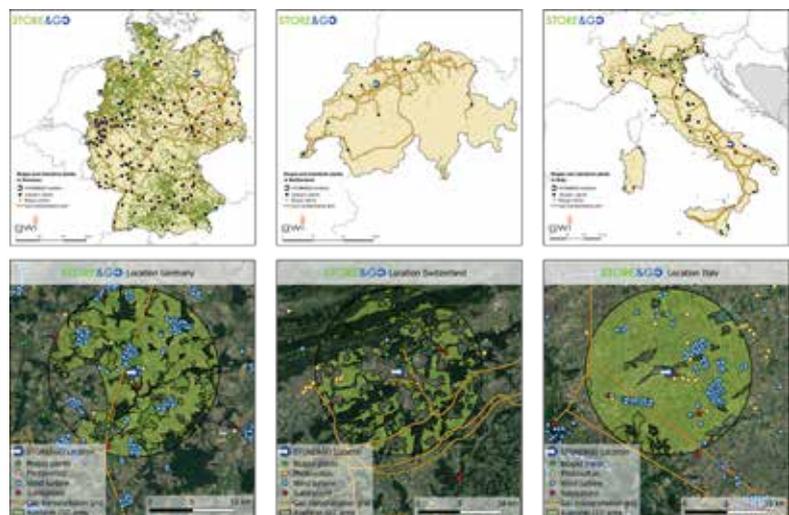
Weitere Informationen sowie der Abschlussbericht des GWI mit dem Titel „D8.9 - Report on an EU-wide potential analysis of Power-to-Gas locations cou-

pled to local CO<sub>2</sub> and renewable energy sources“ finden Sie unter <http://www.storeandgo.info>.

Zum Thema der gekoppelten Netze werden die Ansätze aus dem Projekt „IntegraNet“ im Folgeprojekt „IntegraNet II“ weitergeführt. Dazu erfolgt die Konzeptionierung und Modellierung von Ansätzen zur optimierten Betriebsführung gekoppelter Netze. Hier wird die im Vorgängerprojekt („IntegraNet“) entwickelte Modellbasis um Regelungslogiken und Schnittstellen für den zentralen und dezentralen Betrieb erweitert. Die Entwicklungen ermöglichen den Einsatz fortschrittlicher Methoden des maschinellen Lernens wie Modell-Prädiktive-Regelung und bestärkendes Lernen. Grundlage stellt dabei eine eigens entwickelte Python-Bibliothek zum Anwenden komplexer Regelungslogiken dar. Über eine Schnittstelle wird der aktuelle Zustand des Systems während der Simulation an Python übergeben, wo mit Hilfe der Bibliothek geeignete Regelungseingriffe / -befehle bestimmt und an das Modell zurückgegeben werden.

In einem weiteren Arbeitspunkt des Projektes wird eine Methodik zur Typologisierung deutscher Siedlungsräume ausgearbeitet, um die Identifikation von Strukturmerkmalen der grundlegend vorkommenden Versorgungsaufgaben in sog. Typzellen zu ermöglichen (überwiegend Last, überwiegend EE-Überproduktion und Wechsel zwischen Last und Überproduktion).

Um die Typzellen zu bestimmen wurde ein Algorithmus entwickelt, der anhand des Verbrauchs bzw. der Erzeugung einzelner Rasterzellen im 100 x 100 m<sup>2</sup>

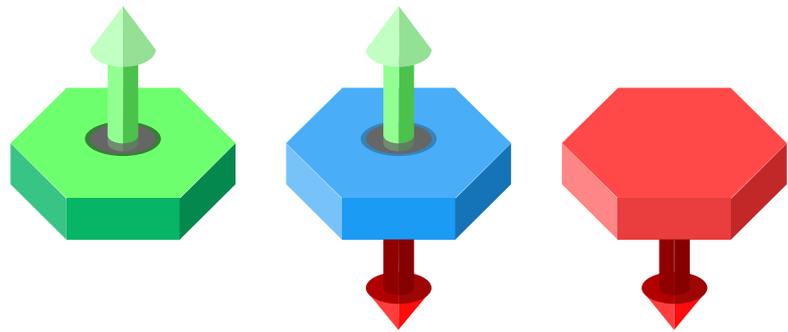


**Abbildung 28:** Case Studies der Power-to-Gas-Potenziale in der Umgebung der drei STORE&GO Demonstrations-Standorte in Falkenhagen (DE), Solothurn (CH) und Troia (IT).

Raster eine Aggregation zu Typzellen ermöglicht (s. **Abbildung 29**). Um den Algorithmus anzuwenden, erfolgt zunächst das Ermitteln des kleinskaligen Strom- und Wärmebedarfs des deutschen Wohnsektors auf Grundlage statistischer Daten der Bundesrepublik. Im nächsten Schritt wird auch der Strombedarf des Industrie- und GHD-Sektors bestimmt. Für die EE-Produktion wird die zeitlich aufgelöste Stromerzeugung aller Windkraftanlagen der Bundesrepublik ermittelt und erste Ansätze für die zeitabhängige Stromerzeugung aller Photovoltaikanlagen umgesetzt. Im weiteren Verlauf des Projektes werden Bedarf und Erzeugung verknüpft, um die beschriebenen Typzellen zu identifizieren.

Die Umsetzung der Energiewende auf kommunaler Ebene ist eine zentrale Herausforderung für die kommunalen Versorger unter Einbindung der Kunden sowie der lokalen Politik und Marktteilnehmer. Ziel des „TrafoKommunE-Projektes“ sollen zum einen Handlungsempfehlungen zur kostengünstigen und zeitlich umsetzbaren Ausgestaltung des Energiesystems auf kommunaler Ebene sein. Zum anderen sollen zudem Möglichkeiten identifiziert werden, die Akteure und hier insbesondere die Stadtwerke in die Gestaltung der Energiewende einzubinden (Aktivierung). Hierzu werden technologische, infrastrukturelle, betriebswirtschaftliche und soziale Aspekte für städtische und ländliche Kommunen bewertet und evaluiert, um daraus kurzfristige und langfristige Strategien zur Transformation der Stadtwerke sowie darauf abgestimmte Geschäftsmodelle im Rahmen der Ziele der Energiewende abzuleiten.

Im Rahmen des Projektes wird ein LivingLab am Gas- und Wärme-Institut aufgebaut, welches als Reallabor der Forschung und als technologischer Schaukasten für kommunale Energiewendepartner dient. Dazu werden die Verbrauchsdaten der am Standort vorhandenen Einzeltechnologien (KWK, Wärmepumpen, Batteriespeicher, SOFC, LNG-Tank etc.) und abbildbaren Sektoren (GHD, Industrie) mittels einer smarten Infrastruktur gesammelt und an ein zentrales Datenbanksystem übertragen, siehe **Abbildung 30**. Diese Daten stehen zur Visualisierung über Dashboards und der weitergehenden Analyse zur Verfügung. Auch bietet die Datenplattform die Möglichkeit unter hohen Sicherheitsanforderungen auch mit Partnern Daten auszutauschen. Basierend auf einem Messkonzept wurden Strom-



**Abbildung 29:** Strukturmerkmale der vorkommenden Versorgungsaufgaben (von links: überwiegend EE-Überproduktion, Wechsel zwischen Last und Überproduktion und überwiegend Last)

zähler installiert, vernetzt und ein entsprechendes Datenbanksystem basierend auf PostgreSQL (TimeScaleDB) aufgebaut und ein Dashboard mit Grafana erstellt. Aktuell werden auch die anderen Sektoren (Gas, Wärme, Wasser) erfasst.

Im Rahmen des Virtuellen Instituts | KWK.NRW wurde ein Bauauftrag für ein neues Hybrid-SOFC-System vergeben. Das Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. und die Mitsubishi Power Europe GmbH haben die Verträge für die Errichtung eines Hybrid-SOFC-Systems unterzeichnet. Mit dem Auftrag für die neue Demonstrationsanlage wurde ein bedeutender Schritt in dem öffentlich geförderten Projekt „KWK.NRW 4.0“ unter dem Dach des Virtuellen Instituts | KWK.NRW gemacht.

Die hocheffiziente und flexible Energiebereitstellung ist eine zentrale Voraussetzung für ein klimaneutrales Versorgungssystem mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien. Das Virtuelle Institut | KWK.NRW hat sich daher die Entwicklung flexibler Konzepte der Kraft-Wärme-Kopplung für NRW, deren Demonstration und den Technologietransfer zum Ziel gesetzt.

In dem aktuellen Projekt „Demo Hybrid-SOFC“, welches Teil des öffentlich geförderten Verbundprojektes „KWK.NRW 4.0“ ist, wird nun die Forschungsinfrastruktur des Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. (GWI) erweitert. Am 30. September 2020 hat das GWI dazu die Mitsubishi Power Europe GmbH (MPW) mit der Errichtung eines neuen Hybrid-SOFC-Systems beauftragt. Damit wird am Standort des GWI in Essen das europaweit erste Hybrid-SOFC-System, welches aus einer tubularen Brennstoffzelle mit nachgeschalteter Mikro-Gasturbine besteht, installiert.

MPW übernimmt als Generalunternehmen neben der Planung, Fertigung und Lieferung des Hybrid-SOFC-Systems zudem den Ausbau der Infrastrukturu-

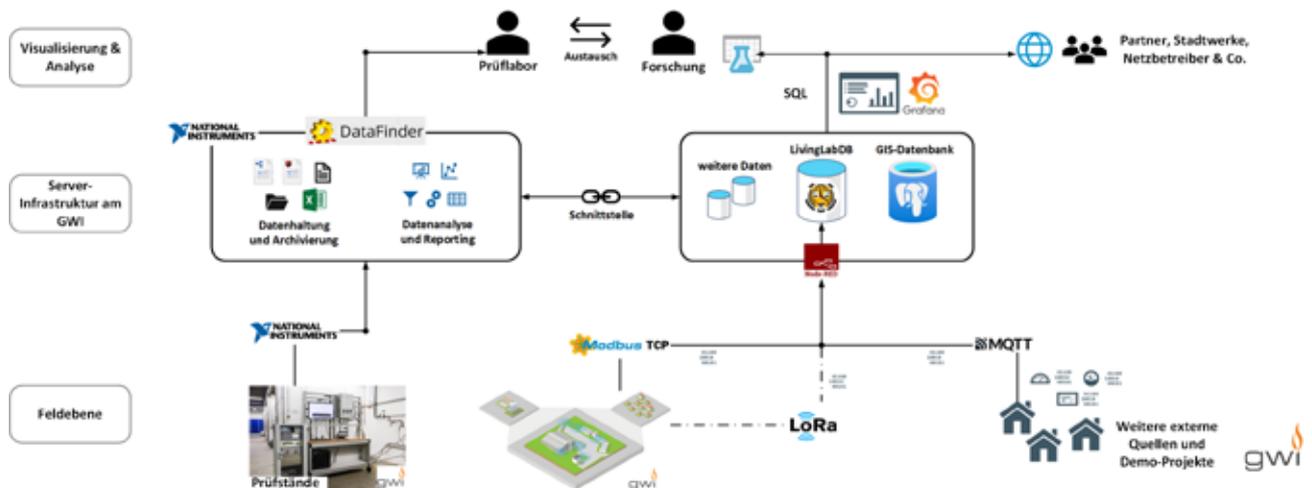


Abbildung 30: LivingLab Konzept am GWI

ren, um das System sowohl in die Strom- und Wärmeversorgung des GWI einzubinden als auch die Stromeinspeisung ins öffentliche Netz zu ermöglichen. Die Baumaßnahmen führen überwiegend ortsansässige Fachfirmen im Auftrag für MPW durch, da es für das regionale Unternehmen eine Selbstverständlichkeit ist, die regionale Wirtschaft einzubinden. „Wir freuen uns, das einzigartige SOFC-System auf den europäischen Markt zu bringen. Es bestätigt die wachsende Nachfrage nach sauberen Energiequellen, bei denen Mitsubishi Power über eine große Expertise verfügt.“, sagt Professor Emmanouil Kakaras, Leiter der Business Unit New Products bei Mitsubishi Power Europe.

Mit dem Ziel, die Anlage 2022 in Betrieb zunehmen, ist der Baubeginn bereits für den Sommer 2021 geplant. Von Beginn an wird der Betrieb des Hybrid-SOFC-Systems mit einer elektrischen Leistung von rund 200 kW wissenschaftlich begleitet. Durch die Integration der neuen Demonstrationsanlage in die Forschungsinfrastruktur des GWI können ökologische und systemische Potenziale ermittelt werden. Die hocheffiziente Energiebereitstellung und CO<sub>2</sub>-Einsparungen auf Basis der SOFC-Technologie im realen Anlagenbetrieb sollen demonstriert und neue Betriebsstrategien, wie der flexible Betrieb der integrierten Gasturbine oder die Nutzung von Wasserstoff, erprobt werden. Dabei werden auch die Auswirkungen des Hybrid-SOFC-Systems auf die vor- und nachgelagerten Netze untersucht. Die Flexibilitäts- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale bei der Energieversorgung von Quartieren, mittelständischen oder kleinen Unternehmen und auf der Landesebene von NRW sind aufgrund des hohen Innovationsgrades von besonderer Bedeutung.

„Ein Energiesystem mit einem hohen Anteil erneuer-

barer Energien erfordert zwangsläufig Anlagen, die auch dann zuverlässig, schnell und umweltfreundlich Strom und Wärme liefern können, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht.“, sagt Professor Klaus Görner, wissenschaftlicher Geschäftsführer des GWI. Ein solcher flexibler und nachhaltiger Betrieb – besonders mit der Beimischung von Wasserstoff als Brenngas – wird mit dem Hybrid-SOFC-System realisiert. Der Schaufenster-Charakter des Projekts ermöglicht zudem Einblicke in den wirtschaftlichen Betrieb und die rechtlichen Rahmenbedingungen solcher Anlagen. Erfahrungen, Betriebsdaten und Untersuchungsergebnisse aus der Demonstration werden den Forschungs- und Netzwerkpartnern des Virtuellen Instituts zur Verfügung gestellt.

Für das Teilprojekt „Demo Hybrid-SOFC“ werden rund 5,8 Mio. € aus Mitteln des Operationellen Programms EFRE NRW 2014-2020 und Mitteln des Landes Nordrhein-Westfalen bereitgestellt. Koordiniert wird die Förderung vom Projektträger Jülich im Auftrag vom Wirtschaftsministerium in Zusammenarbeit mit den Ministerien für Kultur und Wissenschaft, für Arbeit, Gesundheit und Soziales, für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz und für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

Das Projekt „EnQM – Phase II“ führt die Arbeiten aus der dem Vorgängerprojekt „Energieeffiziente Wohnsiedlungen durch zukunftsfähige Konzepte für den denkmalgeschützten Bestand – Energieoptimiertes Quartier Margarethenhöhe Essen“ (EnQM) weiter. Hier wurden die Bestandsgebäude des denkmalgeschützten Quartiers Margarethenhöhe analysiert und ganzheitliche Sanierungskonzepte auf Gebäude- und Quartiersebene entwickelt und untersucht. An fünf Demonstrationsgebäuden werden Maßnahmen

zur energetischen Sanierung vorgenommen und ein Monitoring zur Erfassung der neuen Anlagentechnik installiert. Hier knüpft das Projekt „EnQM II“ an: Die umgesetzten Maßnahmen sollen im Rahmen des Projektes untersucht und bewertet werden. Die Schwerpunkte liegen dabei auf dem Langzeitmonitoring, der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen und auf einem optimierten Betrieb der neu verbauten Anlagentechnik. Die Ergebnisse werden in einem Planungshandbuch zusammengefasst, um sie bei der zukünftigen Sanierung weiterer Gebäude nutzen zu können.

Das GWI wird im Rahmen des Monitorings mithilfe von Edge Computing eine Zustandsüberwachung einrichten. Anhand der Daten aus dem Langzeitmonitoring wird das GWI das in „EnQM“ erstellte Quartiersmodell validieren und die Energie- und CO<sub>2</sub> Einsparungen für die untersuchten Sanierungsszenarien aktualisieren. In „EnQM“ wurden erste Ansätze zur intelligenten Regelung der Energieflüsse zwischen Gebäuden im Quartier untersucht. Dabei kamen Methoden der modellprädiktiven Regelung und des Reinforcement Learnings zur Anwendung. Die entwickelten Regelungskonzepte sollen in „EnQM – Phase II“ auf das gesamte Quartier ausgeweitet werden, wofür aufgrund der Komplexität des Quartiersmodells Verfahren der Modelreduktion angewendet werden müssen. Zusätzlich werden die Auswirkungen der neuen Anlagentechnik, der Regelungsstrategien und des veränderten Strombedarfs auf die Stromverteilernetze mithilfe des Quartiersmodells untersucht, um mögliche kritische Netzzustände zu ermitteln.

Aus dem Bereich Sektorenkopplung wurde das Projekt „GreenVEgaS“ – Gesamtsystemanalyse der Sektorenkopplung – Volkswirtschaftliche Bewertung der Energieinfrastruktur und -erzeugung für eine Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr gestartet.

Ziel des Forschungsprojektes „GreenVEgaS“ ist die Entwicklung einer Werkzeugkette zur ganzheitlichen Systemanalyse des Energieversorgungssystems aus volkswirtschaftlicher Perspektive unter Berücksichtigung der technischen Erzeugungs- und der erforderlichen Netzinfrastruktur (Strom-, Gas und Wärmenetze). Ein besonderer Fokus im Projekt liegt auf der Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Dazu werden anwendungsspezifische Optimierungsmodelle weiterentwickelt

und verkettet, um das gesamte Energiesystem – Energiewandlung, Energieleitung und Energienutzung – in einem iterativen sektorenübergreifenden Gesamtmodell abbilden zu können. Dadurch wird sowohl ein vertikaler Informationsaustausch über Netzebenen hinweg, d. h. die Berücksichtigung regionaler Treiber und deren Einfluss auf das Gesamtsystem, als auch ein sektorenübergreifender horizontaler Informationsaustausch in der Energiesystemanalyse berücksichtigt.

Der Fokus der Arbeiten am GWI liegt auf den Sektoren Gas und Wärme. Die u. a. aus dem Projekt „IntegraNet“ bereits vorhandenen Modelle sollen so angepasst und weiterentwickelt werden, dass die Gas- und Wärmenetze nicht nur in Interaktion mit dem Stromnetz, sondern auch in Interaktion mit verschiedenen Märkten und deren Signalen / Anreizen abgebildet werden können. Mittels Kostenallokation sollen in einem iterativen Prozess Technologien gegen Netzausbau betrachtet werden. Zusätzlich soll eine Potenzialkarte für Fernwärmenetze für ganz Deutschland entwickelt werden. Dazu wird eine geografisch aufgelöste Untersuchung der Wärmenetzinfrastruktur hinsichtlich ihres Ausbaupotenzials durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Betrachtungen fließen dann wiederum in detailliertere Analysen ausgewählter Netz- bzw. Siedlungsstrukturen ein.

Zur Durchführung der iterativen Gesamtsystemanalyse bedarf es im Rahmen des Projektes einer engen Abstimmung mit den Projektpartnern (dem Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft, der technischen Universität Dortmund und dem Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität zu Köln). Dies umfasst neben der Schaffung einer gemeinsamen Datenbasis und der Identifikation der Wechselwirkungen der Modelle auch die Abstimmung der Datenformate und Austauschprozesse, sowie die Harmonisierung von Schnittstellen.



**Abbildung 31:** Hybrid-SOFC-System „MEGAMIE“ mit tubularer Brennstoffzelle und nachgeschalteter Mikro-Gasturbine der Mitsubishi Power Europe GmbH [Bild: Mitsubishi Power Europe GmbH]

# PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

## PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE

### Veröffentlichungen 2019

- Albus, R., Burmeister, F., Huismann, P., Lucke, N., Senner, J., Wenzel, M., Bartsch, V., Gerstein, D., Gröschl, F., Schwarz, S., Wetzels, U., Graf, F., Krause, H., Kukuk, J.S.: Gas
- Albus, R., Görner, K.: Tätigkeitsbericht 2018
- Albus, R., Naendorf, B.: Aktueller Stand der Marktraumumstellung
- Albus, R.: „Wir werden in Zukunft ein Gasgemisch haben, das immer wasserstoffreicher wird.“
- Albus, R.: Die Zukunft des Energieträgers Gas - alles grün?
- Benthin, J., Heyer, A., Huismann, P., Djukow, M., Hagemeyer, A., Görner, K.: Demand oriented Modelling of coupled Energy Grids
- Benthin, J., Huismann, P., Lange, M., Albus, R., Bükkemeyer, D.: Digitale Infrastruktur im Living Lab des GWI in Essen
- Feldpausch-Jägers, S., Tali, E., Burmeister, F., Albus, R., Wersch, M., Erler, F.: Versorgungsstrategien von Niedrigenergiehäusern in Hinblick auf den Ausbau bestehender zukünftiger Energienetze
- Flayyih, M., Tali, E., Burmeister, F., Albus, R., Görner, K., Erler, F., Wersch, M., Krause, H.: Insight into Five Years Technical Monitoring and Lessons Learnt
- Flayyih, M., Van Haaren, A., Wenzel, M., Burmeister, F., Lange, M., Albus, R., Görner, K.: Sensitivity Analysis in Building Simulation with Modelica – Dynamic Simulation
- Garzon-Real, J., Uhlemeyer, B., Hobert, A., Zdrallek, M., Benthin, J., Lucke, N., Wortmann, B., Stabenau, C., Dirkmann, U.: Untersuchung der Ausgestaltung eines Wohnquartiers als Energiezelle
- Garzon-Real, J., Uhlemeyer, B., Zdrallek, M., Benthin, J., Lucke, N., Wortmann, B., Stabenau, C., Dirkmann, U.: Assessing the energetic self-sufficiency of a residential district
- Görner, K., Möllenbruck, F., Dierks, M., Demirkol, E., Richter, M., Oeljeklaus, G.: Sektorenkopplung: Optionen und Chancen für den Energiesektor am Beispiel einer Power-to-Methanol-Anlage
- Gorre, J., Ruoss, F., Karjunen, H., Schaffert, J., Tynjälä, T.: Cost benefits of optimizing hydrogen storage and methanation capacities for Power-to-Gas plants in dynamic operation
- Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: Numerische Strömungssimulationen zur Untersuchung von Fragestellungen aus der Gasanwendungstechnik
- Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: Untersuchung von gastechnischen Fragestellungen mittels CFD-Simulationen
- Leicher, J., Nowakowski, T., Giese, A., Görner, K.: Power-to-gas and hydrogen admixture into the natural gas grids: impact on industrial firing system
- Leicher, J., Schneider, T., Nowakowski, T., Giese, A., Görner, K., Fleischmann, B., Löber, N.-H.: Das Forschungsprojekt „GasQualitaetGlas“ - Teil 1: Statistische Analysen lokaler Erdgasbeschaffenheiten und Auswirkungen auf industrielle Gasverbraucher
- Leicher, J., Schneider, T., Nowakowski, T., Giese, A., Görner, K., Fleischmann, B., Löber, N.-H.: „GasQualitaetGlas“: Lokale Erdgasbeschaffenheiten und die Auswirkungen auf industrielle Gasverbraucher (Teil 1)
- Lucke, N., Frankenhoff, F., Albus, R., Görner, K., Vranogos, V., Spitta, C.: Entwicklung flexibler KWK-Konzepte - Brennstoffzellen-Technologien im Virtuellen Institut
- Moser, A., Kellermann, J., Wahl, M., Schaffert, J., Tsiklios, C., Albus, R., Zdrallek, M., Wolter, D., Möhrke, F., Hüttenrauch, J.: Potenzialstudie von Power-to-Gas-Anlagen in deutschen Verteilungsnetzen
- Nies, M., Wenzel, M., Hunecke, M., Görner, K., Albus, R.: Erfahrungen mit Mikro-KWK in Bottrop
- Röder, M., D. Möntmann, Giese, A., Grote, M., Al-Halbouni, A., Diarra, D.: Mehrstoffbrenner für den simultanen Einsatz von flüssigen und gasförmigen Bio-Brennstoffen

- Röder, M., Möntmann, D., Giese, A., Grote, M., Al-Halbouni, A., Diarra, D.: Mehrstoffbrenner für den simultanen Einsatz von flüssigen und gasförmigen Bio-Brennstoffen
- Röder, M., Möntmann, D., Giese, A., Grote, M., Al-Halbouni, A., Diarra, D.: Mehrstoffbrenner für den simultanen Einsatz von flüssigen und gasförmigen Bio-Brennstoffen
- Schäffer, J., Ortloff, F., Graf, F., Lubenau, U., Erler, R., Senner, J., Imberg, C.: CO<sub>2</sub> aus dem Energie- und Industriesektor zur Einkopplung in Power-to-Gas-Prozesse
- Schäffer, J., Ortloff, F., Graf, F., Lubenau, U., Imberg, C., Senner, J.: Quellen und Abtrennungsverfahren zur Bereitstellung von CO<sub>2</sub> für Power-to-Gas Prozesse
- Stenzel, P., Heyermann, N., Wenzel, M., Markewitz, P., Robinius, M., Albus, R., Görner, K., Stolten, D.: „A Techno-Economic Analysis of Battery Energy Storage Systems in Combination with Micro CHP Systems for Single-Family Houses
- Veröffentlichungen 2020**
- Albus, R., Burmeister, F., Lucke, N., Leicher, J., Schwarz, S., Bartsch, V., Gerstein, D., Gröschl, F., Wetzel, U., Graf, F., Krause, H., Kukuk, J.S.: Gas
- Erler, R., Frankenhoff, F., Remy, S.: Modal-Switch in Wohnquartieren und -gebäuden: Perspektiven für KWK-Anlagen
- Erler, R., Wenzel, T., Frankenhoff, F., Remy, S., Osterhage, T., Müller, D.: Perspektiven für KWK(K)-Anlagen in Wohngebäuden und Wohnquartieren
- Giese, A., Nowakowski, T., Leicher, J.: Auswirkung einer Wasserstoffzumischung in Erdgas auf den industriellen Verbrennungsprozess
- Giese, A., Nowakowski, T., Leicher, J.: Auswirkung einer Wasserstoffzumischung in Erdgas-Wasserstoffgemischen auf Gasgebläsebrenner
- Gorre, J., Ruoss, F., Karjunen, H., Schaffert, J., Tynjälä, T.: Cost benefits of optimizing hydrogen storage and methanation capacities for Power-to-Gas plants in dynamic operation
- Kannenber, Y., Flayyih, M., Burmeister, F., Lange, M., Albus, R., Görner, K., Gross, M.: Energetische und ökologische Untersuchung der Netzdienlichkeit von  $\mu$ -KWK-Anlagen
- Leicher, J., Giese A.: Gasbeschaffenheit - aktuelle Entwicklungen in Deutschland und Europa
- Leicher, J., Giese, A.: Erdgas, Erdgas-Wasserstoff-Gemische und reiner Wasserstoff - Auswirkungen auf den Verbrennungsprozess
- Leicher, J., Giese, A., Naendorf, B., Roemer, S., Kronenberg, M., Albus, R., Görner, K.: Auswirkungen der L-/H-Gas- Marktraumumstellung auf die Thermoprosesstechnik
- Leicher, J., Giese, A., Overath, J.: The HyGlass Project: Decarbonising the Glass Industry with Hydrogen
- Leicher, J., Giese, A., Petermann, H. (Hrsg.): Gasqualitäten im veränderten Energiemarkt
- Leicher, J., Schaffert, J., Carpentier, S., Albus, R., Görner, K.: THyGA project: Impact of hydrogen admixture on combustion processes – Part I: Theory
- Leicher, L., Schaffert, J., Carpentier, S., Albus, A., Görner, K.: „Combustion Theory Impact of hydrogen admixture on combustion processes - Part I“
- Lucke, N.: Virtuelles Institut KWK.NRW vergibt Bauauftrag für ein neues Hybrid-SOFC-System
- Nies, M., Wenzel, M., Hunecke, M., Görner, K., Albus, R.: Klimaschutz durch Mikro-KWK-Anlagen im Haushalt
- Röder, M., Möntmann, D., Grote, M., Giese, A., Görner, K.: Multi-fuel Combustion System for Gaseous and Liquid Biofuels with Low NO<sub>x</sub> Emissions
- Röder, M., Schneider, T., Pietsch, P., Giese, A., Erler, R., Görner, K.: Raw Biogas as a Potential Substitute for Natural Gas in Metallurgical Thermal Processes – Impact on Combustion and Pollutant Emissions
- Schwarz, S., Bartsch, V., Gerstein, D., Gröschl, F., Wetzel, U., Graf, F., Albus, R., Burmeister, F., Lucke, N., Leicher, J., Krause, H., Kukuk, J.S.: Gas STORE&GO Konsortium; Herausgeber DVGW; GWI-interne Autoren: Schaffert, J.; Cigarida, H.: „Roadmap for large-scale storage based PtG conversion in the EU up to 2050“
- te Kaat, J., Feller, B., Moldovan, D.-A., Fiehl, M., Schneider, T., Giese, A.: Rekuperatorbrenner aus dem 3D-Druck zur effizienten Wärmerückgewinnung

### Vorträge und Poster 2019

Burmeister, F.: Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI

Albus, R.: Brennstoffzellen und KWK in der Gebäudeenergieversorgung - ein Element der Sektorenkopplung

Albus, R.: Digitalisierung der Erzeuger-Verbraucher-Infrastruktur im Bereich der Verteilnetze, Pilotprojekt Living Lab

Albus, R.: L-/H-Gas Marktraumumstellung

Albus, R.: Potenzial und Perspektiven der Gas-Plus-Technologien

Albus, R.: Ergebnisse des DVGW-Forschungsprojektes zur „Voranpassung von Brennwertgeräten“

Albus, R.: Zukunft des „fossilen“ Energieträgers Gas über 2030 hinaus; Erfahrungsbericht zur Feldtauglichkeit von Brennstoffzellen; Sachstand Forschungen Power to Gas

Beck, J-P., Benthin, J., Heyer, A.: Modellexperimente in der operativen Energiesystemanalyse

Benthin, J, Heyer, A., Huismann, P., Djukow, M., Hagemeyer, A., Görner, K.: Demand oriented Modelling of coupled Energy Grids

Brücken, N.: EnerPrax - Energiespeicher in der Praxis. Untersuchung von Kombinationen unterschiedlicher Speichertechnologien im ländlichen Raum

Cigarida, H.: Combined Heat and Power Units

Fette, M., Brandstät, C., Schaffert, J., Gils, H.C., Gardian, H.: Systemdienlicher Betrieb in der Sektorenkopplung: Zwischen gesamtwirtschaftlichem Anspruch und betriebswirtschaftlicher Wirklichkeit

Fiehl, M., Giese, A., Leicher, J., Görner, K., Fleischmann, B.: Reduktion fossiler CO<sub>2</sub>-Emissionen: Einsatz von Rohbiogas im energieintensiven Industrieprozess

Fiehl, M., Leicher, J., Giese, A., Görner, K., Fleischmann, B., Spielmann, S.: Biogas as a co-firing fuel in thermal process industries: Implementation in a glass melting furnace

Flayyih, M.: LNG as an alternative fuel for heavy-duty vehicles

Flayyih, M., Van Haaren, A., Wenzel, M., Burmeister, F., Lange, M., Albus, R., Görner, K.: Sensitivity Analysis in Building Simulation with Modelica – Dynamic Simulation

Giese, A.: Auswirkungen der Wasserstoffeinspeisung auf industrielle Verbrennungsprozesse

Giese, A.: Was kommt nach der Umstellung von L auf H-Gas? Gasbeschaffenheitsschwankungen und Wasserstoff-Hintergründe, Auswirkungen, Lösungen

Giese, A.: Erneuerbare Gase in der Thermoprozessindustrie

Giese, A.: Erdgasnutzung in der Industrie, heute und in der Zukunft

Giese, A.: Einsatz von erneuerbaren Gasen in der (Glas)Industrie zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Gils, H.C., Gardian, H., Fette, M., Brandstät, C., Schaffert, J.: Flexible sector coupling - contribution to the future power supply and impact of the regulatory framework

Gils, H.C., Gardian, H., Schaffert, J., Fette, M., Brandstät, C.: Modellgestützte Analyse des Beitrags des Gasversorgungssystems zur Integration fluktuierender erneuerbarer Stromerzeugung

Görner, K.: Forschungsthemen für die Energiewende aus Sicht der Wissenschaft

Görner, K.: CO<sub>2</sub>-Themen für Power-to-X-Anwendungen

Görner, K.: Energiewende und CFD-Simulationen – Möglichkeiten und Synergien

Görner, K.: Sektorenkopplung – Herausforderungen und Potenziale

Görner, K.: Sector Coupling

Görner, K.: Thermo-economic and LCA analysis

Görner, K.: GWI – 1937 bis heute

Görner, K.: Strom, Gas und Wärme – Möglichkeiten der Kopplung verschiedener Sektoren

Görner, K.: P2X-Technologien und Sektorenkopplung	Verbesserung der CO <sub>2</sub> -Bilanz industrieller Feuerungen - Auswirkungen auf die Verbrennung und Schadstoffbildung
Görner, K.: Energiewende in Germany	
Görner, K.: Virtuelles Institut KWK.NRW	Röder, M., Pietsch, P., Schneider, T., Giese, A., Erler, R., Görner, K.: Einsatz von Rohbiogas zur Verbesserung der CO <sub>2</sub> -Bilanz metallurgischer Thermoprozesse - Auswirkungen auf die Feuerung
Görner, K.: GuD-Anlagen im zukünftigen Energiemarkt	
Görner, K.: Rhein Ruhr Power: Projects for Future	Schaffert, J., Brücken, N., Senner, J., Praefke, H., Tsiklios, C., Görner, K.: Potentials of Renewable Hydrogen Admixture in German Gas Grids on Transmission and Distribution level
Görner, K.: Zementklinkerproduktion mit maximaler Stromauskopplung	
Görner, K.: Die Rolle der KWK für die Wärmewende – KWK und Sektorenkopplung	Wersch, M., Krause, H., Giese, A., Leicher, J., Dörr, H.: Hauptstudie zur Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen von Gasbeschaffensschwankungen auf die Sektoren des Gasverbrauches und deren Kompensation
Görner, K.: Power-to-Gas: Eine Option für die Zukunft!?	
Görner, K.: Systemkopplung	
Lange, M., Feldpausch-Jägers, S., Tali, E., Burmeister, F., Albus, R., Erler, F., Wersch, M.: Versorgungskonzepte für Niedrigenergiehäuser	
Leicher, J.: Gas Quality and Hydrogen from the Perspective of Industrial End Users	
Leicher, J.: Einführung in die CFD	
Leicher, J.: Computersimulationen in der Thermoprozesstechnik: neue Möglichkeiten für Forschung und Anwendung	
Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: Investigations of natural gas quality and hydrogen and the impact on industrial combustion processes	
Leicher, J., Nowakowski, T., Giese, A., Fleischmann, B., Löber, N-H.: Gas Quality vs. Glass Quality?	
Leicher, J., Nowakowski, T., Islami, B., Schneider, T., Giese, A., Görner, K., Fleischmann, B., Löber, N-H.: Gasbeschaffensheiten in Deutschland: Statistische Untersuchungen und Auswirkungen auf Feuerungsprozesse	
Nowakowski, T., Leicher, J., Islami, B., Giese, A., Görner, K.: Untersuchung der Auswirkungen von Wasserstoff-Zumischungen in das Erdgasnetz auf thermoprozesstechnische Anlagen	
Röder, M., Feller, B.-H., Schneider, T., Giese, A., Görner, K.: Substitution von Erdgas durch Rohbiogas zur	
	<b>Vorträge und Poster 2020</b>
	Albus, R.: Wasserstoff in der Anwendung in Haushalt und Industrie - Aktueller Stand von Untersuchungen und F&E Projekten
	Albus, R.: Der Energieträger Wasserstoff - Ein kurzer Überblick von der Erzeugung bis hin zur Anwendung
	Albus, R.: Wasserstoff in der Anwendung in Haushalt und Industrie - Aktueller Stand von Untersuchungen und F&E Projekten
	Albus, R.: Transformation unserer Gasinfrastruktur
	Albus, R.: Wasserstoff in der Anwendung in Haushalt und Industrie - Aktueller Stand von Untersuchungen und F&E Projekten
	Giese, A.: Einsatz von erneuerbaren Gasen in der Industrie zur Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen
	Giese, A., Overath, J.: Wasserstoffnutzung in der Glasindustrie als Möglichkeit zur Reduzierung von CO <sub>2</sub> -Emissionen und des Einsatzes erneuerbarer Gase – Untersuchung der Auswirkungen auf den Glasherstellungsprozess und Analyse der Potenziale in NRW (HyGlass)
	Görner, K.: Power-to-X und Sektorenkopplung
	Görner, K.: P2X-Plattform Herne

Görner, K.: Sektorenkopplung auf Basis der H<sub>2</sub>-Infrastruktur NRW

Görner, K.: P2X-Plattform Herne

Görner, K.: Sektorenkopplung auf Basis der H<sub>2</sub>-Infrastruktur NRW

Görner, K.: Sektorenkopplung Energie-Chemie als Treiber für die Energiewende in NRW

Görner, K.: Virtuelles Institut KWK.NRW

Lange, M., Albus, R.: Das Living Lab des GWI - Plattform für eine intelligente Kommunikation

Leicher, J.: Impact of hydrogen admixture on combustion processes - Part I: Theory

Leicher, J., Giese A., Overath, J.: Hydrogen utilization in the glass industry as a pathway to decarbonization - Investigation of the impact on glass manufacturing and analysis of potentials in NRW

Müller, S.: Ökologische Bewertung von Speichertechnologien

Schaffert, J.: THE THYGA PROJECT - Testing Hydrogen Admixture for Gas applications

Schaffert, J., Cigarida, H., Leukefeld, J.: Power-to-Methane Potential Analysis for Europe

Schaffert, J.; Cigarida, H. et al.: Power-to-Methane Potential Analysis for Europe

Senner, J.: Flexibilität – „Überall-Dezentral-Vielseitig“  
Troedel, M., Hermanns, A., Senner, J., Vennemann, S.: DESIGNETZ develops the blueprint for the power grid of the future

### Abschlussberichte 2019

Benthin, J., Brücken, N., Lucke, N., Wortmann, B., Erler, F., Erler, R., Heinrich, P., Schuhmann, E., Dörr, H.: Smart District 1

Giese, A., Fiehl, M., Islami, B., Rupiotta, N., Klotz, G.: FLENO

Friedel, M., Kondratenko, E., Wohlrab, S., Röder, M., Giese, A.: Biogaseigenkonditionierung mittels OCM als Alternative zu fossilem LPG bei der Einspeisung

von Biogas ins Erdgasnetz (BioEiKon II)

### Abschlussberichte 2020

Benthin, J., Hagemeyer, A., Heyer, A., Huismann, P., Krassowski, J., Settgast, C., Wortmann, B., Görner, K.: IntegraNet - Integrierte Betrachtung von Strom-, Gas- und Wärmesystemen zur modellbasierten Optimierung des Energieausgleichs- und Transportbedarfs innerhalb der deutschen Energienetze

Fette, M., Brandstätter, C., Gils, C., Gardian, H., Pregger, T., Schaffert, J., Tali, E., Brücken, N.: MULTI-SEKTOR-KOPPLUNG Modellbasierte Analyse der Integration erneuerbarer Stromerzeugung durch die Kopplung der Stromversorgung mit dem Wärme, Gas- und Verkehrssektor (MuSeKo)

Giese, A., Nowakowski, T., Schneider, T., Rimpel, E., Martl, M., Bem, T.: Energieeffizienzsteigerung in der Ziegelindustrie durch Entwicklung und Einsatz eines neuen Verbrennungskonzeptes durch Nutzung von interner heißer Kühlluft (ZieVer)

Giese, A., Stadler, F., Islami, B., Leicher, J.: Umsetzung der kombinierten Gas- und Sauerstoff-Vorwärmung zur Effizienzsteigerung und CO<sub>2</sub>-Einsparung an Oxy-Fuel-Glasschmelzwannen

Hart, M., Nießen, S., Heinrich, C., Wetter, C., Brüggling, E., Brücken, N., Müller, S., Senner, J., Görner, K., Greiwe, K., Kramp, M., Domalski, P., Sörgel, R.: EnerPrax - Energiespeicher in der Praxis

Schaffert, J., Cigarida, H., Cuquette, D., Leukefeld, J., Lange, M., Levedag, D., Albus, R., Burmeister, F., Görner, K.: STORE&GO - Deliverable D8.9 - Report on an EU-wide potential analysis of Power-to-Gas locations coupled to local CO<sub>2</sub> and renewable energy sources

Schaffert, J., Heyer, A., Jurchuk, E., Burmeister, F.: De-karbonisierung von Erdgas durch Methan-Pyrolyse

Schaffert, J., Heyer, A., Jurchuk, E., Burmeister, F.: De-carbonisation of natural gas by methane pyrolysis

Frankenhoff, F., Erler, R., Remy, S.: Deutschlandweite, hochauflösende Analyse zum Modal-Switch in Wohngebäuden und Wohnquartieren mittels KWK(K)-Anlagen in den nächsten 20 Jahren (Wohn-KWK-Switch)

### Studentische Arbeiten 2019

Biebl M.: Modell-basierte Parameterstudie zur Ausle-

gung einer kombinierten TCR-Oxy-Fuel-Prozessfeuerung in Thermoprozessanlagen

Coquette, D.: Geografische und technische Betrachtung der Energiespeicherpotentiale Europas durch Power-to-Gas und Methanisierung

Feller, B.-H.: Untersuchung des Direkteinsatzes von Rohbiogas in Thermoprozessanlagen der Metallurgie und Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Einsparungspotentiale

Feltges, O.: Simulationsgestützte Potentioanalyse alternativer Antriebstechnologien und Kraftstoffe zur Emissionsreduktion im Verkehrssektor in Nordrhein-Westfalen bis zum Jahr 2050

Leukefeld, J.: Analyse geografischer Photovoltaikpotentiale in Europa in Verbindung mit Power-to-Gas und Methanisierung (heute und 2050)

Müller, S.: CO<sub>2</sub> Analyse eines Energiespeichersystems für Erneuerbare Energien am Beispiel der Klimakommune Saerbeck

Mund, T.: Experimentelle Untersuchungen zur Dimensionsierung von Batteriespeichern für Haushalte mit Brennstoffzellensystemen

Rahmouni, I.: Exergetische, Energetische und Wirtschaftliche Analyse für den Einsatz von elektrischen Energiespeichern mit Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen im Wohngebäudebestand - Modellierung und Simulation mit Modelica

Van Haaren, A.: Energetische, exergetische und ökonomische Evaluierung der Substitution von bestehenden motorischen KWK-Anlagen mit brennstoffzellenbasierten KWK-Anlagen – Modelica Simulationen

### Studentische Arbeiten 2020

Afanasjew, N.: Power-to-gas Brennstoffe in der Thermoprozesstechnik

Dabboura, G.: Alternative Kraftstoffe für die Binnenschifffahrt in Deutschland – LCA Analyse

Fischer, P.: Auswirkungen von Wasserstoffbeimischungen auf häusliche und kommerzielle Gasanwendungen

Huber, A.: Efficient design of experiments to perform a sensitivity analysis for a grid-driven micro-CHP unit - Modelica simulation

Kannenberg, Y.: Entwicklung und Modellierung einer möglichen Regelung zur Netzdienlichkeit von  $\mu$ -KWK-Anlagen mit elektrischem Speicher im Zusammenschluss zu einem virtuellen Kraftwerk - energetische und ökologische Analyse

Vengayil, A.: Theoretical and experimental investigation of an additive manufactured recuperator burner regarding heat transport processes as well as combustion and pollutant behaviour





*Impressum*

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

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

*T: +49 201 3618-0*

*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: +49 201 3618-0*

*Tätigkeitsbericht 2019/2020 Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.*

*Erscheinungsort: Essen, Deutschland*

*ISSN: 2570-0413 (Print-Version)*

*ISSN: 2628-7269 (Online-Version)*

*Die PDF-Version ist unter [www.gwi-essen.de/institut/taetigkeitsberichte](http://www.gwi-essen.de/institut/taetigkeitsberichte) frei verfügbar*



Gas- und Wärme-  
Institut Essen e.V.



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



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

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