DAS ENERGIE-INSTITUT IN ESSEN

www.gwi-essen.de

Tätigkeitsbericht 2024

Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeiner Überblick 4
Bildungswerk 8
Cluster- und Netzwerkmanagement 10
Prüflaboratorium 15
Marktraumumstellung 17
Brennstoff- und Gerätetechnik 18
Industrie- und Feuerungstechnik 25
Publikationen 40
Impressum 46

Allgemeiner Überblick

Das GWI blickt sehr zufrieden auf das Jahr 2024 zurück, das nicht nur wirtschaftlich zufriedenstellend verlaufen ist, sondern auch thematische und organisatorische Akzente gesetzt hat.

Die Forschungsabteilungen Brennstoff- und Gerätetechnik (BGT) sowie Industrie- und Feuerungstechnik (IFT) konnten die Zukunftsthemen Wasserstoff sowie die Ammoniaknutzung in Industriefeuerungen im Rahmen verschiedenster Forschungsprojekte weiter verstetigen. Dazu wurde unterstützend die entsprechende Versuchsinfrastruktur erweitert, insbesondere durch die Vergrößerung der Ammoniakspeicherkapazitäten sowie den Aufbau eines Wasserstoffspeichers. Der nachhaltige Ausbau des Institutstandorts um zukunftsweisende Versuchsinfrastrukturen ist noch längst nicht abgeschlossen.

Diese Versuchsinfrastrukturen – das LivingLab des GWI – umfassen nun u. a.:

- einen LNG-Speicher mit bis zu 24 Tonnen Fassungsvermögen,
- eine Hybrid-SOFC-Anlage mit einer elektrischen Gesamtleistung von 200 kWel,
- eine digitale Infrastruktur auf Basis von intelligenten Laternen, die über Funk miteinander kommunizieren,
- eine Ammoniak-Speicheranlage mit einer Kapazität von 2 x 500 kg NH_3,
- einen Wasserstoff-Speicher mit einem Fassungsvermögen von ca. 50 m^3,
- eine Photovoltaik-Anlage mit 94 kWp Leistung,
- Lademöglichkeiten für die Elektromobilität

Zusätzliche Erweiterungen sind im Rahmen bewilligter Forschungsprojekte in Vorbereitung, z. B. die Beschaffung eines BHKW, das nach Umrüstung perspektivisch mit 100 % Wasserstoff betrieben werden kann und die Integration einer Redox-Flow-Batterie.

Ein Highlight im Jahr 2024 war die Verleihung des Innovation2Business-Preises des Landes NRW, der gemeinsam an den GWI-Mitarbeiter Marcel Biebl und an den Geschäftsführer der Kueppers Solutions, Jens te Kaat, verliehen wurde. Diese hohe Auszeichnung wurde für die Entwicklung eines Rekuperatorbrenners, der im Rahmen des gemeinsamen Forschungsprojekts „AdReku – Entwicklung eines additiv gefertigten rekuperativen Brennersystems zur Effizienzsteigerung und Schadstoffreduzierung“ entwickelt wurde.

Abbildung 1: Mitgliedsunternehmen des GWI

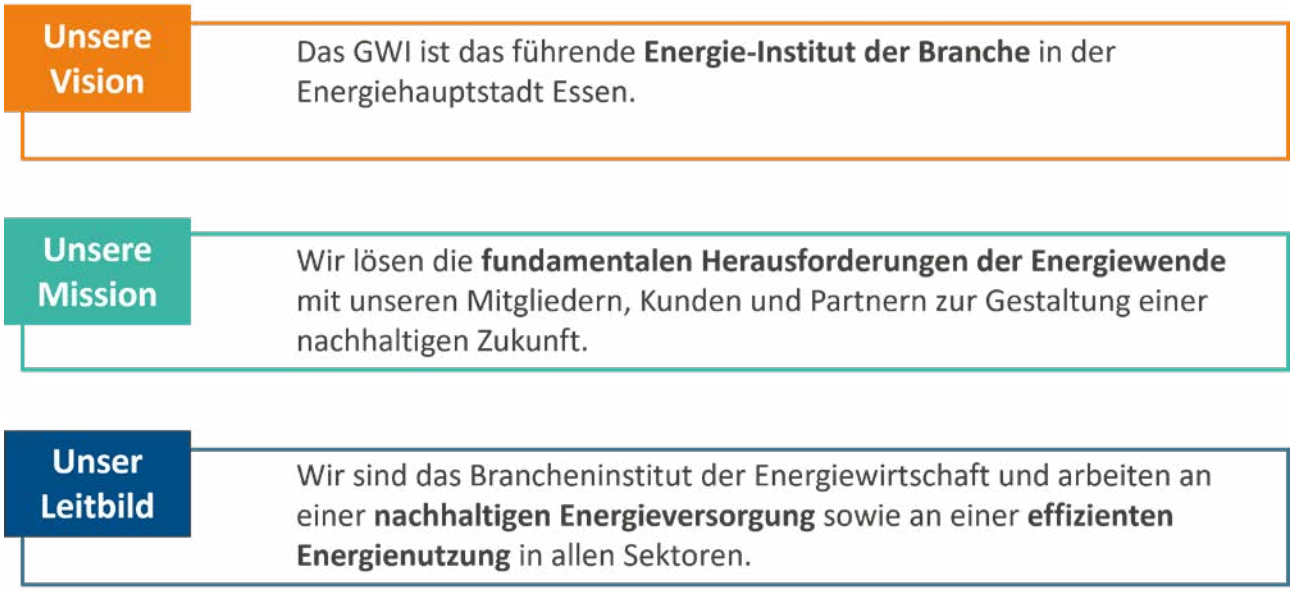

Abbildung 2: Strategie GWI 2030

Bei der Beantragung von Forschungsprojekten und Infrastrukturförderungen konnte das GWI auf bewährte Prozesse und Strukturen in den Forschungsabteilungen zurückgreifen, u. a. die permanente Sichtung von Förderprogrammen, die durch die zentrale Funktion des F&E-Koordinators gesteuert werden.

Die Industrielle Gemeinschaftsforschung IGF, ein Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz wird seit dem 1. Januar 2024 über den neuen Projektträger DLR administriert, welcher schon für zahlreiche andere Bundesprogramme die Projektträgerschaft übernommen hat. Trotz der kurzen Übergangsphase der Projektträgerschaft von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) auf die DLR wurden durch das GWI diverse Forschungsanträge eingereicht.

Der DVGW führt sein erfolgreiches Innovationsprogramm Wasserstoff über fünf weitere Jahre fort. Mit diesem Innovationsprogramm Wasserstoff baut der DVGW seine vielseitigen Aktivitäten und Kompetenzen rund um Wasserstoff systematisch weiter aus. Ziel ist es, das Regelwerk anzupassen, die H_2-Forschung zu stärken, die berufliche Bildung zu erweitern und Kooperationen zu vertiefen. Das GWI ist hier mit seinen Partnerinstituten DBI und EBI in diversen Forschungsprojekten eingebunden, in 12 Themenclustern werden die dazu gehörigen Fragestellungen bearbeitet. Die Forschungsabteilung BGT ist in allen Themenclustern involviert und die IFT übernimmt den Vorsitz in den neuen Clustern „Klimaneutrale Industrie“ und „CO_2-Management“.

Das GWI ist traditionell seinen Mitgliedsunternehmen verpflichtet, die aus den verschiedensten Bereichen der Energiebranche stammen, s. Abbildung 1. In vielen Forschungs- und anwendungsnahen Projekten sind die Mitgliedunternehmen des GWI eingebunden, hier bekommt das Forschungsnetzwerk des GWI eine besondere Bedeutung bei der Transferleistung von Grundlagenwissen in die industrielle Praxis.
Das GWI versteht sich immer mehr als Energie-Institut, das durch seinen breit aufgestellten Forschungsansatz ein weit gefasstes Spektrum von der Energiewandlung, über den Transport bis hin zur Anwendung abdeckt. Dieses Verständnis ist auch den Elementen der Strategie GWI 2030 Vision – Mission – Leitbild verankert, s. Abbildung 2.

Der Neubau des Gas- und Wärme-Instituts (GWI) wurde gezielt darauf ausgerichtet, den praxisnahen Seminaren des GWI-Bildungswerks optimale Bedingungen zu bieten. Dazu zählen modern ausgestattete, ansprechend gestaltete Räumlichkeiten sowie eine leistungsfähige und zeitgemäße Tagungstechnik. Durch die direkte Anbindung der Praxisschu-

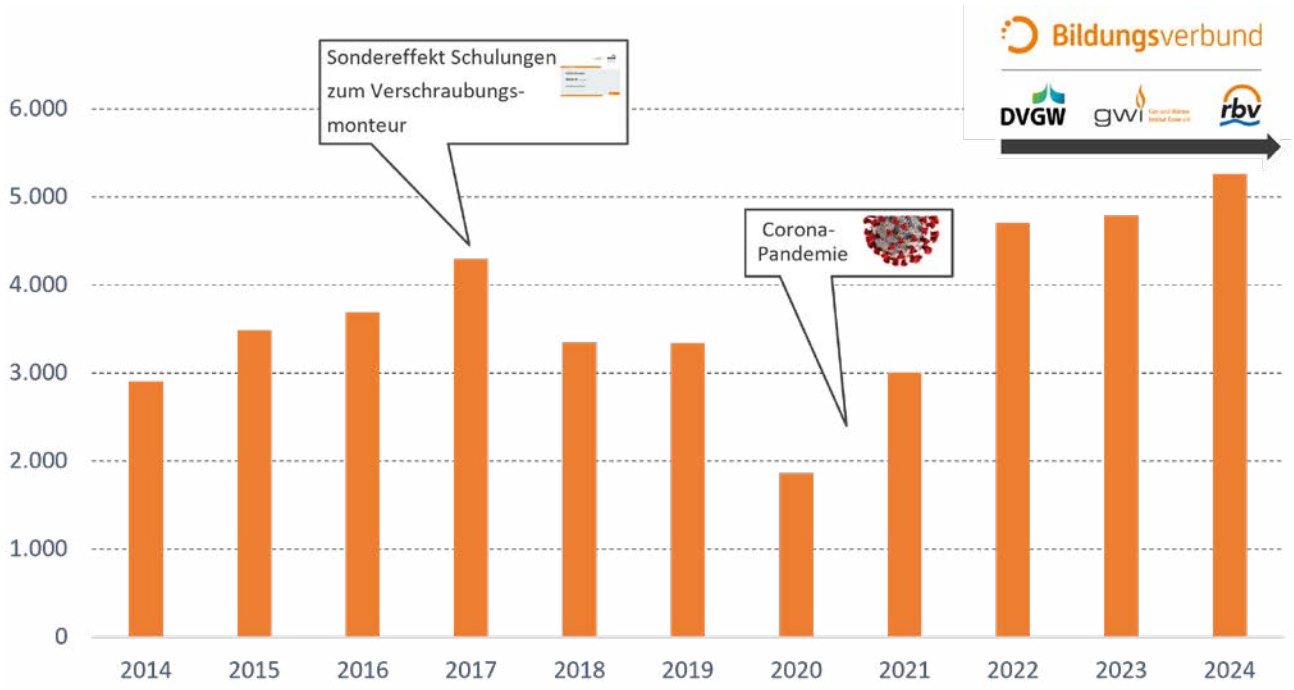

Abbildung 3: Entwicklung der Teilnehmerzahlen des GWI-Bildungswerks, Quelle: GWI, 2025

lungsanlagen werden zudem kurze Wege zwischen Theorie und Praxis ermöglicht, was einen besonders effizienten und praxisorientierten Ablauf der Schulungen gewährleistet.

Diese zukunftsweisende Investition bildet die Grundlage für den anhaltenden Erfolg der Bildungsangebote. Mit der Einführung des Bildungsverbunds mit dem DVGW e.V. und dem rbv e.V. im Jahr 2022, der auf die Sicherung hoher Qualitätsstandards in der beruflichen Bildung abzielt, konnten die Teilnehmerzahlen auf Basis dieser optimalen Infrastruktur deutlich gesteigert werden (s. Abbildung 3).

Die bewährte Organisationsstruktur des GWI mit den Forschungsabteilungen Brennstoff- und Gerätetechnik und Industrie- und Feuerungstechnik sowie dem Bildungswerk, Prüflabor und der Marktraumumstellung ist in Abbildung 4 darge-

1) Geschäftsführer der Stadtwerke Gütersloh GmbH
2) Nebenamtlich bestellt; Hauptamt: Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik und Energiesysteme der Universität Duisburg-Essen
3) Kommissarisch

Abbildung 4: Organisationsstruktur des GWI (Stand 12/2024)

in T€	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024[1)]	2025[2)]
Erträge	4.834	4.857	4.128	6.110	7.921	6.579	7.164	8.505	10.568	11.504	13.504	15.184	16.597	16.175	13.877	13.654

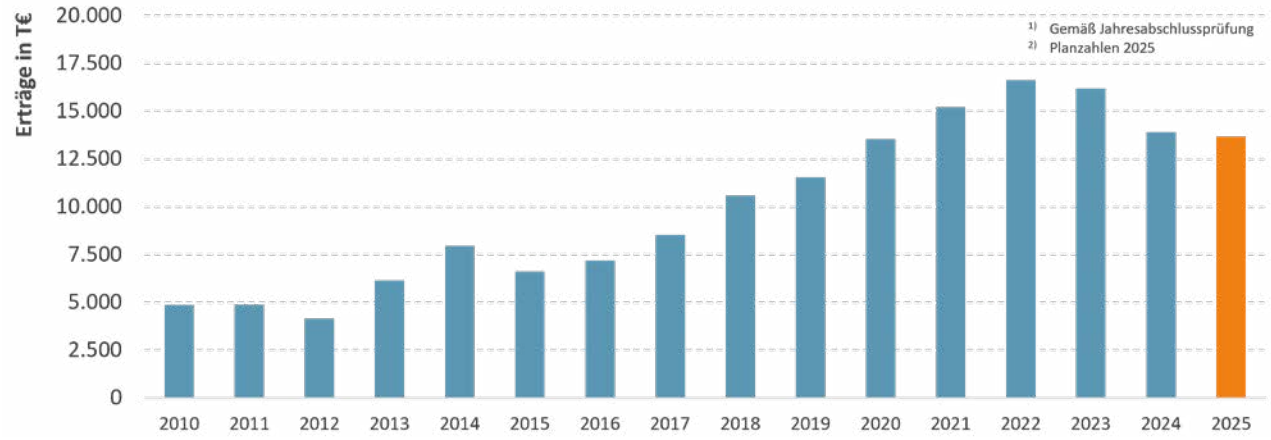

Abbildung 5: Wirtschaftliche Entwicklung seit 2010, 2025 Planzahlen

stellt. Den operativen Abteilungen stehen die Unterstützungsfunktionen GWI-Services, F&E-Koordination und Geschäftsfeldentwicklung sowie das Cluster- und Netzwerkmanagement zur Seite.

Im Jahr 2024 konnte das GWI Erträge in Höhe von 13.877 T€ erwirtschaften. Mit Abschluss des Großprojekts zur Marktraumumstellung (MRU) in Koblenz zum Jahresende 2023 wurden in der Abteilung MRU 2024 planmäßig entsprechend niedrigere Erträge erwirtschaftet. Die Planungen für das Jahr 2025 gehen von einer ähnlichen Ertragssituation wie 2024 aus. Die Ertragsentwicklung des GWI seit dem Jahr 2010 ist in Abbildung 5 dargestellt.

Das GWI zählte zum 31.12.2024 insgesamt 85 festangestellte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, 19 Studierende und eine Aushilfe. Die Personalkapazitäten in der Abteilung MRU des GWI wurden mit Auslaufen des MRU-Großprojekts in Koblenz entsprechend angepasst, die Personalentwicklung in den Bereichen Forschung, Prüfung und Weiterbildung ist stabil, s. Abbildung 6.

Für die Zukunft sieht sich das GWI weiterhin sehr gut aufgestellt. Der nachhaltige Ausbau der Versuchsinfrastruktur spielt dabei eine große Rolle, um den Gedanken des LivingLabs der Energiewende weiterzuführen, aber auch um das Know-how des Instituts weiter zu vergrößern und weiter attraktiv für Mitarbeitende und qualifizierte Fachkräfte zu sein.

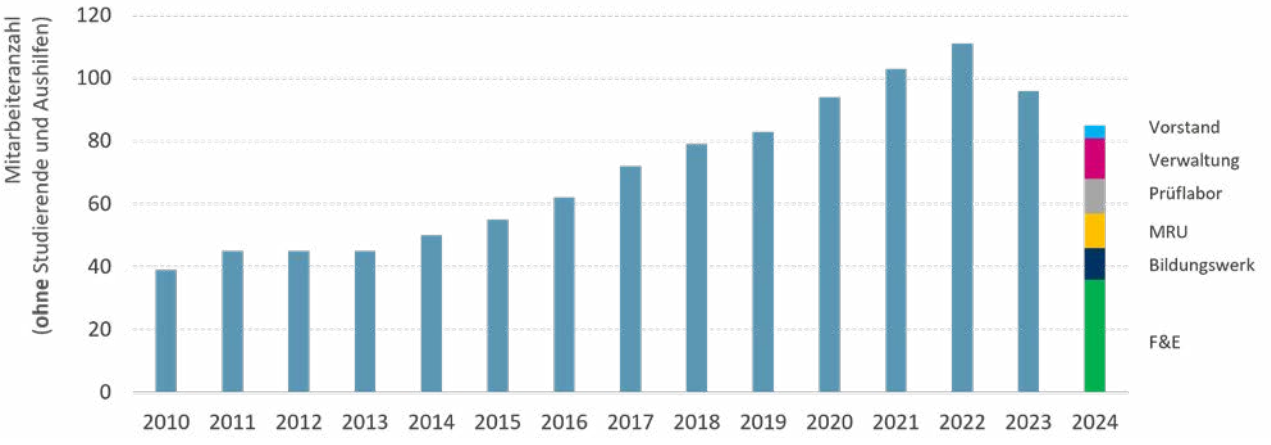

Abbildung 6: Personalentwicklung seit 2010

Bildungswerk

2024 setzte sich die positive wirtschaftliche Entwicklung des Bildungswerks fort. Die Mischung aus neuen, aktuellen und „klassischen“ Seminarthemen, die Referenten aus der Mitte unserer Zielgruppe, die vielen praktischen Demonstrationen und Übungsmöglichkeiten, aber auch die persönliche Betreuung und Atmosphäre überzeugten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Sie bildeten die Grundlage für die abermalige Steigerung der Anzahl der Teilnehmenden und des Ergebnisses.

Der in der Energiebranche deutlich spürbare Generationswechsel sowie das Wissen, dass die vorhandene Gas-Infrastruktur trotz Energiewende weiterhin benötigt wird, haben dazu beigetragen, dass unsere praxisnahen Schulungen erfolgreich angenommen wurden. Dadurch erkennen unsere Kunden die Notwendigkeit, Personal für Betrieb und Instandhaltung gezielt aus- und weiterzubilden.

Abbildung 7: Übungssituation an der Baggerschaden-demonstrationsanlage

Thematisch zeigte zum einen der neue, modulare Aufbau der Sachkundigen-Schulungen im DVGW-Regelwerk einen positiven Effekt auf die Zahlen der Teilnehmenden. Die Qualifikationsanforderungen für Fachkräfte, die in der Gasabrechnung sowie beim Aufbau, Betrieb, bei der In- und Außerbetriebnahme und der Instandhaltung von Gasleitungen und -anlagen tätig sind, wurden in den DVGW-Arbeitsblättern G 102-1 bis G 102-13 neu geordnet und klarer strukturiert.

Ebenfalls positiv entwickelten sich die Teilnehmendenzahlen der Seminare zur Verbesserung der Sicherheit bei Arbeiten im Bereich von Netzanlagen. Steigende Aktivitäten beim Ausbau der Kommunikations-Infrastruktur aber auch die wachsende Zahl an dadurch verursachten Schäden haben den Schulungsbedarf erhöht. Das Bildungswerk ist langjähriger Bildungspartner der koordinierenden Initiative BALSibau und bietet Praxisschulungen mit 5 Jahren Gültigkeit an. Im September 2024 wurde unsere Baggerschadendemonstrationsanlage erfolgreich von den Mitarbeiterinnen des DVGW reauditiert und ist auch weiterhin eine für die Schulung zur GW 129 zertifizierte DVGW-Schulungsstätte.

Folgende Veranstaltungen wurden 2024 neu ins Programm aufgenommen: Die „Fachkunde zur Überprüfung der innenliegenden Teile des Netzanschlusses und Prüfung der häuslichen Gasdruckregelung“ sowie „Fachkunde – Sanierung von Netzanschlüssen Gas und Wasser“. Sie richten sich an das Personal von Netzbetreibern, die diese Aufgaben zu bearbeiten oder auch zu beaufsichtigen haben. Die neue EU-Methanemissionsverordnung war Gegenstand des erfolgreich gestarteten Seminars „Effektive Umsetzung der EU-Methanemissionsverordnung“. In Vorträgen und in anregenden Diskussionen wurden praxisnahe Umsetzungsstrategien der Verordnung thematisiert.

Der Ausbau von Kooperationen und strategischen Partnerschaften bildet eine wichtige Säule, um neue Themen und Zielgruppen zu besetzen, aber auch um ein abgestimmtes, übergreifendes Portfolio für unsere Kunden anbieten zu können.

Der Bildungsverbund zwischen DVGW, GWI und rbv ist aufgrund der regelmäßigen aktiven Kooperation weiter zusammengewachsen. Die Partner unterstützen und ergänzen sich in der Fach- und Gremienarbeit, der Regelwerkssetzung, mit Forschungsbeiträgen und in der fachlichen Abstimmung und können so ihren Mitgliedern und Kunden zielgruppengerechte Bildungsangebote anbieten.

Bildungsverbund

DVGW gwi rbv

Die Kooperation mit dem DVGW zeigte sich darüber hinaus auch in gemeinsamen Aktivitäten wie bspw. der Durchführung der Zertifikatsschulungen zur Gasrohrnetzüberprüfung, des DVGW Vorarbeiter-Praxistags, des DVGW-Praxistages Gasdruckregelung sowie für die angehenden Netzmeister in den Räumen des GWI.

In der noch jungen Kooperation mit der Open Grid Europe (OGE) und dem DVGW zur „Qualifizierung H_2-Betriebspersonal der Netzbetreiber“ wurden die modularen Schulungskonzepte verabschiedet und letzte organisatorische Aufgaben ausgeführt. Der Beginn der Grundlagenveranstaltungen ist für Anfang 2025 vorgesehen. Die ersten Praxis-Schulungen auf der H_2-Trainingsstrecke der OGE sind für das vierte Quartal 2025 geplant.

Personell konnte das Bildungswerk die dringend benötigte Unterstützung finden und im Service eine Mitarbeiterin und einen Mitarbeiter einstellen sowie einen neuen Mitarbeiter als Referent begrüßen.

Mit unserem praxisorientierten Konzept für Seminare und Weiterbildungen, der engen Zusammenarbeit mit unseren externen Partnern, unserer aktiven Beteiligung an den aktuellen Diskussionen der Branche und natürlich mit unserem engagierten Bildungswerk-Team werden wir auch weiterhin erfolgreiche Weiterbildungen anbieten.

Abbildung 8: H_2-Trainingsstrecke für das Seminar „Qualifizierung H_2-Betriebspersonal der Netzbetreiber“

Cluster- und Netzwerkmanagement

Highlights 2024

Rhein Ruhr Power Top Thema

Auf Einladung von Rhein Ruhr Power e.V. (RRP) informierte Dr. Rolf Albus am 22. Januar 2024 über den Status und die Möglichkeiten, wie die 65 % Enerneuerbare Energien (EE)-Vorgabe im Gebäudeenergiegesetz (GEG) erfüllt werden kann. Das Interesse an dem Thema war groß, dennoch gibt es viele Fragen zu dem komplexen Gesetz – insbesondere was die Umsetzbarkeit und Finanzierbarkeit der Maßnahmen betrifft. Auch eine Abstimmung mit der kommunalen Wärmeplanung ist dringend geboten. Denn ist diese von der Kommune einmal beschlossen, greift das GEG. Dazu und zu anderen Fragen des GEG gibt es noch großen Informationsbedarf, nicht nur für Kommunen, Versorger, Netzbetreiber, Handwerker und die Endkunden. Das GWI wird daher gemeinsam mit dem RRP weitere Informationsveranstaltungen zu diesem Thema anbieten.

Besuch aus Japan

Eine Delegation mit hochrangigen Vertretern europäischer Tochtergesellschaften japanischer Unternehmen besuchte am 25. Januar 2024 das GWI, um sich über die Wasserstoffaktivitäten im Ruhrgebiet zu informieren. Prof. Dr. Christoph Wieland, GWI, und Dr. Dirk Schettler von der Iqony GmbH berichteten über aktuelle Wasserstoff-Projekte aus Transport, Versorgung und Industrieanwendungen. Die Teilnehmenden waren vor allem von den Versuchseinrichtungen und dem Schulungsangebot des GWI beeindruckt. Organisiert wurde der Besuch von der Japan External Trade Organization (JETRO) mit Unterstützung durch die Essener Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH (EWG).

Abbildung 9: Besuch aus Japan

HyMR F&E-Treff

Forschende und Entwickelnde aus Wissenschaft und Wirtschaft trafen sich am 29. Januar 2024 zum HyMR F&E-Treff – eine neue H_2-Plattform, die von der Hydrogen Metropole Ruhr (HyMR) und dem GWI ins Leben gerufen wurde. Das Format knüpft an die Expertengruppen der früheren Energie-Agentur.NRW an, die den regelmäßigen Austausch für Forschung und Entwicklung organisierte und an dem das GWI sich engagierte. Der HyMR F&E-Treff bietet Interessierten eine Plattform, um sich über laufende H_2-Projekte zu informieren und austauschen, Ideen zu entwickeln und Projekte zu initiieren. Eröffnet wurde die Auftaktveranstaltung, die am GWI stattfand, von Jörg Kemna von der Business Metropole Ruhr GmbH / HyMR und von Prof. Dr. Klaus Görner vom GWI. Im Mittelpunkt stand die technische Wasserstoffbereitstellung. Vorgestellt wurden Projekte des ZBT und von Fraunhofer Umsicht. Die Firma Neuman & Esser präsentierte ihre Aktivitäten zum Thema Wasserstoff. Moderiert wurde der „Treff“ von Janina Senner vom GWI.

Abbildung 10: Teilnehmende des HyMR F&E-Treffs

Beiratssitzung des h_2-netzwerks-ruhr

Um das Thema Wasserstoff ging es auch in der Beiratssitzung des h_2-netzwerks-ruhr, die am 2. Mai in den Räumlichkeiten des GWI stattfand. Gastredner war Jorgo Chatzimarkakis, CEO der Hydrogen Europe, der leidenschaftlich über die Wasserstoff-Diskussion in Europa berichtete. Die Sitzung stand ganz im Zeichen der Verabschiedung von Bernd Emonts, der viele Jahre „das Gesicht“ des h_2-netzwerks-ruhr war.

E-world

Das GWI präsentierte sich im Rahmen der E-world (20. – 22. Februar 2024) wieder auf dem Gemeinschaftsstand des Wirtschaftsministeriums des Landes NRW. Gezeigt wurde das breite Portfolio an Zukunftsthemen, wie z. B. die integrative Wärmeplanung, der Einsatz von Wasserstoff und Ammoniak in Industrie und Versorgung, KWK und Sektorenkopplungstechnologien u. v. m. Die Besucherfrequenz war sehr hoch und aufgrund der großen Anzahl an Fachgesprächen kann der GWI-Auftritt wieder als voller Erfolg gesehen werden.

Abbildung 11: Messestand auf der E-world

Energiewende Industrie

Zum diesjährigen Schwerpunktthema „CO_2-neutrale Energieversorgung“, die das GWI am 16. April bereits zum vierten Mal durchführte, kamen rund 80 Teilnehmende aus verschiedenen Branchen, um sich über Maßnahmen zur Dekarbonisierung zu informieren. Drei Wege können dabei beschritten werden:

1. Vermeidung von CO_2-Emissionen, z. B. mit Energieeffizienzmaßnahmen,
2. Umstellung der Industrieprozesse auf Strom und / oder grüne Gase und
3. Abtrennung, Weiterverwendung und / oder Speicherung von nicht vermeidbarem CO_2.

Resümee der Teilnehmenden: Es wäre schön, wenn es eine „Checkliste“ für CO_2-Reduktionsmaßnahmen für Industrieunternehmen gäbe, die universell anwendbar wäre. Aber in der Realität sind die möglichen Maßnahmen zur Klimaneutralität so unterschiedlich wie die Unternehmen und die Prozesse selbst. Bei der lebendigen und sehr konstruktiven Diskussion der vorgestellten Themen entwickelte sich daher ein reger Austausch zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, der nach Meinung der Teilnehmenden im nächsten Jahr unbedingt weitergeführt werden sollte.

World Hydrogen 2024 Summit & Exhibition

Vom 13. bis 15. Mai 2024 kamen auf der weltweit größten Veranstaltung zum Thema Wasserstoff Messe Vertreterinnen und Vertreter aus den Bereichen Politik, Wirtschaft, Infrastruktur und Wissenschaft in Rotterdam zusammen, um die neuesten Fortschritte und wegweisende Wasserstoffprojekte vorzustellen und gemeinsam an der Beschleunigung des Ausbaus der internationalen Wasserstoffwirtschaft zusammenzuwirken. Das GWI war Teil des Gemeinschaftsstands des DuisPort, der die Wasserstoffkompetenz der Rhein-Ruhr-Region präsentierte. Zentrale Botschaft des Messeauftritts ist die Gestaltung der Energielieferkette der Zukunft mit der Plattform Hafen als zentralem Energie-Hub.

Essener Wasserstoff-Beirat

Unter dem Vorsitz von Oberbürgermeister Thomas Kufen trafen sich am 14. Mai 2024 Essener Unternehmen und Institutionen aus der Wasserstoffwirtschaft, um über die Zukunft der H_2-Wirtschaft in unserer Stadt zu diskutieren. Die thematischen Schwerpunkte der 7. Sitzung des H_2-Beirates der Stadt Essen waren die Entwicklung des H_2-Marktes, H_2-Großprojekte und Infrastruktur, mit dem Ziel, Essen als führenden Standort für innovative Technologien zu etablieren.

Abbildung 12: Teilnehmende der "Energiewende Industrie"

Woche der Umwelt

Das absolute Highlight in diesem Jahr war die Teilnahme des GWI an der Woche der Umwelt 2024 in Berlin am 4. / 5. Juni im Garten des Schloss Bellevue. Das GWI war einer von rund 190 Ausstellenden aus Wirtschaft und Technik, Forschung und Wissenschaft sowie aus der Zivilgesellschaft, die in der zweitägigen Innovationsschau ihre zukunftsweisenden Lösungen für eine verantwortungsvolle

Abbildung 13: Woche der Umwelt im Schloss Bellevue

Gestaltung des Wandels zeigten. Zusammen mit den Partnern Bundesverband Glasindustrie (BV Glas), Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie, Saint Gobain Glass Deutschland, Saint Gobain RESEARCH GERMANY und der SCHOTT AG stellte das GWI seine verschiedenen Aktivitäten zum Thema „Glas und Wasserstoff – alter Werkstoff mit neuer Energie“ vor. Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier würdigte die Aussteller und ihre innovativen Projekte.

CDU-Mitglieder besuchen das GWI

Der Essener CDU-Ortsverband Bergeborbeck – Bochold besuchte im Rahmen seiner Sommeraktionen am 18. Juli 2024 das GWI. Professor Christoph Wieland informierte über wichtige Zukunftsthemen, wie Wasserstoff und die kommunale Wärmeplanung, und ermöglichte den Gästen im Rahmen des anschließenden Rundgangs interessante Einblicke in die verschiedenen Arbeitsbereiche des GWI. „Viele wissen leider gar nicht, dass wir so ein spannendes Institut in unserer Nachbarschaft haben“, bedankte sich Torben Münning, Vorsitzender CDU Bergeborbeck – Bochold, Ratsherr der Stadt und Leiter der Delegation der CDU in Essen, für die Gastfreundschaft des GWI und versprach, über den sehr interessanten Nachmittag in der Fraktion zu berichten.

Abbildung 14: Besuch des Essener CDU-Ortsverbandes Bergeborbeck-Bocholt

KWK – Baustein einer integrierten Energieversorgung

Am 29. August 2024 lud RRP mit den Kooperationspartnern GWI und dem Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung (B.KWK) zum Fachforum nach Essen ein. Gekommen sind Energieversorger, Stadtwerke und Kommunen, aber auch Industrie und Gewerbe sowie Einrichtungen, z. B. aus Wohnungswirtschaft und Gesundheitswesen. Die IFT beteiligte sich mit einem Übersichtsvortrag über den Einsatz alternativer Brennstoffe. Gastrednerin Wibke Brems, MDL und Fraktionsvorsitzende der GRÜNEN im Landtag NRW, erläuterte, dass man sich in NRW schon lange darüber im Klaren sei, dass die KWK als effiziente und flexible Technologie einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten kann – im Strom- wie auch im Wärmesektor. Das Statement der GRÜNEN-Politikerin nährte bei den Teilnehmenden die Hoffnung, dass dieser Impuls auch das „politische Berlin“ erreicht.

vgbe Congress

Der diesjährige vgbe Congress, 11. / 12. September 2024 in Potsdam war für den jetzigen und den ehemaligen wissenschaftlichen Vorstand des GWI ein bedeutender – Prof. Christoph Wieland wurde in den Wissenschaftlichen Beirat des vgbe energy e.V. berufen. Der wissenschaftliche Beirat unterstützt Vorstand und Geschäftsführung des vgbe in allen Fragen, die Forschung, Entwicklung und Ausbildung im Bereich der Energietechnik betreffen. Prof. Wieland nimmt damit den freiwerdenden Platz von Prof. Görner ein. Prof. Klaus Görner wurde mit der goldenen Ehrennadel für sein über 25jähriges Engagement in verschiedenen Gremien des vgbe energy e.V. ausgezeichnet. Mit seinem Vortrag Grüne Zukunft für Bestandskraftwerke, den er im Namen des GWI, des Rhein Ruhr Power e.V. und der Universität Duisburg-Essen hielt, gab er u. a. einen fundierten Einblick in die besonderen Herausforderungen eines möglichen Brennstoff-Switchs hin zu Wasserstoff und seinen Derivaten.

Abbildung 15: vgbe Congress in Potsdam (Quelle: vgbe)

Hy.Summit.Rhein.Ruhr

Thematischer Höhepunkt des dritten Quartals war der Hy.Summit.Rhein.Ruhr: Vom 16. – 18. September 2024 drehte sich im Ruhrgebiet alles um das Thema Wasserstoff. Die Veranstaltung war DER Treffpunkt für Industrie, Politik und Wissenschaft. Der Wissenschaftstag am 18. September, den das GWI inhaltlich verantwortete, fand an der Universität Duisburg-Essen statt. Neben Wasserstoff war hier auch CO_2-Speicherung und -Nutzung im Plenum und im Rahmen von sieben Round Tables ein viel diskutiertes Thema. Dr. Anne Giese hielt einen Vortrag über den Einsatz von Wasserstoff für die Bereitstellung von Hochtemperatur-Prozesswärme und nahm auch an einer Panel-Diskussion teil. Im Anschluss an das hochinteressante Programm und als Abschluss des Hy.Summits lud das GWI zum Grillfest ein. In lockerer Atmosphäre haben ca. 50 Gäste die Themen des Tages weiter diskutiert und ihre Kontakte intensiviert. Im Rahmen eines Rundgangs präsentierte das GWI zudem verschiedene Projekte rund um das Thema Wasserstoff – vom Transport bis hin zur Endanwendung.

Abbildung 16: Dr. Anne Giese

DVGW Kongress

Auch in diesem Jahr nahm das GWI am DVGW Kongress, der am 17. / 18. September in Berlin stattfand, teil. Die „GWI-Delegation“ besuchte das informative Kongressprogramm und nutzte das Angebot des DVGW zum ausgiebigen Networking.

NRW-Innovationspreis für Marcel Biebl

Für den GWI Mitarbeiter Marcel Biebl und für Jens te Kaat von Kueppers Solutions war die Verleihung des "Innovation2Buisness Preises NRW" (30. September 2024) eine besondere Ehre und Lohn für herausragende Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Ausgezeichnet wurde die Entwicklung des Rekuperatorbrenners IRecu®, der im Rahmen des gemeinsamen Projektes „AdReku“ (Entwicklung eines additiv gefertigten rekuperativen Brennersystems zur Effizienzsteigerung und Schadstoffreduzierung) hergestellt wurde.

Abbildung 17: Preisverleihung NRW-Innovationspreis

56. Kraftwerkstechnischen Kolloquium (KWTK)

Das GWI schaut positiv auf das 56. Kraftwerkstechnischen Kolloquium, das am 8. / 9. Oktober 2024 stattfand, zurück. Im Rahmen der Plenarveranstaltung erhielt Marcel Biebl den renommierten Boie-Preis für den besten Vortrag eines Nachwuchswissenschaftlers. Er referierte über experimentelle Untersuchungen zur Verbrennung von Ammoniak. Der Vortrag von Dr. Rolf Albus zum Thema „Klimaneutrale Wärmeversorgung als integraler Bestandteil der Energiewende“ interessierte ca. 80 Teilnehmende und rundete den erfolgreichen Auftritt des GWI in Dresden ab.

glasstec

Auf der glasstec, der weltweit größten Messe der internationalen Glasindustrie, die vom 22. – 25. Oktober 2024 in Düsseldorf stattfand, war das GWI mit anderen Forschungseinrichtungen auf einem Gemeinschaftsstand der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V. (HVG) präsent. Die Abteilung IFT stellte dort ihre einschlägigen Forschungsprojekte aus dem Bereich der energieintensiven Grundstoffindustrien vor. Themenschwerpunkte waren hier alternative Brennstoffe wie Wasserstoff und Ammoniak, aber auch das Thema der Elektrifizierung von Hochtemperatur-Prozesswärme wurde intensiv mit den Messebesuchern diskutiert.

Ammoniak – von der Erzeugung bis zur Anwendung: Es gibt noch viel zu tun!

Der Workshop „Ammoniak – mehr als ein Molekül“, der am 30. Oktober 2024 zum zweiten Mal vom Gas- und Wärme-Institut durchgeführt wurde, stieß auf viel positive Resonanz. Das Thema Ammoniak hat sich zu einem Schlüsselthema für die Dekarbonisierung der Industrie aber auch im Strom-, Wärme- und Transportbereich entwickelt. Der Workshop machte deutlich, dass es entlang der gesamten Wertschöpfungskette noch viel zu tun gibt. Die Teilnehmenden des Workshops aus Wirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und Behörden waren sich einig, dass die Forschung noch weiter intensiviert, aber auch die regulatorischen Rahmenbedingungen und eine funktionierende Infrastruktur angepasst werden müssen, damit der Einsatz von Ammoniak ein Erfolgsmodell werden kann.

Abbildung 18: Die Teilnehmenden des Ammoniak Workshops

2. HyMR F&E-Treff

Im Rahmen des 2. HyMR F&E-Treffs, dem gemeinsamen Format des GWI mit der Hydrogen Metropole Ruhr (HyMR), standen Herausforderungen und Lösungen der Wasserstoff-Infrastruktur. Spannende Vorträge gaben Einblicke in den aktuellen Aufbau der Infrastruktur: von Häfen und Terminals über das H_2-Netz bis hin zu Tankstellen. Gastgeber der Veranstaltung am 4. November 2024 in Duisburg war startport, eine Innovationsplattform rund um die Themen Logistik und Supply Chain.

HEATEXPO

Die Entscheidung des GWI, sich auch im Rahmen der 2. Ausgabe der Messe, die vom 26. – 28. November 2024 in Dortmund stattfand, zu präsentieren, hat sich gelohnt: Auf dem GWI-Stand konnten sich die Besucher über die Angebote des GWI informieren und mit den GWI-Fachleuten über aktuelle Themen der Wärmewende diskutieren. Ein Highlight des GWI-Auftritts: Im Rahmen des „Kommunalen Campus“ – einer Vortragsplattform im Zentrum der Messe – referierte Jörn Benthin über die Bedeutsamkeit realer Bedarfsdaten in der kommunalen Wärmeplanung.

Prüflaboratorium

Das Prüflaboratorium des GWI hat im Jahr 2024 ein Auftragsportfolio mit verschiedenen Energieträgern bearbeiten können. Dazu zählen, wie im Vorjahr, Wasserstoff sowie Dimethylether und Erdgas. Anlagen zum Test bzw. zur Prüfung von Gasströmungswächtern wurden modernisiert, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden – gleiches gilt für Zeitstandsbäder. Die Anlagen zur Leckage-Raten-Bestimmung wurden weiter nachgefragt. Die alte Gasmischanlage wurde zurückgebaut und bereits letztes Jahr ersetzt. Insgesamt verfügt das GWI heute über drei Anlagen zur Mischung, mehrere Gaschromatografen und korrelative Messtechnik zur Bestimmung von Zusammensetzungen und Kennwerten.

Zu Fragen der Marktraumumstellung und des Anpasshandbuches sowie zu allen Fragestellungen rund um die Gasgerätetechnik für Netzbetreiber und auch für das GWI-Projektmanagement ist das Prüflaboratorium beratend tätig. Ferner sind die Kollegen bei diversen Normungsprojekten gefragt.

Ein weiteres Angebot – wie auch schon in der Vergangenheit – liegt in der Kapazitätsunterstützung von Herstellern in Form von entwicklungsbegleitenden Prüfungen.

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 Wärmeerzeugern sowie diverse Bauprodukte im Bereich der Abgastechnik insbesondere auch vor dem Themenfeld „Wasserstoff“.

Im Rahmen der betrieblichen Forschung Gas des DVGW arbeitet das Prüflaboratorium bei DVGW-Forschungsvorhaben mit:

Sanierungsmöglichkeiten

Untersuchung von Sanierungsmöglichkeiten bei der Mehrfachbelegung mit dem Austausch von B11 Heizwertgeräten durch B5 Brennwertgeräte unter Nutzung eines bestehenden Schornsteins als Verlegeschacht der Abgasleitung.

H_2-Umstellung für Gasverteilnetze

Im Rahmen des Projektes „H_2Umstell“ (G 201312) – H_2-Umstellmanagement für Gasverteilnetze wird untersucht, wie ein standardisiertes Konzept zur Umstellung eines Netzgebiets, inkl. der angeschlossenen Kunden, auf Wasserstoff aussehen kann. Ziel ist es, eine detaillierte Beschreibung der relevanten Phasen des Umstellprozesses auf 100 % Wasserstoff in den Bereichen Gasverteilnetze, Hausinstallation und Gasanwendung zu erarbeiten. Am GWI wird hierfür eine Wasserstoff-Versuchsinfrastruktur aufgebaut, die eine Wärmeversorgung des GWI-Demonstrationshauses mittels H_2-Brennwertgeräten vorsieht. Die praktische Durchführung des Umstellprozesses am GWI ermöglicht einen direkten Erkenntnisgewinn und eine fundierte Analyse des Umstellprozesses.

Zulässige Strömungsgeschwindigkeiten von Wasserstoff in Gasdruckregelanlagen

Im Rahmen des Projekts „HySpeed“ (G 202330) – Zulässige Strömungsgeschwindigkeiten von Wasserstoff in Gasdruckregelanlagen – wird ein umfassender Überblick über Grenz- und Anhaltswerte für Strömungsgeschwindigkeiten von Erdgas und Wasserstoff erstellt. Darüber hinaus erfolgen Untersuchungen zu maximalen Strömungsgeschwindigkeiten von Wasserstoff in Gasdruckregelanlagen mit dem Ziel, einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten. Die folgenden Fragen sollen beantwortet werden:

- Welche Strömungsgeschwindigkeiten können im Verlauf der Zeit auftreten?
- Welche technischen insbesondere auch sicherheitstechnischen Auswirkungen hat die Steigerung der Transportgeschwindigkeit auf die verschiedenen Komponenten der Gasversorgung?
- Welche Einflüsse haben die, mit hohen Transportgeschwindigkeiten verknüpften, akustischen Effekte (Vibrationen, Pulsationen, Schallemissionen)?
- Was sind sinnvolle Grenzwerte für die Strömungsgeschwindigkeit von Wasserstoff?
- Welche Auswirkungen haben die Ergebnisse auf den Betrieb von leitungsgebundenen Wasserstoff-Versorgungssystemen?

Stand und Bewertung der Umstellung von Gasgeräten aus 100 Vol.% Wasserstoff

Ziel dieses Kleinvorhabens „WU100“ ist es, den derzeitigen Stand der häuslichen Heizgeräte nationaler Hersteller in Bezug auf die Eignung und Verfügbarkeit für den Betrieb mit 100 Vol.% Wasserstoff zu analysieren. Des Weiteren sollen, soweit möglich, die „Wasserstoffstrategien“ der deutschen Heizgerätehersteller in Erfahrung gebracht werden.

Betriebliche- und Sicherheitsaspekte bei 100 % H_2-umgestellten Gasnetzen < 16bar

Im Forschungsvorhaben „H_2-Betrieb“ (G 202413) sollen die ersten Erfahrungen aus umgestellten im Betrieb befindlichen Netzen ausgewertet werden. Vor allem in Hinsicht auf sicherheitstechnische und organisatorische Aspekte, die das Handling von H_2-führenden Anlagenteilen (z. B. Rohrleitungen) betreffen. Im Fokus der Betrachtungen, Befragungen und Untersuchungen stehen dabei betroffene Netze die einen Auslegungsdruck von maximal 16 bar und ausschließlich auf 100 % Wasserstoff entsprechen.

Die Untersuchungsschwerpunkte des Vorhabens beziehen sich u. a. auf die Recherche und Zusammenfassung vorhandener Ergebnisse im Kontext der Wasserstoffverteilung (z. B. Wasserstoffversprödung, Überwachungsmaßnahmen zur Ermittlung des IST-Zustandes, Stadtgaserfahrungen, Reaktionen mit Ablagerungen) sowie auf die angewendeten Arbeitstechnologien bei Arbeiten an Leitungen (z. B. Abquetschen und Blasensetzen im Zug der Leitungsverlegung).

Abbildung 19: Anlage zur Überprüfung der Dichtheit

Marktraumumstellung

Seit Wiederbeginn der Marktraumumstellung im Jahr 2015 und mit dem Start des Pilotprojekts in Schneverdingen konnten von den Dienstleistern bis Ende 2024 ca. 3,1 Mio. Gasgeräte angepasst werden. Nach Auswertung der bisherigen Erhebungszahlen und Abschätzungen entspricht dies ca. 58 % aller bis zum Jahr 2030 umzustellenden Gasgeräte. Mittlerweile ist nach der mehrjährigen Hochlaufphase die Plateauphase mit jährlichen Anpassungszahlen von ca. 500.000 – 550.000 Gasgeräten erreicht worden.

Die Marktraumumstellungen in Deutschland werden im Wesentlichen durch die abnehmende Produktion von L-Gas in Deutschland und den Niederlanden verursacht. Neben Teilen Deutschlands mit einem separaten Netz für L-Gas und H-Gas werden auch Teile von Belgien, Frankreich und den Niederlanden mit L-Gas versorgt. Insgesamt umfasst der europäischen L-Gas Markt ca. 14,5 Mio. Kunden.

Das GWI begleitete im Jahr 2024 mehrere MRU-Projekte im technischen Projekt- und Qualitätsmanagement. Im Rahmen des technischen Projektmanagements übernahm das GWI die Koordination aller beteiligten Akteure. Dazu gehörten Kunden, Auftraggeber sowie Unternehmen aus den Bereichen Erhebung, Anpassung und Softwareentwicklung. Außerdem verantwortete das GWI die Durchführung von Qualitätskontrollen gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt G 695. Dieses Regelwerk beschreibt die Qualitätssicherung bei Erhebungs-, Anpassungs- und Umstellungsmaßnahmen an Gasgeräten (Stand März 2019). Eine überarbeitete Fassung wurde im Jahr 2024 erstellt; ihre Veröffentlichung ist für das Jahr 2025 vorgesehen.

Die Grundlagen aller Tätigkeiten sind in dem Arbeitsblatt DVGW G 680 Erhebung, Umstellung und Anpassung von Gasgeräten (März 2020) aufgeführt. Zusätzlich bietet das GWI auch Schulungen für Erhebungs- und Anpassungsmonteure gemäß Merkblatt DVGW G 106 Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte für den Gasgeräteumbau im Rahmen einer Änderung der Gasbeschaffenheit; Schulungsplan (August 2017) sowie für Prüfer gemäß Merkblatt DVGW G 107 Qualifikationsanforderungen an Fachkräfte für die Qualitätssicherung im Rahmen einer Änderung der Gasbeschaffenheit; Schulungsplan (Februar 2020) an.

Abbildung 20: Gasleitung, Quelle: iStock; Bet_Noire

Brennstoff- und Gerätetechnik

Im Jahr 2024 waren die Kernthemen neben Wasserstoff-Anwendungen, -Normen und -Transport sowie -Derivaten zusätzlich LNG. Die Sektorenkopplung mit gleichzeitiger Berücksichtigung der Strom-, Gas- und Wärmenetze – verknüpft mit der entsprechenden Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) findet sich in Projekten zur Modellierung des Systems als auch unter dem Gesichtspunkt einer volkswirtschaftlichen Betrachtung der kommunalen Wärmewende wieder. Teil dieser können dann auch Kraft-Wärme-Kopplungs-Konzepte in der Quartiersversorgung sein – jetzt mit Wasserstoff als Energieträger und einer Nutzung der Digitalisierung im Wechselspiel mit anderen Versorgungskonzepten. Als Beispiel dienen hier die weiter unten beschriebenen Projekte TransHyDE, TransHyDE Norm und TransHyDE LNG2Hydrogen, GreenVEgaS – Gesamtsystemanalyse der Sektorenkopplung und HyDi.KWK – Wasserstoffbasierte und digitalisierte KWK-Konzepte für eine emissionsarme und belastbare Energieversorgung.

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
- Wärmebedarfsanalysen
- Quellenanalysen zu Gas-, Fernwärme- und Stromnetzen
- GIS (Geo-Informationssystem)
- Quartierslösungen
- Modellierung und Simulation von gekoppelten Wärme-, Strom- und Gasnetzen
- Aufbau und Integration aller Energieströme im LivingLab
- Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)
- SmartMetering / Monitoring
- BigData
- EdgeComputing
- Digitalisierung, Vernetzung von Städten / Sektoren (Wohnen, GHD, Industrie)
- Integration von Mobilitätslösungen und Digitalisierungsansätzen
- Testen der Umstellung von Erdgas auf Wasserstoffversorgung im Demo-Haus des GWI

Team Power-to-X:

- Untersuchung von Flexibilisierungsoptionen im Energiesystem
- Fragen zur Gasbeschaffenheit, insbesondere im Bereich der Einspeisung und Verwendung von Gasen aus erneuerbaren Energien in den einzelnen Sektoren
- Wissenschaftliche Untersuchungen von Gasanwendungstechnologien unter Beaufschlagung erneuerbarer Gase (z. B. LNG / LBG, Biogase inkl. Wasserstoff etc.)
- Wissenschaftliche Begleitung und Monitoring von Pilotprojekten und Feldtests
- Tests von Anwendungstechnologien mit H_2-reichen Gasen, Wasserstoff und DME

Mit den Abteilungen Industrielle Feuerungstechnik (IFT), Prüflabor (PL) und Bildungswerk bestehen Schnittstellen bei den Themen Flexibilisierungsoptionen, Netze und Wasserstoff – hier insbesondere was Leckage-Raten bei Verwendung von Wasserstoff angeht. Mit neuen Versuchsaufbauten ist das Prüflabor in der Lage, eine Wasserstoff-Infrastruktur vom Speicher über eine Verteilung und Gasdruckregelanlage bis zur Installation und Anwendung abzubilden.

Leitprojekte „TransHyDE“

Die TransHyDE-Projekte des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung)-Wasserstoff-Leitprojekts betrachten den Transport von gasförmigem Wasserstoff in Pipelines und Hochdruckbehältern, den Transport von flüssigem Wasserstoff sowie den Transport von in Ammoniak oder LOHC chemisch gebundenem Wasserstoff. Außerdem wird geprüft, ob und wie LNG-Terminals auf wasserstoffbasierte Energieträger (sog. Wasserstoff-Derivate) umgerüstet werden könnten. Die Erkenntnisse aller TransHyDE-Projekte münden in Handlungsempfehlungen für die nationale Wasserstoff-Infrastruktur. Dazu werden unter anderem regulatorische Rahmenbedingungen, Standards und Zertifizierungsmöglichkeiten analysiert sowie Lücken benannt. Das Projekt wird vom BMBF gefördert und läuft in den einzelnen Projekten teilweise noch bis 2025 und 2026 weiter. Das GWI ist an den Leitprojekten TransHyDE Norm, LNG2Hydrogen und Mukran beteiligt. Weitere Informationen: https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde.

Leitprojekt „TransHyDE Norm“

Das Leitprojekt TransHyDE Norm identifiziert Lücken in der Regelsetzung der Transportvektoren (leitungsgebundener Wasserstoff, Gashochdruckbehälter, Flüssigwasserstoff, Ammoniak und LOHC) und leitet Handlungsempfehlungen ab, um entscheidend zum nationalen Wasserstoffhochlauf beizutragen.

Hierfür sind im ersten Schritt bestehende nationale, europäische und internationale Normen, technische Anwendungsregeln und Zertifizierungsprogramme erhoben und in einer Datenbank inventarisiert worden. Im zweiten Schritt wurde sowohl projektintern als auch mit externen Stakeholdern eine Bedarfsanalyse durchgeführt. Aus dem Ergebnis werden Handlungsempfehlungen zu technischen und organisatorischen Aspekten abgeleitet.

Abbildung 21 präsentiert die quantitative Analyse sowohl der internen als auch der externen Bedarfsanalyse und verknüpft die ermittelten Bedarfe mit den Zeiträumen „läuft bereits“, „kurzfristig“, „mittelfristig“ und „langfristig“. Des Weiteren wurden die Bedarfe inhaltlich in die vier Kategorien „Anforderungen an den Energieträger“, „Werkstoff / Material“, „Funktion / technische Sicherheit“ und „Qualifikation / Betriebssicherheit und organisatorische Voraussetzungen“ unterteilt.

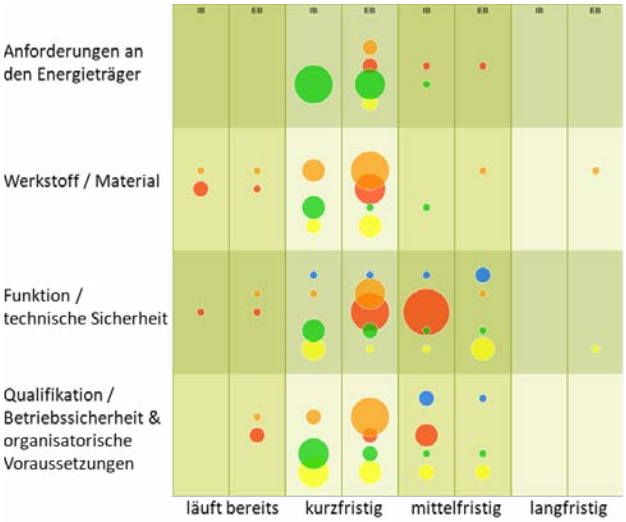

Abbildung 21: Auswertung der internen TransHyDE sowie der externen Stakeholder-Bedarfsanalyse.

Im Kontext des Wasserstoffhochlaufs in Deutschland sind sämtliche Bedarfe der Standardisierung kurzfristig, maximal mittelfristig, zu decken. Kurzfristige Ergänzungen und Neuentwicklungen in den Regelwerken werden insbesondere für die noch nicht als Energieträger etablierten Transportvektoren Ammoniak und LOHC als erforderlich angesehen. Für die bereits etablierten Transportvektoren „leitungsgebundener Wasserstoff“ und „Wasserstoff in Gashochdruckbehältern“ wurden bereits zahlreiche Normungsprozesse hinsichtlich der Anpassung auf Wasserstoff initiiert. Das erklärt, dass diese Transportvektoren in der Spalte „läuft bereits” vertreten sind. Weiterhin existieren hier bereits Gremien und Strukturen der pränormativen Forschung, die auf Erfahrungen und Erkenntnissen aus dem Betrieb mit Erdgas beruhen. Dennoch muss der Wechsel von Erdgas auf Wasserstoff in der Standardisierung vorangetrieben werden. Im Bereich der Leitungen beispielsweise sind die technischen Regelwerke bereits durch einen politischen Rahmen im H_2-Kernnetz abgesichert und basieren auf industrieller sowie forschungsbezogener Erfahrung.

Demgegenüber fehlt es bei neueren Transportvektoren wie Flüssigwasserstoff, Ammoniak und LOHC weitgehend an pränormativen Forschungen. Hier besteht ein dringender, kurzfristiger Handlungsbedarf, der den Aufbau entsprechender Gremien, Forschungsnetzwerke und -plattformen erfordert. Gleichzeitig sollte der Industriehochlauf für Derivate und neue Energieträger nicht verzögert werden.

Ein konkreter Austausch zwischen allen relevanten Regelsetzern ist zu fördern und zu intensivieren, um die notwendigen Regelsetzungsbereiche innerhalb der jeweiligen Transportvektoren optimal auf die verschiedenen Akteure zu verteilen. Parallel dazu gilt es, Anreize für eine enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung zu schaffen, um konkrete Bedarfe an technischen Regelwerken und pränormativer Forschung zu definieren und das weitere Vorgehen gemeinsam festzulegen.

Leitprojekt TransHyDE LNG2Hydrogen

Der Hintergrund des Projekts liegt im LNG-Beschleunigungsgesetz von 2022, das die Weichen für die langfristige Nutzung von LNG-Terminals stellt. Ab dem Jahr 2044 dürfen diese Anlagen nur noch mit klimaneutralen Molekülen oder H_2 betrieben werden. Das Projekt hat damit eine Schlüsselrolle in der Umsetzung der deutsschen Wasserstoffstrategie und der Transformation des Energiesektors übernommen, indem es die Umrüstung der LNG-Infrastruktur hin zu zentralen Knotenpunkten einer globalen Wasserstoffwirtschaft adressiert.

Neben der Umwandlung der H_2-Transportvektoren in H_2 und einem anschließenden leitungsgebunden Transport, besteht die Möglichkeit die angelandeten Trägermaterialien (LH_2, LOHC, Ammoniak, Methanol, SNG und DME) per LKW, Zug oder Binnenschiff in das deutsche Hinterland zu transportieren. Dies kann insbesondere für Endverbraucher sinnvoll sein, die den am Terminal angelandeten H_2-Transportvektor für eine stofflichen Anwendung einsetzen, aber auch um Bedarfe zu decken, die nicht von einer leitungsgebundenen Versorgung erreicht werden.

Das GWI verantwortet die Untersuchung des Transports ins deutsche Hinterland des im November 2024 erfolgreich abgeschlossenen 18-monatigen Verbundprojekt LNG2Hydrogen. Inhalte der ersten Projekthälfte stellten eine Übersicht bestehender Transportmöglichkeiten per Straße, Schiene und Binnengewässer und die anschließende Einordnung in eine TRL-Skala sowie eine Übersicht zu den Prozessabläufen für die H_2-Transportvektoren dar. In der zweiten Hälfte wurden typische Abnehmer in Deutschland definiert und verortet. Abschließend sind Kostenstrukturen für den Transport bestimmt und für verschiedene Distanzen sowie transportbedingte CO_2-Äquivalente erarbeitet worden.

Beispielhaft sind in Abbildung 22 die Ergebnisse der anteiligen CAPEX- sowie OPEX-Kosten für die Transportvektoren Straßen-, Schienen- und Binnenschifftransport dargestellt. Während GH_2 und LH_2 über alle Transportvektoren vergleichsweise hohe CAPEX-Kostenanteile besitzen, zeichnen sich LOHC, MeOH und DME mit hohen OPEX-Kostenanteile aus. Zurückzuführen ist dies zum einen darauf, dass für GH_2 und LH_2 relativ hohe Kosten für ihre Transportbehälter anfallen, zum anderen, dass

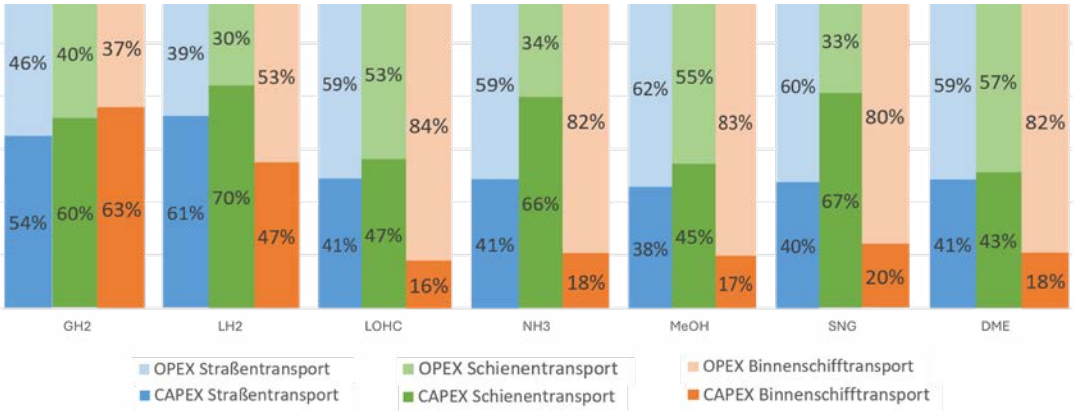

Abbildung 22: CAPEX- und OPEX-Kostenanteile für den Strassen-, Schienen- und Binnenschifftransport für die verschiedenen H_2-Transportvektoren

das transportierte Gewicht für LOHC, MeOH und DME vergleichsweise hoch ist. Während MeOH und DME bei der Leerfahrt mit deutlich reduziertem Gewicht kalkuliert werden, ist der H_2-Transportvektor LOHC mit dem zu transportierenden Trägermedium nahezu mit identischem Transportgewicht unterwegs.

Leitprojekt TransHyDE Mukran

Wie können Wasserstoffmoleküle im gasförmigen Zustand effizient gespeichert und über Straßen, Schienen sowie Seewege transportiert werden? Diese Frage steht im Mittelpunkt des TransHyDE-Projekts Mukran. Unter der Leitung des GWI arbeiten sechs Partnerunternehmen – darunter das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU), cruh21, Mukran Port und die Hamburger Hafen Logistik AG (HHLA) – an innovativen Lösungen für die Hochdruck-Wasserstoffspeicherung und die trimodale Wasserstoffverteilung. Ziel ist die Entwicklung eines Behältersystems, das per Lkw, Schiff und Bahn transportiert werden kann.

Während der Aufbau eines Wasserstoff-Kernnetzes in Deutschland voranschreitet, bleibt eine dezentrale Versorgung essenziell – insbesondere für kleine und mittlere Abnehmer außerhalb des Pipeline-Netzes. Daher entwickelt das Projekt Mukran zwei Hochdruck-Kugelspeicher-Prototypen, um den Transport von gasförmigem Wasserstoff flexibler und wirtschaftlicher zu gestalten.

Der Transport von Wasserstoff erfolgt aktuell über verschiedene Wege – LKW, Zug und Schiff – mit Druckbehältern aus Stahl- oder Verbundwerkstoffen bei Druckstufen zwischen 200 und 500 bar. In Einzelfällen gibt es auch > 800 bar. Besonders MEGC-Container (Multi-Element Gas Container) ermöglichen einen multimodalen Transport, da sie problemlos zwischen den Verkehrsträgern umgeschlagen werden können.

Das Projekt Mukran entwickelt daher neue kugelförmige Speicher, die in zwei Materialvarianten optimiert werden:

- Carbonfaserverstärkter Kunststoff (CFK): Leichter und effizient für höhere Traglasten
- Stahl: Kostengünstiger und robuster

Diese H_2-Tanks werden für Drücke bis 300 bar (Berstdrucke bis zu 780 bar) ausgelegt und bieten eine optimierte Form für maximale Speichereffizienz. Ein ISO-Containerrahmen ermöglicht einen flexiblen, multimodalen Transport sowie eine ein-

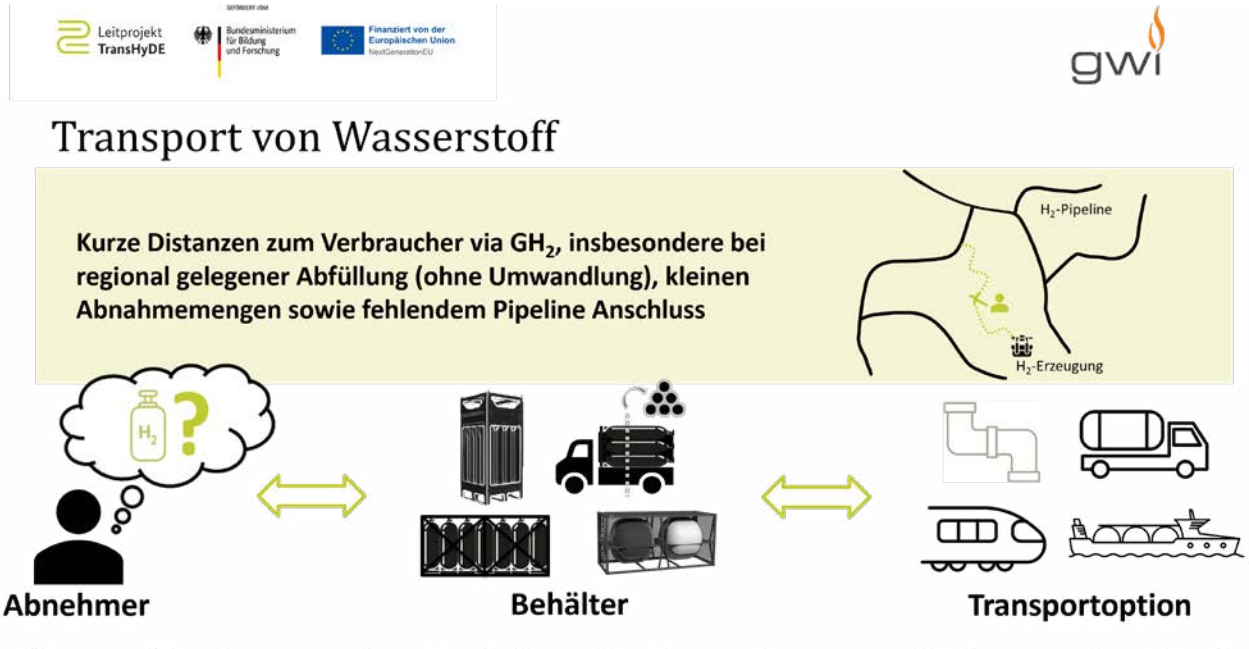

Abbildung 23: Transport- und Abnehmer-Analyse rund um die Versorgung „Letzte Meile“ mit gasförmigen Wasserstoff

fache Zwischenlagerung. Die Konstruktion orientiert sich an bestehenden Normen und wird durch FEM-Berechnungen weiter optimiert.

Ergänzend führt das GWI eine techno-ökonomische Analyse durch, die den Wasserstofftransport per Straße, Schiene und Schiff für die „letzte Meile“ der dezentralen Versorgung systematisch untersucht. So werden je nach Distanz und Behältertyp optimale Einsatzszenarien identifiziert. Das Projekt untersucht dabei das bestehende Behälterportfolio, ermittelt geeignete Marktsegmente und entwickelt Empfehlungen für effiziente multimodale Logistikketten.

Neben der technischen Entwicklung fördert das Projekt auch den Wissenstransfer mit einer Wissensplattform, die Fachinformationen übersichtlich bündelt. Sie bietet bspw. eine Projektdatenbank sowie eine interaktive Karte weiterer relevanter Projekte im Bereich Wasserstoff. Aktuelle Informationen sind über die offizielle Homepage der Leitprojekte unter der o. g. Webadresse zu finden.

Das TransHyDE-Leitprojekt Mukran hat eine verlängerte Laufzeit bis Herbst 2026.

Gesamtsystemanalyse der Sektorenkopplung – „GreenVEgaS“

Die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele bis 2045 erfordert eine tiefgreifende Transformation der Energieversorgung in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr. Der zunehmende Anteil erneuerbarer, dargebotsabhängiger Energieträger stellt hohe Anforderungen an die Systemintegration und erfordert eine verstärkte Sektorenkopplung. Im Rahmen des Projekts GreenVEgaS wurde eine umfassende Modell- und Analysewerkzeugkette entwickelt, die das Energiesystem aus einer volkswirtschaftlichen Perspektive unter Berücksichtigung der erforderlichen Netzinfrastrukturen (Strom-, Gas- und Wärmenetze) betrachtet.

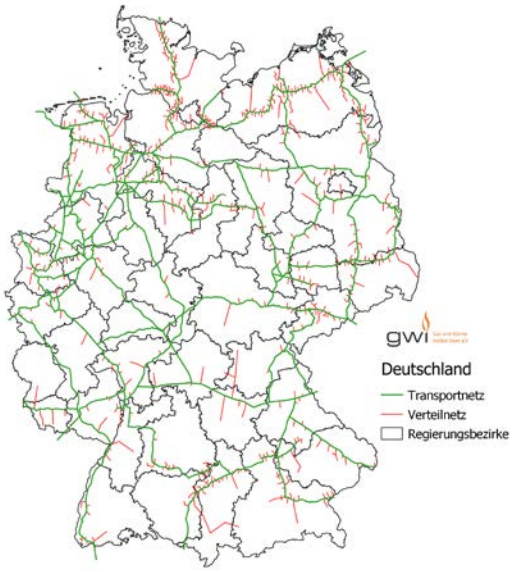

Abbildung 24: Wasserstofftransportnetz im Szenario "Basis"

Die Modellkette basiert auf der Kopplung eines Energiesystem- bzw. Marktmodells mit detaillierten Infrastrukturmodellen für Strom-, Gas- und Wärmenetze. Das GWI übernahm hierbei die Modellierung der Gas- und Wärmenetze sowie die Ermittlung der gasseitigen Infrastrukturkosten. Für den Ausbau der Wärmenetze wurden regionale Einflussfaktoren – darunter Wärmebedarfsdichte und Nähe zu potenziellen Abwärmequellen – systematisch analysiert, um geeignete Ausbaugebiete zu identifizieren. Zur Simulation des Wärmenetzausbaus wurde ein Modell entwickelt, das den regionalen Ausbau auf Basis der zukünftigen Fernwärmebedarfe prognostiziert.

Die Bestimmung der erforderlichen Gasnetzinfrasstruktur erfolgte unter Berücksichtigung der bestehenden Gasversorgungsgebiete sowie des geplanten zukünftigen Wasserstoffkernnetzes. Zudem wurden auf den höheren Druckstufen die Standorte der Gasverbraucher und -erzeuger bei der Bestimmung der benötigten Gasnetzinfrastruktur berücksichtigt (s. Abbildung 24). Besondere Beachtung fanden dabei die energieträgerspezifischen Bedarfe der Industrie. Auf den niedrigeren Druckstufen wurde die Abhängigkeit der Gasinfrastruktur von der Technologieverteilung im Gebäudebestand abgebildet. Hierzu wurde ein Modell entwickelt, das unter Berücksichtigung der städtebaulichen Strukturen, der verfügbaren Energieträger sowie der Ergebnisse des Wärmenetzausbaumodells die Verteilung der Erzeugungstechnologien im Wohngebäudesektor ableitet.

Die Verknüpfung der einzelnen Kernmodelle zu einer ganzheitlichen Werkzeugkette erfolgte über Kostenfaktoren, die auf Basis der ermittelten Infrastrukturkosten für Strom-, Gas- und Wärmenetze berechnet wurden (s. Abbildung 25). Diese wurden in das übergeordnete Energiesystemmodell

integriert, um eine erneute Investitionsrechnung unter Berücksichtigung der Netzausbaukosten durchzuführen.

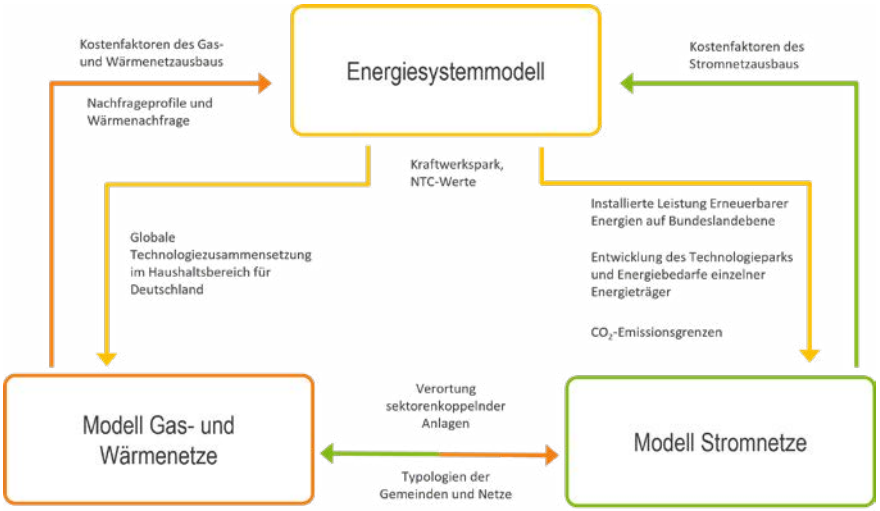

Abbildung 25: Schematische Darstellung der Werkzeugkette und der Schnittstellen zwischen den beteiligten Modellen im Projekt GreenVegaS

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen die Auswirkungen der Infrastrukturkosten auf die Systemtransformation auf: Im Basisszenario führt die Berücksichtigung der Netzkosten zu einer verstärkten Substitution von Strom durch Gas, Wasserstoff und Biomasse. Die Ergebnisse verdeutlichen die Relevanz der Infrastrukturkosten für strategische Entscheidungen und technologische Entwicklungen im zukünftigen Energiesystem. Der steigende Wasserstoffverbrauch unterstreicht die wachsende Bedeutung eines diversifizierten Energiemixes, der die Resilienz und Flexibilität des Energiesystems erhöht. Langfristig kann dies zu einer effizienteren und emissionsärmeren Energieversorgung beitragen.

Die ausführlichen wissenschaftlichen Ergebnisse des Projektes sind im Abschlussbericht zu finden, welcher unter folgendem Link heruntergeladen werden kann: https://www.gwi-essen.de/publikationen/publikationen-am-gwi/abschlussberichte/abschlussbericht-greenvegas/

Wasserstoffbasierte und digitalisierte KWK-Konzepte für eine emissionsarme und belastbare Energieversorgung – „HyDi.KWK“

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) steht vor grundlegenden technologischen und regulatorischen Herausforderungen, um ihre Rolle in einem klimaneutralen Energiesystem zu sichern. Ein zentraler Aspekt ist der Wechsel von fossilen Brennstoffen hin zu regenerativ erzeugtem Wasserstoff, der eine nachhaltige und CO_2-neutrale Energieversorgung ermöglicht. Vor allem in Wärmenetzen mit zentraler Wärmeerzeugung kann der Wechsel des Energieträgers ohne umfassende bauliche Maßnahmen oder zusätzliche Investitionen erfolgen. Die Weiternutzung bestehender Strukturen trägt zur ökonomischen Entlastung des Transformationsprozesses bei. Gleichzeitig gewinnt die Digitalisierung von KWK-Anlagen und weiteren System- und Infrastrukturkomponenten zunehmend an Bedeutung. Digitale Lösungen bieten das Potenzial, Effizienzsteigerungen zu realisieren, die Betriebsführung zu optimieren und wirtschaftliche sowie technologische Synergien zu erschließen.

In dem öffentlich geförderten Forschungsprojekt HyDi.KWK werden diese Herausforderungen adressiert, indem innovative Konzepte für den Einsatz von Wasserstoff entwickelt und die digitale Transformation von KWK-Systemen untersucht werden. Ein besonderer Fokus liegt auf der Demonstration und Erprobung neuer Technologien in einer realen Betriebsumgebung. Eine neue Hardware-in-the-Loop (HiL)-Plattform ermöglicht als cyberphysische Simulationsumgebung die Untersuchung verschiedener Systemkomponenten, Betriebsstrategien und digitaler Zwillinge, wodurch umfassende Analysen und Optimierungen vor der realen Implementierung durchgeführt werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen insbesondere zur Optimierung der Fernwärmeversorgung in NRW und Etablierung klimaneutraler, hocheffizienter KWK-Technologien beitragen.

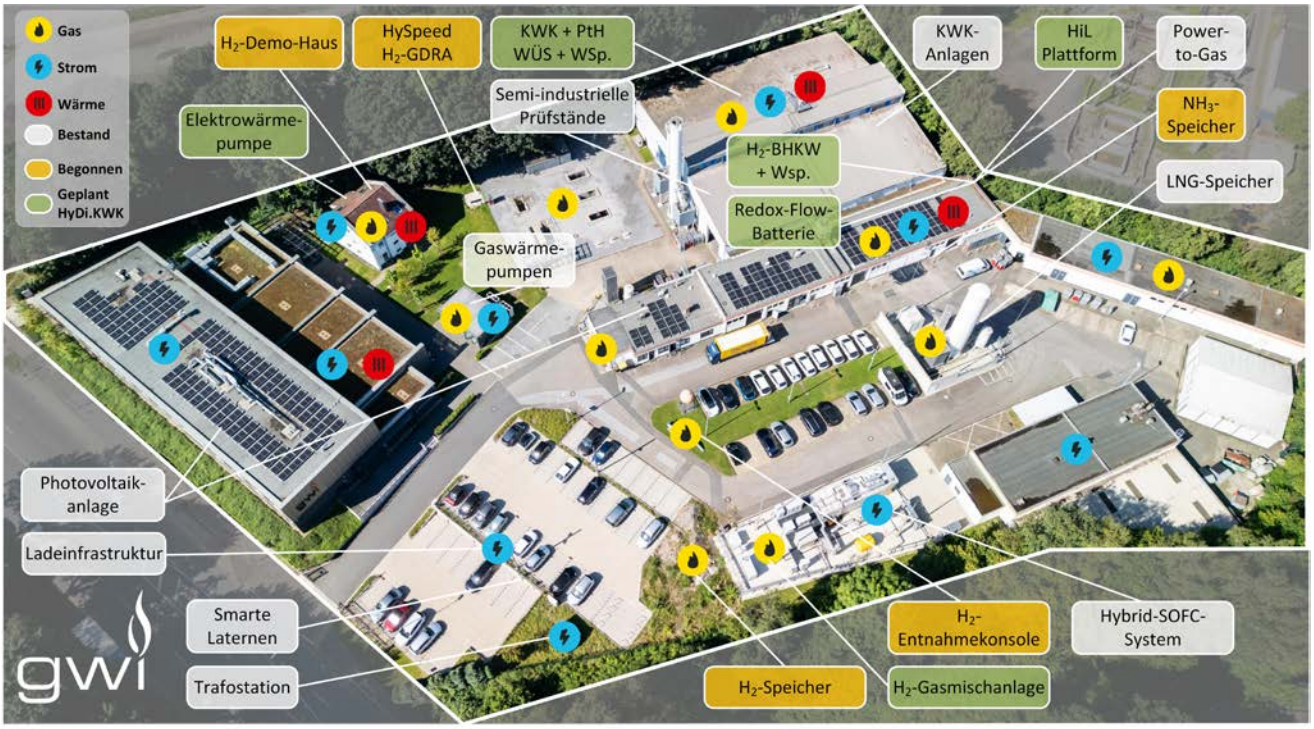

Abbildung 26: Erweiterung der Forschungsinfrastruktur des GWI im Projekt HyDi.KWK

In HyDi.KWK wird die Forschungsinfrastruktur des GWI, das LivingLab, um verschiedene innovative Technologien erweitert. Dies sind: eine H_2-Gasmischanlage für das bestehende Hybrid-SOFC-System, ein neues H_2-BHKW, eine Redox-Flow-Batterie, eine Elektro-Wärmepumpe und Power-to-Heat Wärmespeicher. Alle Komponenten werden über eine modulare Wärmeübergabestation und eine gemeinsame Leittechnik in das Energie- und Datenmanagementsystem des GWI integriert. Die neue HiL-Plattform dient als cyberphysische Simulationsumgebung, in der reale bestehende und neue Demonstratoren sowie Modelle eingebunden werden. Die Verknüpfung realer Anlagen mit detaillierten Simulationsmodellen ermöglich die praxisnahe Erprobung und Validierung innovativer KWK-Lösungen unter verschiedenen Betriebs- und Marktbedingungen. Mit dieser cyberphysischen Umgebung können skalierbare Transformationsstrategien entwickelt, optimiert und direkt auf ihre technische, wirtschaftliche und regulatorische Umsetzbarkeit getestet werden. So wird die Integration erneuerbarer Energien und die Flexibilisierung der Energieversorgung aktiv vorangetrieben.

Industrie- und Feuerungstechnik

Auch das letzte Jahr war wieder von turbulenten nationalen und internationalen Entwicklungen geprägt. Um so erfreulicher, dass die Industrie- und Feuerungstechnik (IFT) ihre erfolgreichen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten mit hochqualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und innovativen und zukunftsweisenden Themen auch im Jahr 2024 weiterführen konnte. Zwei absolute Highlights sind der Aufbau der Ammoniakanlage, mit der zukünftig Untersuchungen bis 300 kW durchgeführt werden können, und die Verleihung des Innovation2Buisness Preises NRW für den IFT Mitarbeiter Marcel Biebl und Jens te Kaat von Kueppers Solutions.

Ammoniak

Neben der Funktion als reines H_2-Derivat birgt Ammoniak als CO_2-freier Brennstoff ein enormes Potenzial dezentrale und energieintensive Industriestandorte zu dekarbonisieren. Ammoniak als Brenngas ist aktuell noch ein Novum. Die moderne Versuchsinfrastruktur und Simulationssoftware des GWI bieten eine solide Grundlage, um sich diesem Thema wissenschaftlich und anwendungsnah zu widmen. Zur praxisbezogenen Untersuchung der Ammoniakverbrennung wurde die Versuchsinfrastruktur des GWI sowohl versorgungstechnisch als auch sicherheitstechnisch erweitert: Im September 2024 wurde die NH_3-Verdampferanlage (s. Abbildung 27) von unserem Partner HKL Anlagentechnik GmbH im Rahmen des vom Land NRW, unter der Fördernr.: EFO 0197 A, geförderten Projektes „Green-NH_3-Teil 1 – Nutzung von grünem Ammoniak als klimafreundliche Alternative zur Verbrennung fossiler Brennstoffe, Teil 1: Grundlagenuntersuchung und Brennerentwicklung“ geliefert und erfolgreich in Betrieb genommen. Die genehmigungsfreie Containerlösung wurde auf dem Werksgelände des GWI installiert und ermöglicht die sichere Lagerung von bis zu einer Tonne Ammoniak (zwei Fässer). Mit einer Verdampferleistung von 70 kg/h stellt die Anlage zuverlässig ausreichend gasförmiges Ammoniak für eine Brennerleistung von bis zu 300 kW bereit. Erste Messkampagnen bestätigen die maximale Abnahmemenge sowie die einfache und sichere Handhabung der Anlage. Diese erfolgreiche Umsetzung unterstreicht, dass der sichere Umgang mit Ammoniak in technischen Anwendungen problemlos realisierbar ist und stellt einen wichtigen Schritt in Richtung einer praxisnahen Nutzung von NH_3 als alternativen Brennstoff dar.

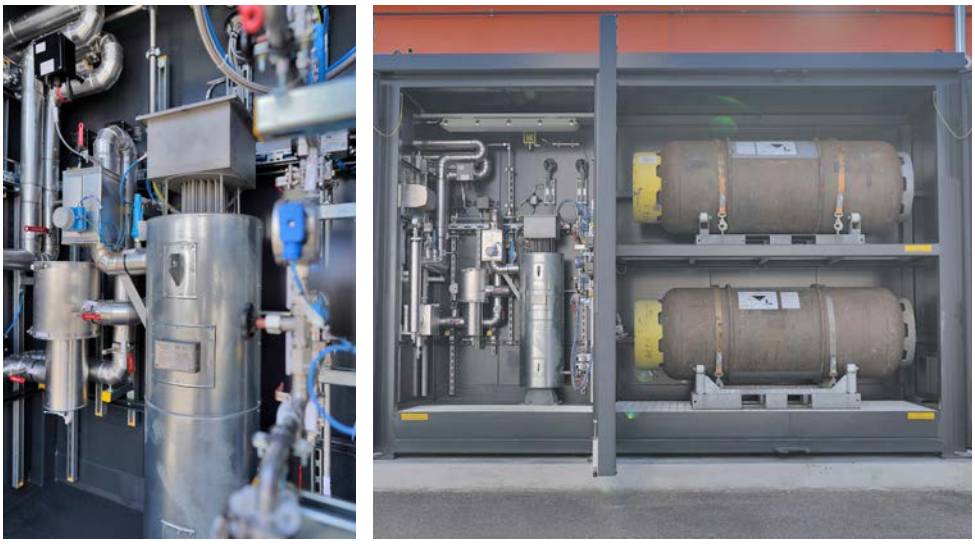

Abbildung 27: NH_3-Verdampferanlage am GWI (Quelle: GWI)

Dass Ammoniak eine vielversprechende Option für den Einsatz eines kohlenstofffreien Brennstoffs ist und damit die Dekarbonisierung der Industrie vorantreiben kann, zeigen die nachfolgenden Beispiele der F&E-Projekte der Abteilung IFT.

Entwicklung eines multi-rekuperativen Brennersystems für eine stabile und schadstoffarme Verbrennung von Ammoniak in Thermoprozessanlagen – „NH_3Preheat“

Im Rahmen des ZIM-Projektes NH_3Preheat arbeitet das GWI zusammen mit der Kueppers Solutions GmbH an der Entwicklung eines rekuperativen Brennersystems, mit dem 100 % Ammoniak stabil, sicher und möglichst schadstoffarm verbrannt werden kann. Da Ammoniak ein reaktionsträges Brenngas ist und gleichzeitig über den im Brennstoff gebundenen Stickstoff zur erhöhten Bildung

Abbildung 28: Flammenbild eines 8 kW-Labordemonstrators mit 100 % NH_3 als Brenngas

von Stickoxiden neigt, soll die Vorwärmung des verwendeten Brenngases hier ein Schlüssel sein, um die schlechten Verbrennungseigenschaften von NH_3 auszugleichen. Im Rahmen des Projektes wurde am GWI ein Laborbrenner entwickelt und anschließend über den Projektpartner additiv gefertigt, mit dem der Einfluss der Brenngasvorwärmung experimentell untersucht wurde. Aufgrund der Vorwärmung konnte so eine signifikante Erhöhung der Reaktivität des Ammoniaks erreicht werden, was mit einer erheblichen Steigerung der Verbrennungsstabilität einherging, s. Abbildung 28. Mit einer integrierten Luftstufung konnten die resultierenden Stickoxidemissionen (NO, N_2O) um bis zu 70 % signifikant reduziert werden, bei gleichzeitig vollem Ausbrand des NH_3. Mit Hilfe von reaktionskinetischen Simulationen wurden zudem wichtige Erkenntnisse zur Verbrennungschemie von Ammoniak erarbeitet, die ausschlaggebend für die Auslegung des NH_3-Brenners waren.

Stickoxidminderung bei der oszillierenden Verbrennung von Ammoniak als kohlenstofffreiem Energieträger – „AmOszi“

Der Zweck des 2024 abgeschlossenen IGF-Forschungsprojektes AmOszi (Fördernr.: 21858 N) war die Entwicklung optimaler Betriebsparameter für die stickoxidarme Verbrennung von Ammoniak als kohlenstofffreiem Energieträger. Das Vorhaben wurde gemeinsam mit dem Institut für Technische Chemie des Karlsruher Instituts für Technologie bearbeitet. Über die bekannten Verfahren zur NO_x-Minderung hinaus sollte geprüft werden, ob durch Kombination bewährter Primärmaßnahmen mit einem oszillierenden Betrieb mit Hilfe einer zeitlichen Taktung der Ammoniak-Zufuhr eine Minimierung der Stickoxid-Konzentration erreichbar ist. Die Grenzwerte der TA-Luft sollten dabei ganz ohne zusätzliche Sekundärmaßnahmen eingehalten werden. In der Abfolge des Projekts konnten zwei Messkampagnen mit verschiedenen Industriebrennern, sowie numerische Simulationen und reaktionskinetische Berechnungen durchgeführt werden. Zusätzlich erfolgte eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung der gesamten Prozesskette der Ammoniaknutzung als Brennstoff, s. Abbildung 29.

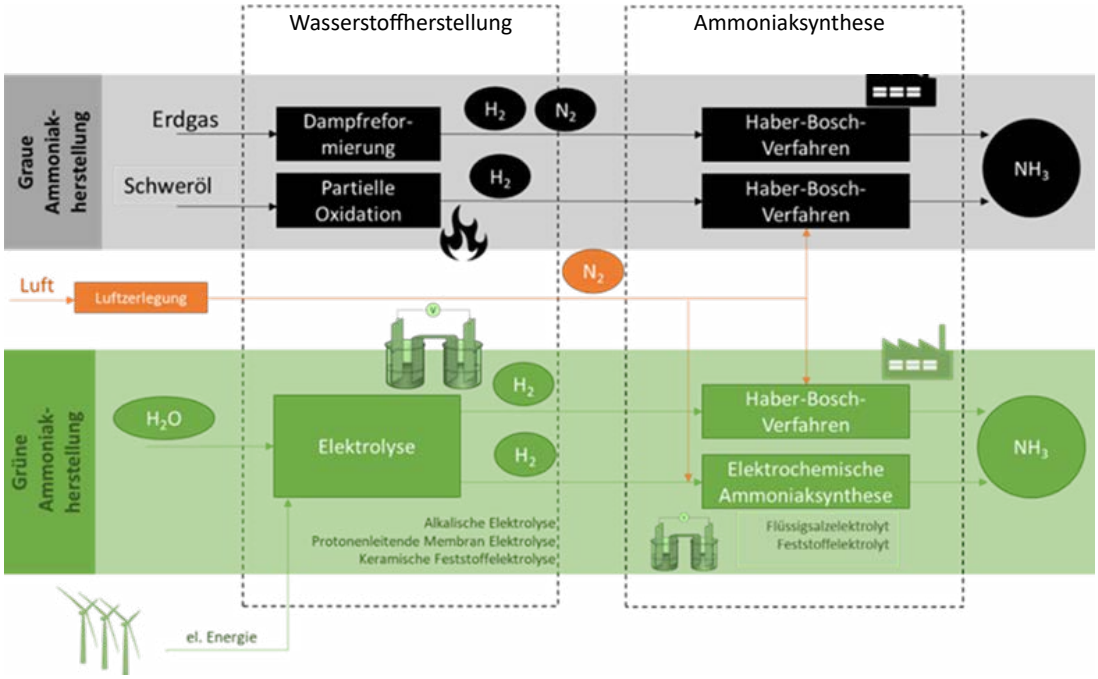

Abbildung 29: Prozessrouten zur Herstellung von grauem (oben) und grünem Ammoniak (unten)

Der vollständige Abschlussbericht zu dem Projekt steht unter dem folgenden Link zur Verfügung: https://www.gwi-essen.de/publikationen/publikationen-am-gwi/abschlussberichte/abschlussbericht-amoszi/

Die Rolle von Ammoniak als Wasserstoffderivat zur direkten energetischen Nutzung in industriellen Anwendungen – „RAWENI“

Am 01.10.2024 startete das vom DVGW geförderte Projekt RAWENI. In diesem Projekt soll zusammen mit dem Engler-Bunte-Institut des KIT und der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH die Rolle von Ammoniak als Wasserstoffderivat zur direkten energetischen Nutzung in industriellen Anwendungen untersucht werden. Die vielversprechendsten direkten energetischen Anwendungen von NH_3 in der Industrie werden auf Basis einer Metastudie identifiziert und deren Potenzial und Relevanz erläutert. Darüber hinaus werden technische Untersuchungen zur NH_3-Verbrennung auf Labor- und Industriemaßstab durchgeführt, um weitere Erkenntnisse zu herkömmlichen Brennersystemen und zur Entwicklung von neuen Brenner- und Verbrennungskonzepten zu ermitteln. Dabei liegt der Fokus vor allem auf der Reduzierung der NO_x-Emissionen, der Flammenstabilitätsverbesserung und der Erweiterung des Brennerbetriebsbereichs. Basierend auf den Erkenntnissen der Metastudie, den technischen Untersuchungen und einer Inventarisierung vorhandener NH_3-Normen und Regelwerken wird die Erweiterung bzw. der Ergänzungsbedarf des DVGW-Regelwerks abgeleitet. Die Projekterkenntnisse werden Industrieakteuren in Form von Handlungsempfehlungen bereitgestellt, um eine schnellere, technisch sichere Umstellung der Prozesse und der Infrastruktur auf NH_3 zu gewährleisten:

Ammoniak als erneuerbar erzeugter Energieträger in der Ziegelindustrie – „NH_3-Ziegel“

Im IGF-Forschungsvorhaben NH_3-Ziegel (Fördernr.: 22893 N) wird die Auswirkung von Ammoniak-Zumischung in Erdgas bzw. H_2 auf Verbrennungsverhalten, Ziegelqualität und Schadstoffemissionen zusammen mit dem Institut für Ziegelforschung Essen e.V. experimentell und numerisch untersucht. Nach den experimentellen Untersuchungen sind die Analysen, wie z. B. die experimentelle und numerische Untersuchung des Verbrennungsverhalten eines Laborbrenners bei Einsatz von verschiedenen Erdgas-Ammoniak- und Wasserstoff-Ammoniak-Gemischen oder der Einfluss von verschiedenen Brennstoffzusammensetzungen auf die Produktqualität (s. Abbildung 30), bereits erfolgreich abgeschlossen.

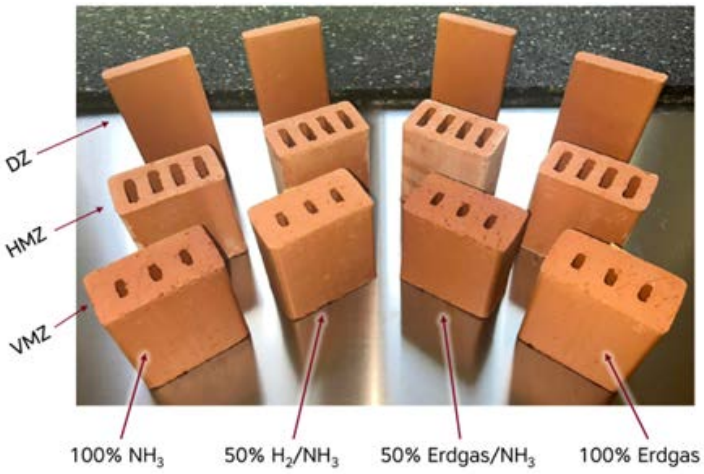

Abbildung 30: Untersuchung der Ammoniakbefeuerung von verschiedenen Ziegelformaten (Quelle: IZF)

Die Abbildung 31 zeigt die berechnete Temperaturverteilung auf einer horizontalen Ebene des Laborbrenners, die auf der Höhe der Brennerachse positioniert ist. Die Temperatur im System ist von zentraler Bedeutung, da sie die Produktqualität sowie die Bildung von Stickoxiden (NO_x) erheblich beeinflusst. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ofenraumtemperatur in den drei Fällen in der gleichen Größenordnung bleibt, solange die Brennerleistung und das Luftverhältnis bei einem Gaswechsel konstant gehalten werden. Die maximalen Flammentemperaturen unterscheiden sich. Während die Flammentemperatur bei Einsatz von Wasserstoff ansteigt, sinkt diese, wenn anstelle von Erdgas Ammoniak verbrannt wird. Die Tendenzen hierbei stimmen gut mit der adiabaten Flammentemperatur von Erdgas, Wasserstoff und Ammoniak überein.

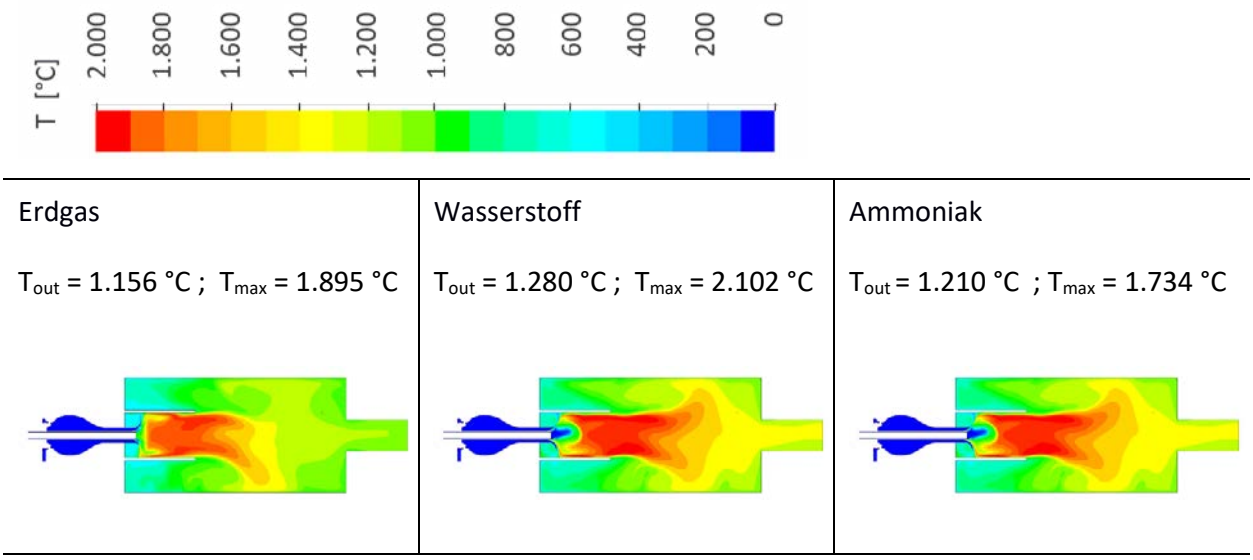

Abbildung 31: Berechnete Temperaturverteilung des Laborbrenners

Möglichkeiten und Potenziale der Ammoniak-Nutzung in Kesselanwendungen – „GreenNH₃“

Im Rahmen des oben genannten vom Land NRW geförderten Forschungsprojekts „GreenNH₃-Teil 1“ werden zusammen mit der Firma Saacke GmbH die untersucht. Die Forschungsarbeiten umfassen grundlegende Untersuchungen zur NH₃-Verbrennung, die Entwicklung eines schadstoffarmen Brennersystems sowie die numerische Übertragung auf reale Anlagen mittels CFD-Simulationen. Ziel ist es, die Einsatzfähigkeit von Ammoniak als klimaneutralen Brennstoff zu bewerten und praxisnahe Lösungen für eine nachhaltige Energieversorgung zu entwickeln.
Im Rahmen des Vorhabens wurden umfangreiche experimentelle Untersuchungen mit dem neu entwickelten Brenner durchgeführt. Der Brenner wurde in einem Warmwasserkessel mit einer maximalen Brennerleistung von 500 kW installiert.

Während der Versuchsreihen wurden verschiedene Betriebsparameter systematisch variiert, darunter die Brennstoffzusammensetzung (Erdgas-NH₃-Gemische sowie reines NH₃), die Brennerleistung im Bereich von 70 bis 300 kW sowie die Luftzahl. Ein besonderer Fokus der Untersuchungen lag auf der Optimierung der Luftstufung, um den Einfluss auf die Verbrennungsstabilität und die Schadstoffemissionen zu analysieren. Die Wirksamkeit der Luftstufung konnte im Rahmen der ersten Experimente mit reiner Ammoniakverbrennung nachgewiesen werden. Die Abbildung 32 zeigt exemplarisch den Einfluss der Luftstufung auf die Schadstoffbildung. Wie zu erkennen ist, sinkt mit zunehmender Luftstufung die NO-Konzentration. Neben der deutlichen Reduzierung der NO-Konzentration von ca. 3.900 ppm

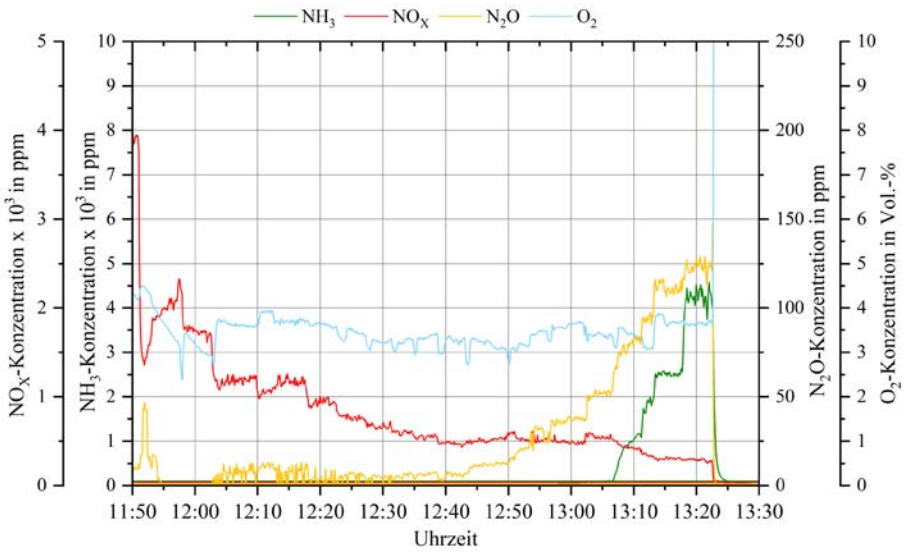

Abbildung 32: exemplarischer Spezieskonzentrationsverlauf: Einfluss der Luftstufung auf die NO_X, N_2O und NH_3-Konzentationen, Q_{TH} = 150 kW, reiner Ammoniakbetrieb

auf Konzentrationen von unter 1.000 ppm zeigten sich jedoch auch die Grenzen des Betriebs mit Luftstufung: bei einer zu hohen Umverteilung der Luftmengen stieg die Lachgaskonzentration (N_2O) sowie der Ammoniakschlupf (NH_3) zunehmend. Anhand des letzten Zeitabschnitts der Abbildung 35 ist die fortschreitende Instabilität des Verbrennungsprozesses sowie der Verlust der Flamme zu erkennen.

Die ersten experimentellen Untersuchungen mit dem neu entwickelten Brenner zeigen vielversprechende Ergebnisse und bestätigen die technische Machbarkeit des Konzepts. Ein wesentliches Zwischenziel konnte erfolgreich erreicht werden: die Stabilisierung einer reinen Ammoniakflamme im industriellen Maßstab. Dies stellt einen bedeutenden Fortschritt dar, da es die Grundlage für eine praxisnahe Nutzung von NH_3 als alternativen Brennstoff bildet.

Darüber hinaus wurden wertvolle Erkenntnisse zur NO_x-Reduzierung in einem solchen Brennersystem gewonnen. Die experimentellen Daten liefern entscheidende Hinweise darauf, wie mit gezielter Prozessführung und Luftstufung die Emissionen minimiert werden können. Die bisherigen Ergebnisse unterstreichen damit das Potenzial des neu entwickelten Brennersystems, einen Beitrag zur emissionsarmen und klimafreundlichen Verbrennungstechnologie zu leisten.

Wasserstoff

Obwohl das Thema Wasserstoff als CO_2-freier Brennstoff und die Untersuchung der Auswirkungen auf den Verbrennungsprozess und die verschiedenen Industrieanwendungen seit mehr als 11 Jahre im Fokus der Forschungsarbeiten der IFT stand, sind immer noch viele Fragen zum Einsatz von Wasserstoff in industriellen Anwendungen ungeklärt. Diese werden weiterhin in zahlreichen F&E-Projekten analysiert und beantwortet.

Einfluss von Wasserstoff im Erdgas auf die Erzeugung von Endogas und die Verwendung als Fettungsgas beim Gasaufkohlen – „H_2-Endogas“

Im Rahmen des IGF-Forschungsvorhabens H_2-Endogas (IGF-Förderkennzeichen: 01IF23259N) werden gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien (IWT) verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Ziel des Projekts ist es, den Einfluss der veränderten Gasbeschaffenheit auf den Aufkohlungsprozess und die Bauteilqualität zu analysieren, insbesondere fluktuierende und variable Wasserstoffgehalte im Produkt zu untersuchen und zu bewerten. Zudem wird die Nutzungsmöglichkeit von Sensoren sowie eine Regelungsstrategie geprüft, um die variable Erdgaszusammensetzung zu kompensieren. Weiterhin wird die Wasserstoffaufnahme des Stahls und dessen mögliche Versprödung infolge veränderter Gaszusammensetzungen untersucht. Ein weiterer Fokus liegt auf der Reaktionskinetik bei erhöhten Wasserstoffgehalten und deren Auswirkungen auf den β-Wert (Kohlenstoffübergangszahl) in Endogas und Fettungsgas. Zur Umsetzung dieser Ziele wurden Proben verschiedener

Abbildung 33: Versuchsaufbau mit Endogasgenerator

Stahllegierungen (C15, 18CrNiMo7-6 und 100Cr6) beschafft, zu Couponproben verarbeitet und einer Eingangskontrolle unterzogen. Parallel dazu wurde ein Versuchsprogramm entwickelt, um den Einfluss von Erdgas als Fettungsgas auf das Aufkohlungsergebnis zu analysieren. Für weiterführende Messungen wurde ein Endogasgenerator nach längerer Stilllegung untersucht, überprüft und instandgesetzt. Anschließend wurde er mit Sensorik ausgestattet und in die Versuchsinfrastruktur des GWI integriert. Abbildung 33 zeigt den Versuchsaufbau mit Endogasgenerator. Um die Auswirkungen von Wasserstoff auf die Endogaserzeugung besser zu verstehen, wurden thermodynamische Gleichgewichtsberechnungen durchgeführt. Ein Oberflächenmechanismus wurde erprobt, um einen Nickeloxid-Katalysator für reaktionskinetische Berechnungen zu modellieren.

Sauerstoffbereitstellung mittels gekoppelter SOFC und SOEC für Oxyfuel-betriebene Brennprozesse am Beispiel der Zementindustrie – „CEM-SOF-EC“

Das Forschungsprojekt CEM-SOF-EC (IGF-Fördernr.: 01|F23419N) befasst sich mit der Frage, wie die Zementindustrie langfristig klimaneutral und zugleich wettbewerbsfähig gestaltet werden kann. Im Fokus stehen hierbei verschiedene Aspekte. Da CO_2-Emissionen bisher bei der Klinkerproduktion unvermeidbar sind, wird die Oxyfuel-Technologie genutzt, um CO_2 effizient abzutrennen. Anstelle der energie-intensiven Luftzerlegung für Sauerstoff setzt das Projekt auf eine Kopplung von SOFC und SOEC, um den Energiebedarf der Sauerstofferzeugung zu senken. Ein Schwerpunkt des Projekts liegt in der energetischen und verfahrenstechnischen Auslegung und Dimensionierung der SOFC-SOEC-Kopplung zur Integration in Oxyfuel-Konzepte der Zementherstellung. Darüber hinaus werden im Drehrohrofenprozess verschiedene Verbrennungsszenarien untersucht. In Zusammenarbeit mit dem VDZ und der Universität Duisburg Essen, Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik und Energiesysteme, analysiert das GWI den Einfluss von O_2-angereicherten Oxidatoren sowie den Einsatz alternativer Brennstoffe, unter anderem mittels der Zumischung von Wasserstoff, auf das Verbrennungsverhalten in einem Drehrohrofen.

Der SO-O_2-Prozess mit rSOFC ist in der Abbildung 34 dargestellt. In dieser Variante besteht die Möglichkeit, die SOFC im Elektrolyse-Modus zu betreiben und somit mit beiden Teilanlagen Wasserstoff zu erzeugen. Dieser kann nach geeigneter Wärmerückgewinnung zwischengespeichert und entweder in einem gekoppelten Prozess genutzt oder aber vertrieben werden. In Zeiten höherer Strompreise würde ein Teil des Wasserstoffs genutzt, um einen geeigneten Betriebszustand zu realisieren. Die Verschaltung und die vom Betriebsmodus abhängige Wärmeintegration soll in diesem Projekt als vielversprechende Variante untersucht werden, um eine Bewertung des techno-ökonomischen Potentzials dieses Konzepts vorzunehmen.

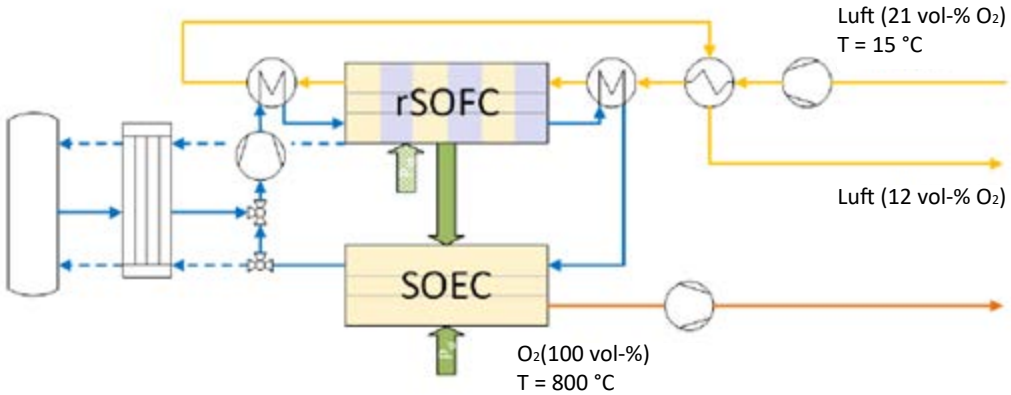

Abbildung 34: Verschaltungskonzept zur Vorwärmung der Prozessströme (gelb: Luft; blau: Wasserstoff-+Wassergemisch; orange: Sauerstoff) des SO-O_2-Prozesses mit Möglichkeit zur reversiblen Betriebsweise der SOFC samt Wasserstoffpufferspeicher

Energieeffiziente und CO_2-neutrale Stahlproduktion durch Einsatz additiver Fertigung und intelligenter Steuerung im Elektrolichtbogenofen – „OptiLBO“

Das Forschungsprojekt OptiLBO (Fördernr.:

Abbildung 35: Inbetriebnahme des entwickelten Brenners im Elektrolichtbogenofen

03EN2069 A) wurde im Rahmen der Technologieoffensive Wasserstoff des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) initiiert, um die CO_2-Emissionen in der Sekundärstahlherstellung mittels innovativer Prozess-, Brenner- und Regelungstechnik zu reduzieren. In Zusammenarbeit mit den Partnern Georgsmarienhütte Holding GmbH, Kueppers Solutions GmbH und DSD Automation GmbH wurde neben der Entwicklung einer KI-basierten Prozessteuerung ein hochmodernes Oxy-Fuel-Brennersystem konzipiert, das speziell für den späteren Einsatz mit grünem Wasserstoff ausgelegt ist und so einen CO_2-freien Betrieb des Lichtbogenofens ermöglicht.

Das neue Brennersystem wurde im additiven Fertigungsverfahren (3D-Druck) hergestellt und basierte auf einem zuvor am GWI experimentell getesteten Brennerdesign, das auf die erforderliche Zielleistung hochskaliert wurde. Die Abbildung 35 zeigt die erfolgreiche Inbetriebnahme des Brenners im Elektrolichtbogenofen. Der nächste Projektschritt umfasst die Durchführung von Langzeitversuchen, um die Praxistauglichkeit und Effizienz der Technologie unter realen Betriebsbedingungen zu evaluieren.

Aluminium und Wasserstoff

Im Jahr 2024 liefen am GWI drei Projekte, die sich mit dem Thema Wasserstoff und Aluminium beschäftigen. Aluminiumschmelzen weisen eine sehr hohe Affinität zu Wasserstoff auf. Die Aluminiumschmelze absorbiert den Wasserstoff bspw. aus der Atmosphäre, wobei als Nebenprodukt Aluminiumoxid entsteht, das letztlich als qualitätsmindernder Fremdstoff in der Schmelze vorliegt. Deshalb werden in den Projekten die verschiedenen Aspekte Produktqualität, Verbrennungsverhalten, Schadstoffemissionen, Anlagenfahrweise und -lebensdauer usw. näher betrachtet.

Werkstoffliche Grundlagenuntersuchungen für den Einsatz von regenerativem Wasserstoff bei der Herstellung von Sekundäraluminium – „H_2-Alu“

Das Projekt H_2-Alu (Fördernr.: 01LJ2106A) wurde zusammen mit der HMT Höfer Metall Technik GmbH & Co. KG und dem Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung, Bereich Ur- und Umformtechnik der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg erfolgreich am 30. Juni 2024 abgeschlossen. Das Ziel des Projektes war die materialtechnische Untersuchung der Auswirkungen einer Wasserstoffzumischung zum Erdgas auf die Aluminiumqualität. Das Vorhaben war Teil eines Verbundprojekts der KlimPro-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), welche Projekte zur Reduktion von CO_2-Emissionen in der Grundstoffindustrie fördert.

Im Rahmen des Projekts wurden Sekundäraluminiumproben an zwei unterschiedlichen Versuchsständen unter verschiedenen Erdgas- / Wasserstoff-Rauchgasatmosphären geschmolzen und gegossen. Die ersten Experimente fanden in einer semi-industriellen Umgebung statt, wobei die mobile Brennkammer verwendet wurde (s. Abbildung 37). Während dieser Versuche wurden Aluminiumschrotte geschmolzen, weitere Schrotte zugegeben und die entstandene Krätze entfernt. Die Schmelze wurde anschließend auf etwa 760 °C erhitzt und abgegossen.

Der zweite Versuchsstand wurde für Langzeitexperimente konzipiert. Während bei den semi-industriellen Versuchen die Rauchgasatmosphäre etwa eine Stunde lang mit der Aluminiumschmelze in Kontakt stand, wurde bei den Langzeitexperimenten eine Kontaktzeit von mindestens drei Stunden angestrebt. Der Langzeitprüfstand ermöglichte zudem die direkte Messung der Wasserstoffkonzentration in der Aluminiumschmelze.

Die gegossenen Proben beider Versuchsreihen wurden metallographisch untersucht. Die Analyse der Aluminiumproben umfasste eine Untersuchung der Porosität mittels Computertomografie (CT) (s. Abbildung 36) sowie metallographische Schliffbilder zur Untersuchung der inneren Gefügestruktur.

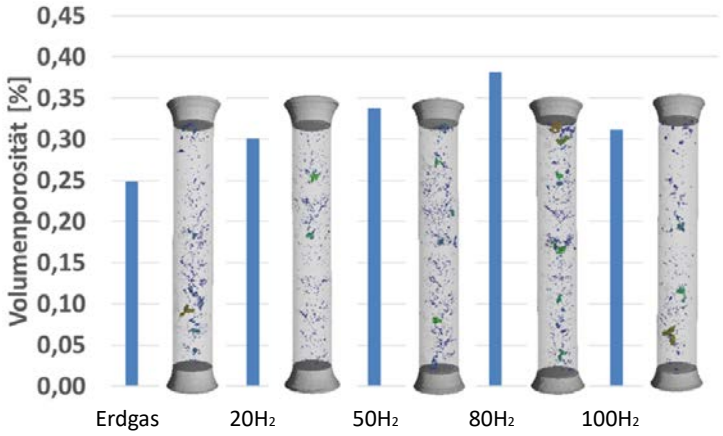

Abbildung 36: Ermittelte mittlere Volumenporosität in Abhängigkeit vom eingesetzten Brenngas der Langzeitexperimente (Quelle: OvGU)

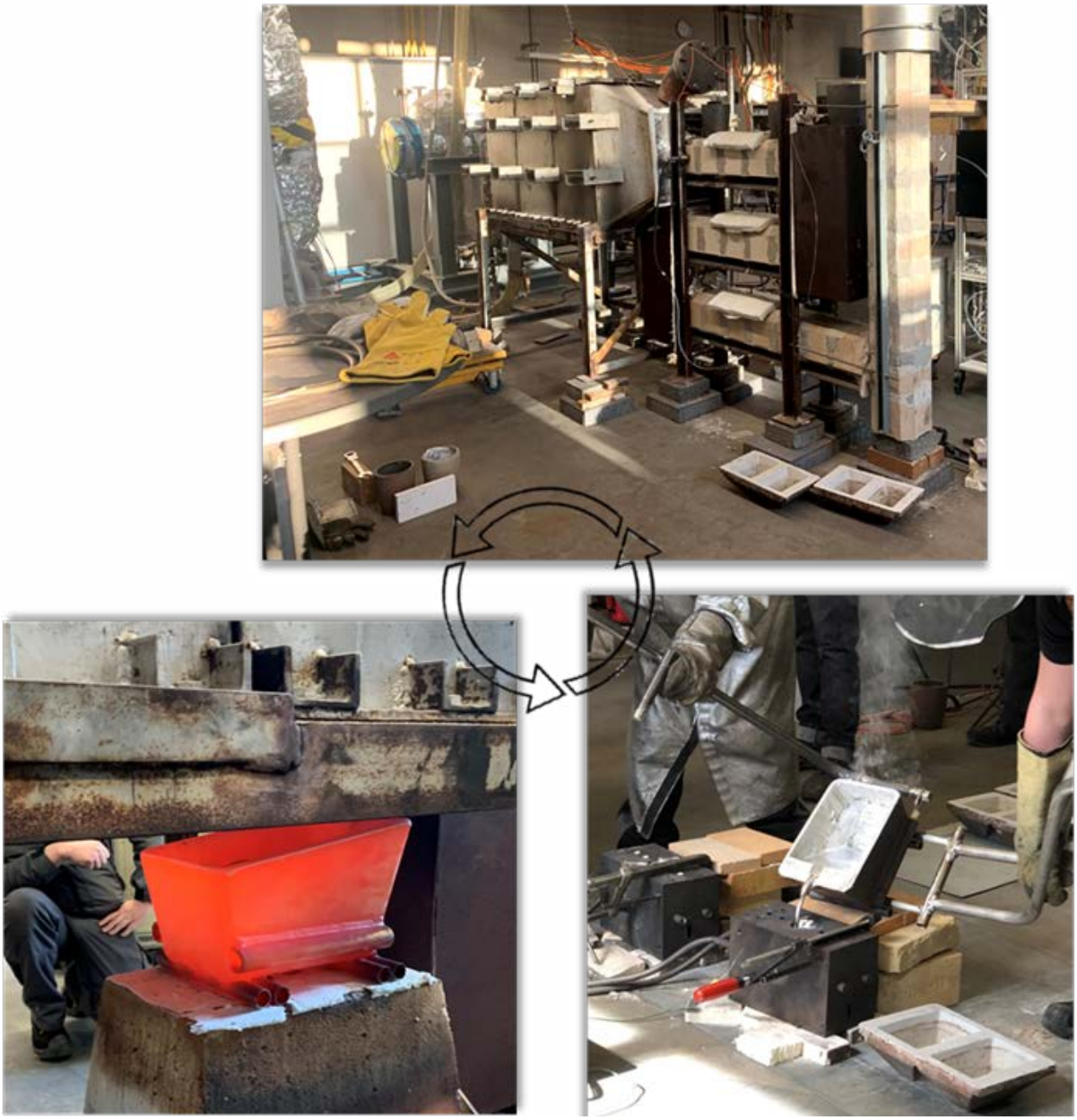

Abbildung 37: Abguss Szenario der in der Schmelzwanne geschmolzenen Materialproben (Quelle: GWI)

Der vollständige Abschlussbericht ist hier verfügbar: https://www.gwi-essen.de/publikationen/publikationen-am-gwi/abschlussberichte/abschlussbericht-h2-alu/.

Die Ergebnisse können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Der Dichteindex bei der Verwendung von 100 Vol.-% Erdgas ist vergleichbar mit dem bei Wasserstoffbeimischungen und zeigt nur einen geringen Anstieg bei 100 Vol.-% Wasserstoff.
- Es konnte kein signifikanter Einfluss der Wasserstoffbeimischung auf die Porosität der Gussstücke festgestellt werden.
- Die Erdgas- / Wasserstoffmischungen, einschließlich 100 Vol.-% Wasserstoff, hatten keinen signifikanten Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung).
- In den Langzeitexperimenten stieg der Wasserstoffgehalt in der Schmelze mit zunehmendem Wasserstoffanteil im Brenngas an, ohne jedoch die Porosität oder die mechanischen Eigenschaften zu beeinflussen.
- Die chemische Analyse der gegossenen Proben zeigte keinen Abbrand von Legierungselemeten.

Reduzierung der CO_2-Emissionen durch den Einsatz von regenerativem Wasserstoff bei der Herstellung von Aluminium-Rundbolzen zur Profilherstellung – Untersuchung der Auswirkungen auf den Schmelzprozess – „HyAlu“

Das Projekt HyAlu (Fördernr.: 03EN2080 A) untersucht zusammen mit der HMT Höfer Metall Technik GmbH & Co. KG, der BLOOM Engineering (Europa) GmbH und dem Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung, Bereich Ur- und Umformtechnik der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg im industriellen Maßstab die Auswirkungen der Zumischung von H_2 in das Brenngas sowie der Anreicherung von Sauerstoff in der vorgewärmten Verbrennungsluft bei der Herstellung von Aluminium-Rundbolzen aus Sekundäraluminium. Der Fokus der Untersuchungen liegt auf der Produktqualität der Rundbolzen und die zu erwartenden erhöhten NO_x-Emissionen. In diesem Forschungsprojekt wird ein industrieller Wasserstoffbrenner entwickelt und validiert, um den Einsatz von Wasserstoff als nachhaltigen Energieträger in der Aluminiumproduktion zu ermöglichen. Dabei soll auch die MSR-Technik erweitert und die Fahrweise des Aluminiumschmelzofens an die spezifischen Anforderungen des Wasserstoffbetriebs angepasst werden. Zudem soll das CO_2-Reduktionspotenzial des Was-

Abbildung 38: Schmelzofen zur Sekundär-Aluminiumherstellung (Quelle: © HMT Höfer Metall Technik GmbH & Co KG)

serstoffeinsatzes umfassend analysiert werden. Auf dieser Grundlage wird ein Konzept für eine regionale Wasserstoffwertschöpfungskette entwickelt, das eine nachhaltige Integration von Wasserstoff in industrielle Prozesse ermöglicht und gleichzeitig zur Reduktion der CO_2-Emissionen beiträgt. Auf Grundlage der Ergebnisse aus den reaktionskinetischen Berechnungen und internen Experimenten wird ein Brenner entwickelt, der in der Lage ist, verschiedene Erdgas-Wasserstoff-Gemische bis zu einem Anteil von 100 % Wasserstoff zu verbrennen. Der nächste Schritt des Projekts beinhaltet detaillierte Versuche mit dem Brenner am GWI in Kombination mit Simulationen. Bei einem positiven Ergebnis der Experimente wird der Brenner für die Langzeitversuche beim Projektpartner HMT (s. Abbildung 38) eingebaut und unter industriellen Bedingungen mit Wasserstoff geprüft.

Industrielle Transformation mit Wasserstoff: Das EU-Projekt „H_2AL“ im Überblick

Das EU-Projekt „H_2AL – Full-scale Demonstration of Replicable Technologies for Hydrogen Combustion in Hard-to-Abate Industries: The Aluminium use-case“ (Fördernr.: 101137610) untersucht mit Hilfe moderner Messtechnik, Simulationen und anderen digitalen Werkzeugen am Beispiel des Aluminium-Recyclings die Möglichkeiten, mit Wasserstoff (H_2) die Treibhausgasemissionen von schwer dekarbonisierbaren Industrien (HTAI: hard-to-abate industries) zu reduzieren. Hierzu wird im Rahmen des Projekts ein H_2-Oxy-Fuel-Brenner inkl. der Versorgungseinrichtungen für den Einsatz in einem Schmelzofen für Aluminiumschrott entwickelt und im semi-industriellen Maßstab getestet. Neben der eigentlichen Verbrennung werden auch Aspekte wie der Einfluss des Brennstoffwechsels auf Produkt- und Feuerfestqualitäten und die Auswirkungen auf die Schadstoffemissionen (NO_x) geprüft. Anschließend wird ein industrieller Schmelzofen vom Betrieb mit Erdgas und Luft auf den Betrieb mit Wasserstoff und Sauerstoff umgerüstet und im industriellen Einsatz untersucht, s. Abbildung 39. Das Konsortium besteht aus zehn Partnern aus vier Ländern, darunter vier Forschungsorganisationen, fünf Industriepartner und ein Industrieverband und umfasst einen Endverbraucherverband, der den Aluminiumsektor in Europa vertritt, s. Abbildung 40.

H2AL
DECARBONISING ALUMINIUM RECYCLING WITH HYDROGEN

Partner:

Abbildung 40: H_2AL-Konsortium

Brennerentwicklung und MSR-Technik

Im Rahmen des Projektes „Tomo-Pro – Entwicklung eines optischen Detektionssystems für die Anwendung der 3D-Chemilumineszenz-Tomographie in industriellen Hochtemperatur-Prozessen“ (IGF-Fördernr.: 21479 BG) wurde gemeinsam mit dem Institut für Energie- und Materialprozesse (EMPI) an der Universität Duisburg-Essen und dem Gastechnologischen Institut in Freiberg (DBI) eine multidirektionale Erfassung der Flammenemission technisch umgesetzt,

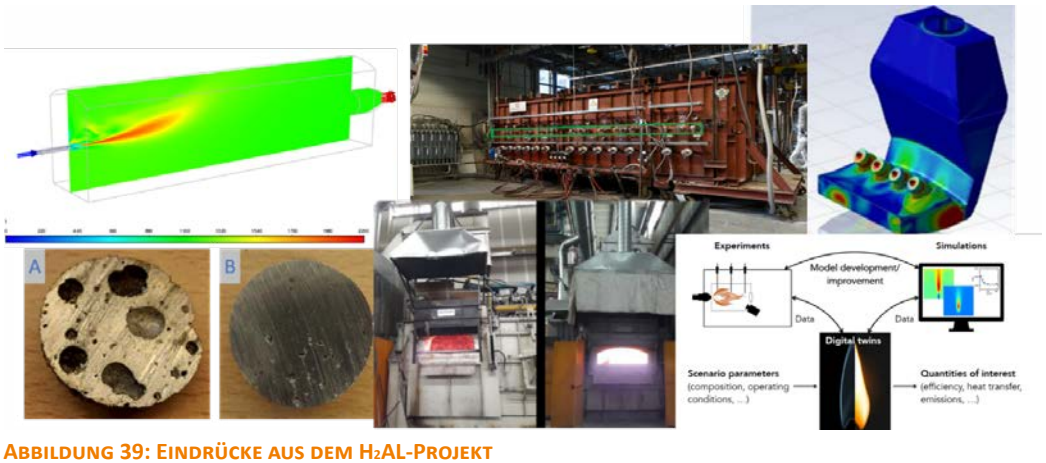

Abbildung 39: Eindrücke aus dem H_2AL-Projekt

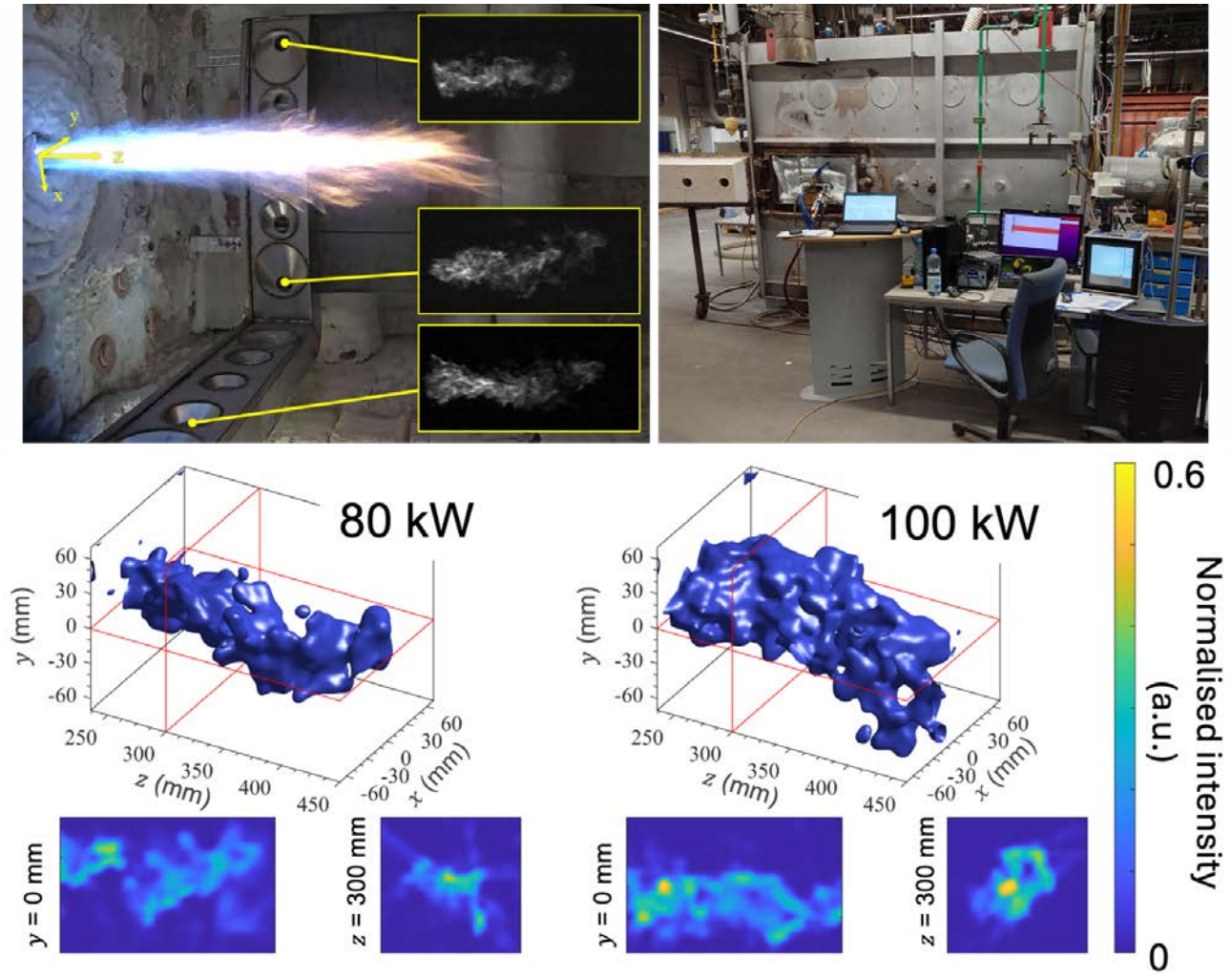

Abbildung 41: Erprobung der tomographischen Ofenraumsonde im Nassheuer-Ofen des GWI (oben) und aus den Bilddaten berechnete 3D-Rekonstruktionen der instantanen Flammenfront turbulenter Erdgas-Luft-Flammen (unten)

die eine hochauflösende Rekonstruktion der instantanen Reaktionszone mit Hilfe tomographischer Bildverarbeitungsalgorithmen erlaubt. Die zu diesem Zweck entwickelte Ofenraumsonde beherbergt zehn Kameras in einer optimierten Anordnung und erlaubt aufgrund der Verwendung von optischen Filtern eine spektral selektive tomographische Bildgebung in der Hochtemperaturumgebung. Das integrierte Kamerasystem basiert auf kostengünstigen CMOS-Sensoren und eignet sich zur Integration in unterschiedliche Thermoprozessumgebungen. Mit dem entwickelten Sondensystem wurde die tomographische Detektion der Flammenemission erfolgreich auf Feuerungen im industriellen Maßstab angewandt und die momentane Reaktionszone für verschiedene Betriebsbedingungen rekonstruiert (s. Abbildung 41). Die erhaltenen 3D-Daten beinhalten die detaillierte Flammenmorphologie und geben erstmalig einen Einblick in die turbulente Struktur der Reaktionszone, der mit den bislang eingesetzten 2D-Verfahren nicht erzielt werden kann. Die digitalen 3D-Daten können zukünftig sowohl Informationen für die Prozessüberwachung in Echtzeit liefern als auch zur Validierung von CFD-Simulationen im Zuge der Auslegung und Optimierung von Feuerungen dienen. Die Forschungsergebnisse liefern wertvolle Erkenntnisse für die Anwendbarkeit bildgebender 3D-Detektionsverfahren auf reale Thermoprozesse. Der Abschlussbericht ist unter dem Link https://www.gwi-essen.de/publikationen/publikationen-am-gwi/abschlussberichte/abschlussbericht-tomopro/ von der GWI-Homepage abrufbar.

Entwicklung eines innovativen Brennersystems zur Einsparung von CO_2 durch die flexible Nutzung von Gasen erneuerbaren Ursprungs und Prozessgasen der Industrie – „BrEEga“

Das Ziel des erfolgreich abgeschlossenen BMWi-Forschungsvorhabens mit dem Akronym BrEEga (Fördernr.: 03EN2070A) lag in der Dekarbonisierung von industriellen Feuerungsprozessen mit Hilfe der Entwicklung eines variablen Brennersystems zur Nutzung erneuerbar erzeugter Brenngase und Prozessgasen zur Bereitstellung von Prozesswärme. Im Rahmen des genannten Vorhabens wurde zusammen mit der Firma Friedrich Ley GmbH ein Brennersystem entwickelt und bereits experimentell untersucht, dass neben dem NO_x-armen Betrieb mit unterschiedlichen Brenngasen zudem einen hohen Regelbereich ermöglicht.

Die am GWI durchgeführten Untersuchungen belegen die effektive Emissionsminderung des neu entwickelten Brenners (s. Abbildung 42), unabhängig vom eingesetzten Brenngas. NO_x-Emissionen konnten signifikant gesenkt werden, insbesondere im angepassten Betrieb mit Erdgas H, wo eine Reduktion um 60 % im Vergleich zum Referenzwert (92,5 mg/kWh) erzielt wurde. Im flammenlosen Betriebsmodus (MILD) erreichte die NO_x-Reduktion unter optimalen Bedingungen bis zu 98 %. Auch bei den untersuchten Prozessgasen (Gasometergas, MeOH-Purge-Gas und Konvertergas) wurden NO_x-Einsparungen von bis zu 49 % im Vergleich zum Referenzbrenner gemessen. Die Verbrennung von Wasserstoff zeigte mit einer Minderung um 73 % die höchste NO_x-Reduktion im Flammenbetrieb. Besonders niedrige Werte wurden im flammenlosen Betrieb mit Erdgas H und Biogas erreicht. Während für eine stabile MILD-Verbrennung mit Erdgas spezifische Betriebsbedingungen erforderlich waren, stellte sich beim Biogas-Betrieb oberhalb der Zündtemperatur automatisch eine flammenlose Verbrennung ein.

Auch die Ammoniak-Verbrennung zeigte vielversprechende Ergebnisse: Der Brenner ermöglicht mit einer effizienten Mischung von Luft, NH_3 und Rauchgas direkt den flammenlosen Betrieb. Diese Betriebsweise führte zu einer signifikanten Reduktion der NO_x- und N_2O-Emissionen, selbst bei einem Brennstoff mit hohem NO-Bildungspotenzial. Die resultierenden NO_x-Werte lagen lediglich 10 % über dem geltenden Grenzwert, eine beachtliche Leistung, da Ammoniak als Brenngas in bestehenden Emissionsregelwerken (z. B. TA-Luft) noch nicht berücksichtigt ist.

Neben der Brenngasflexibilität wurde auch der Regelbereich des Brennersystems erheblich erweitert – ein entscheidender Vorteil für Anwendungen mit schwankenden Leistungsanforderungen, wie sie in Industrieanlagen vorkommen. Während konventionelle Brennersysteme typischerweise einen Regelbereich von 1 : 10 aufweisen, erreichte das neue System einen Bereich von 1 : 200.

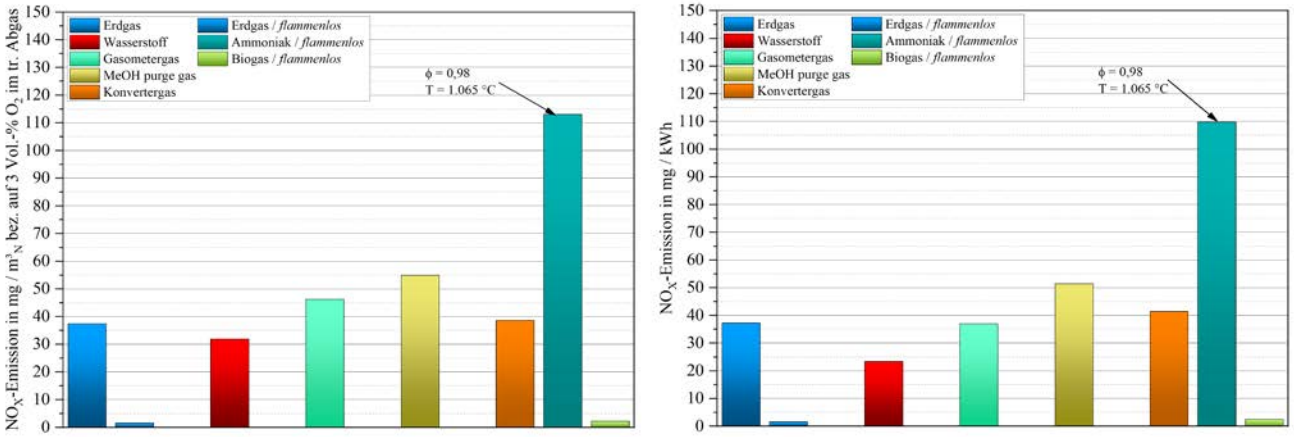

Abbildung 42: Ergebnisse der Untersuchung des BrEEga-Brenners bei der Nutzung verschiedener Brenngase (Q_{TH} = 180 kW, λ = 1,15, $T_{Ofen, mittel}$ ≈ 850 °C); links: NO_x-Konzentration in mg/m³ bez. auf 3 Vol.-% O_2 im tr. Abgas, rechts: NO_x-Emission in mg/kWh (Quelle: GWI)

Zur Untersuchung des Lastverhaltens wurden Erdgas H und Wasserstoff in einem Hochtemperaturversuch verbrannt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Brenner die Emissionsgrenzwerte über einen weiten Leistungsbereich ($10 \leq Q_{th} \leq 200$ kW) unterschreitet und auch bei sehr niedrigen Lasten unter 1 kW eine stabile Flammenbildung ermöglicht. Besonders vorteilhaft erwies sich die dynamische Mengenverteilung, die ein konstantes Impulsstromverhältnis gewährleistet.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die bedeutende Rolle der konstruktiven Gestaltung für eine flexible und emissionsarme Brenngasanwendung. Mit der optimierten Regelung konnte der Leistungsbereich mit NO_x-Werten unterhalb der Grenzwerte deutlich erweitert werden, insbesondere im Wasserstoffbetrieb ($40 \leq Q_{th} \leq 200$ kW).

Die beschriebenen Untersuchungen bestätigen die hervorragende Emissionsminderung und Flexibilität des neuen Brenners, der mit NO_x-Reduktion, flammenlosen Betrieb und erweiterten Regelbereich einen bedeutenden Fortschritt darstellt. Der vollständige Abschlussbericht kann hier abgerufen werden: https://www.gwi-essen.de/publikationen/publikationen-am-gwi/abschlussberichte/abschlussbericht-breega/. Die Patentanmeldung unterstreicht das Innovationspotenzial und die Relevanz dieser Entwicklung für eine nachhaltige Industrieverbrennung.

Veröffentlichungen, Vorträge und Messen

Neben der eigentlichen Forschungsarbeit ist die Veröffentlichung der gewonnenen Erkenntnisse eine der Aufgaben einer F&E-Abteilung. Dies gilt vor allem im Kontext öffentlich geförderter Projekte, wo die „Dissemination“, also die Weitergabe und Kommunikation der Resultate, oft Grundvoraussetzung für die Förderung ist.

In 2024 war die Abteilung für Industrie- und Feuerungstechnik daher wieder auf verschiedenen Fachveranstaltungen im In- und Ausland präsent, um Ergebnisse aus aktuellen Forschungsprojekten vorzustellen und zu diskutieren. Hierzu zählen schon traditionell die European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB) in Portugal und die International Gas Research Conference (IGRC), die dieses Mal in Banff (Kanada) stattfand. Auf der INFUB wurden Ergebnisse von experimentellen Untersuchungen zur Ammoniak-Verbrennung im semi-industriellen Maßstab [1] und zur tomographischen Analyse von Flammen in Hochtemperaturprozessen [2] vorgestellt, zudem war das GWI mit einer Keynote Lecture [3] vertreten, in der die Herausforderungen, die sich aus der Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme mit Hilfe von Strom und Wasserstoff ergeben, diskutiert wurden. Das Thema wurde im Herbst beim 1st CYPHER Workshop „Digital Twins for the Decarbonization of Hard-to-Abate Industries“ in Thessaloniki im Kontext der Digitalisierung von Industriebranchen erneut aufgegriffen [4].

Die Verbrennung von Wasserstoff als Dekarbonisierungsoption für Hochtemperatur-Prozesswärme stand auch im Fokus eines Vortrags bei der IGRC [5], auf einer Poster-Präsentation wurden außerdem Ergebnisse eines gemeinsamen Projekts von GWI und NaTran (ehemals GRTgaz, der französische Fernleitungsnetzbetreiber) zum Einfluss von Erdgasbeschaffenheitsschwankungen auf sensible Endverbraucher sowie mögliche Gegenmaßnahmen vorgestellt [6], s. Abbildung 43.

Abbildung 43: Impressionen der IGRC

Das Thema Erdgasbeschaffenheiten, insbesondere vor dem Hintergrund der sich rapide verändernden geopolitischen Situation in Europa, war auch Gegenstand eines Artikels im Branchen-Magazin „EWP – energie – wasser – praxis“, an dem Mitarbeiter des GWI mitwirkten [7].

Der Schwerpunkt der IFT-Veröffentlichungen lag dieses Jahr im Wesent-

lichen auf zwei Themenschwerpunkten. So wurde ein Artikel in einem internationalen „peer-reviewed“ Journal zur Dekarbonisierung von Hochtemperatur-Prozesswärme veröffentlicht [8], zudem gab es zahlreiche weitere Vorträge, Poster und Fachartikel zu diesem Thema und der Verbrennung von Ammoniak, etwa [9], [10], [11], [12], [13].

Generell nimmt das Thema Wasserstoff im Kontext der Dekarbonisierung von Industrieprozessen nach wie vor sehr viel Raum ein, gerade im Kontext der energieintensiven Grundstoffindustrien. Bledar Islami stellte daher die wesentlichen Erkenntnisse der Projekte „HyGlass“ und „H_2-Glas“ auf der 97th DGG Glass Technology Conference in Aachen vor. Auf der gleichen Konferenz diskutierte Jörg Leicher mit dem Publikum, wie Stickoxid-Emissionen bei der Verbrennung von Wasserstoff sinnvoll und konsistent mit den Emissionen etablierter Brennstoffe wie Erdgas verglichen werden können.

Andere aktuelle Themen neben der bereits erwähnten Flammentomographie waren nach wie vor die Vergleichbarkeit von Schadstoffemissionen bei sehr unterschiedlichen Brennstoffen wie Erdgas und Wasserstoff [14], der konkrete Einsatz von Wasserstoff in Prozessfeuerungen am Beispiel der Glasindustrie [15], [16] und zunehmend auch die Rolle von synthetischen Brennstoffen neben Wasserstoff und Ammoniak in einem dekarbonisierten Energiesystem. Dieser Punkt wurde z. B. im Rahmen eines Vortrags [17] bei der GWI-Veranstaltung „KWK – Bauteil einer integrierten Energieversorgung“ angerissen.

Traditionell war die IFT auch 2024 auf einem Gemeinschaftsstand mit der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V. (HVG) auf der glasstec in Düsseldorf vertreten, der weltweit größten Fachmesse der Glasindustrie. Besonderer Grund zur Freude und die absoluten

Abbildung 44: Auszeichnung von Marcel Biebl mit dem Boie-Nachwuchspreis auf dem Kraftwerkstechnischen Kolloquium in Dresden

Highlights des Jahres waren die Auszeichnungen für den IFT-Mitarbeiter Marcel Biebl. Im Oktober wurde er für den besten Vortrag eines Nachwuchswissenschaftlers beim KWTK 2023 mit dem Boie-Preis für seine Präsentation über experimentelle Untersuchungen zur Verbrennung von Ammoniak ausgezeichnet, s. Abbildung 44. Zum zweiten war es die Verleihung des Innovation2Buisness Preises NRW für Marcel Biebl und Jens te Kaat von Kueppers Solutions für die Entwicklung des IRecu®, der im Rahmen des gemeinsamen Projektes „AdReku – Entwicklung eines additiv gefertigten rekuperativen Brennersystems zur Effizienzsteigerung und Schadstoffreduzierung“ mit entwickelt wurde.

Publikationen

Veröffentlichungen 2024

Schaffert, J., Heidbreder, L., Brede, N., Grube, E., Pietsch, P., Mörs, F., Staudt, C.: Vielversprechende Zukunftsoptionen für Biogas: Ergebnisse des DVGW-Forschungsprojektes "ENEVEG"; energie | wasser-praxis 01/2024

Görner, K., Kolligs, C., Lang, J., Hüting, F., Wieland, C., Apfel, U.-P., Budt, M.: P2X platform – Test platform for conversion technologies and their interaction for sector coupling; vgbe energy journal 1/2 · 2024

Bäuerle, M., Paintner, T., Schmolke, D., Systermans, T., Kinnen, W., Jordan, T.: H_2-Transport- und Speicheroptionen: Normen und technische Regeln; Chemie | Ingenieur | Technik 2024, 96, No. 1-2, 211 - 219

Islami, B., Leicher, J., Nowakoswki, T., Giese, A., Overath, J., Fleischmann, B.: Will a hydrogen / natural gas blend work in glass melting?; Glass International, Issue July / August, pp. 43-48, 2024

Leicher, J., Giese, A.: Dekarbonisierung von industrieller Prozesswärme: Elektrifizierung oder Wasserstoff?; energie| wasser - praxis 08/2024, S. 14-20

Piontek, M., Scheming, V., Wendler, A., van Almsick, T., Leicher, J., Wallbrecht, J., Höcher, T., Klaas, U., Krause, H., Linke, W., Hössel, M., Klinkmüller, L., Vetter, S.: Gasversorgung im Wandel – Flexibilität der deutschen Gasversorgung in Krisenzeiten; energie | wasser-praxis 9/2024, S. 86 – 94

Leicher, J., Giese, A., Wieland, C.: Electrification or Hydrogen? The Challenge of Decarbonizing (High-Temperature) Process Heat; J - Multidisciplinary Scientific Journal, Vol. 7(4), pp. 439-456, 2024, doi: 10.3390/j7040026

"Stainchaouer, A., Schifflechner, C., Wieland, C., Sakalis, G., Spliethoff, H.: Evaluating long-term operational data of a Very Large Crude Carrier: Assessing the diesel engines waste heat potential for integrating ORC systems; Applied Thermal Engineering, Volume 255, 15th October 2024, 123974
Koj, J. C., Zapp, P., Wieland, C., Görner, K., Kuckshinrichs, W.: Life cycle environmental impacts and costs of water electrolysis technologies for green hydrogen production in the future; Energy Sustainability and Society, 14, No. 64, 2024

Albus, R., Wieland, C.: Tätigkeitsbericht 2023 Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.; "ISSN: 2570-0413 (Print-Version); ISSN: 2628-7269 (Online-Version)"

Vorträge 2024

Albus, R.: Die Novelle des GEG – Status und Möglichkeiten zur Erfüllung der 65 % EE-Vorgabe; Rhein Ruhr Power Top Thema, 22. Januar 2024, Online

Giese, A., Biebl, M., Leicher, J.: Ammoniak als Energiequelle!?; AWT-Fachausschuss 16 – Nachhaltigkeit und Effizienz, 25. Januar 2024, Online

Schaffert, J., Burmeister, F., Lange, M., Albus, R.: H_2-Readiness im Wärmemarkt – Wo stehen wir aktuell?; 5. Wasserstoff Crashkurs des DVGW, 01. Februar 2024, Online

Leicher, J.: Dekarbonisierte Prozesswärme durch kohlenstofffreie Brennstoffe – industrielle Verbrennungsprozesse mit Wasserstoff und Ammoniak; KIT-Kolloquium Verbrennungstechnik, 8. Februar 2024, Karlsruhe

Giese, A., Koslowski, E., Michaelis, C.: Reduzierung der CO_2-Emissionen durch den Einsatz von regenerativem Wasserstoff bei der Herstellung von Aluminium-Rundbolzen zur Profilherstellung – Untersuchung der Auswirkungen auf den Schmelzprozess (HyAlu); Wasserstand – Aktuelles aus der Wasserstoffforschung, 16. Februar 2024, Online

Schaffert, J.: Die Zukunftschancen von Biogas und Biomethan; H_2 Lunch & Learn am 28. Februar 2024, Online

Giese, A., Biebl, M., Leicher, J.: Zukünftige Optionen von H_2 und NH_3 im Energiesektor; 5. Sitzung der WG „Brennstoff / Feuerungen / Abgasreinigung (BFA)“, vgbe, 7. März 2024, Lünen

Giese, A.: Bewertung von NO_x-Emissionen im Kontext der Verbrennung wasserstoffhaltiger Brenngase; Fachverband Aluminiumrecycling – Technischer

Ausschuss, 12. März 2024, Hettstedt

Giese, A., Biebl, M., Leicher, J.: Ammoniak – ein alternativer CO_2-neutraler Brennstoff!?; H_2 Lunch & Learn am 19. März 2024, Online

Leicher, J.: Going all-electric? Alternative fuels for decarbonized (high-temperature) process heat; 14th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB14), 5. April 2024, Algarve (Portugal)

Biebl, M., Leicher, J., Giese, A., Görner, K.: Experimental investigations of the combustion of ammonia for decarbonised process heat; 14th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB14), 5. April 2024, Algarve (Portugal)

Röder, M., Pietsch, P., Unterberger, A., Martins, F. J. W.A., Foo, C. T., Giese, A., Mohri, K.: 3D Tomographic Reconstruction of Industrial High-Temperature Combustion Processes; 14th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB14), 5. April 2024, Algarve (Portugal)

Albus, R.: Perspektiven von Gasanwendungen im Zuge der Energiewende; Gaskursus 2024 des Engler-Bunte-Instituts, 10. April 2024, Karlsruhe

Leicher, J.: H_2 vs. Strom?; Energiewende Industrie – CO_2-neutrale Energieversorgung, 16. April 2024, Essen

Albus, R.: H_2 im Wärmemarkt – Wo stehen wir und welche Aufgaben sind noch offen?; Energiegemeinschaft für die Region Düsseldorf e.V., 18. April 2024, Essen

Giese, A., Leicher, J., Wieland, C.: Tacheles Talk: H_2-Forschung an Rhein und Ruhr; Hy.Summit.Rhein.Ruhr 2024, 18. April 2024, Essen

Giese, A., Biebl, M., Leicher, J.: Ammoniak als Dekarbonisierungsoption für eine dezentrale Prozesswärmebereitstellung; 4. Technikforum Wasserstoff, 23. April 2024, Online

Leicher, J., Giese, A.: Fueling the decarbonization of high-temperature process heat – The case for hydrogen; International Gas Research Conference, 13. - 16. Mai 2024, Banff, Kanada

Giese, A., Biebl, M., Leicher, J.: Ammoniak als CO_2-neutraler Brennstoff!?; Symposium "Das Wasser ist die Kohle der Zukunft", 27. - 28. Mai 2024, Halle (Saale)

Leicher, J., Giese, A.: High-temperature combustion of hydrogen and NO_x emissions: Physical and regulatory aspects; 97th Glass Technology Conference, 28. Mai 2024, Aachen

Wieland, C.: Wasserstoff – Baustein unserer Zukunft; Wissenschaftssommer Essen 2024 / Lebenslanges Lernen e.V., 10. Juni 2024, Essen (Universität Duisburg-Essen)

Wieland, C., Fischer, C., Liekenbrock, J.: Flexibel bis Modular: Zukunftsperspektiven der KWK; Duisburger KWK-Symposium, 19. Juni 2024, Duisburg

Leicher, J.: Decarbonising industrial process heat with hydrogen; Fraunhofer-HTL Workshop "Energy efficiency of high-temperature processes", 25. Juni 2024, Online

Feller, B., Biebl, M., Leicher, J., Giese, A., Wieland, C.: Low NO_x Ammonia Combustion: Chemical Reactor Network Simulations vs Experiments; 37th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS2024), 30. Juni - 5 . Juli 2024, Rhodos, Griechenland

Wieland, C.: Wasserstoff und Ammoniak im Einsatz: Chancen und Herausforderungen bei der Verbrennung; Hy.Region Expert Morning Talk, 1. Juli 2024, Online

Giese, A.: Welche Auswirkungen hat die veränderte Verbrennungsatmosphäre in der Anlage auf das Wärmgut?; PtJ Wasserstoff-Workshop, 27. August 2024, Essen

Leicher, J.: Überblick zum Einsatz alternativer Brennstoffe; KWK Fachforum "KWK-Baustein einer integrierten Energieversorgung", 29. August 2024, Essen

Giese, A., Biebl, M., Leicher, J.: Ammoniak als CO_2-freier Brennstoff für industrielle Anwendungen; 65. Erfahrungsaustausch der Chemiker und Ingenieure des Gasfaches, 6. September 2024, Leipzig

Leicher, J.: The future of industrial (high-temperature) process heating: electricity and / or hydrogen?; 1st CYPHER Workshop „Digital Twins for the decarbonization of hard-to-abate industries", 12. September 2024, Thessaloniki, Griechenland

Lucke, N.: Kraft-Wärme-Kopplung in Wärmenetzen und mit Wasserstoff; E-world Community Webinarreihe "Sustainable Power: Grüne Kraftwerke für die Energiewende", 13. September 2024, Online

Giese, A., Koslowski, E., Michaelis, C.: Reduzierung der CO_2-Emissionen durch den Einsatz von regenerativem Wasserstoff bei der Herstellung von Aluminium-Rundbolzen zur Profilherstellung – Untersuchung der Auswirkungen auf den Schmelzprozess (HyAlu); AWT Fachausschuss 16. - 17. September 2024, Online

Albus, R.: "Wärmenetzentwicklung in Kommunen – Chancen und Risiken"; Roadmap Energieinfrastruktur 2045, 2. Oktober 2024, Heppendorf (QUIRINUS Forum)

Schaffert, J.: Potenziale und Erweiterte Nutzungsoptionen Erneuerbarer Gase; Deutscher Biogastag, 9. Oktober 2024, Würzburg

Leicher, J.: Dekarbonisierung von Hochtemperatur-Prozesswärme: Strom und Wasserstoff als Optionen; Netzwerktreff Prozesswärme, 9. Oktober 2024, Hamm

Albus, R.: Klimaneutrale Wärmeversorgung als integraler Bestandteil der Energiewende; 56. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, 9. Oktober 2024, Dresden

Giese, A., Feller, B., Biebl, M., Kaiser, J.: NH_3 F&E-Aktivitäten des GWI; 2. Workshop: Ammoniak – mehr als ein Molekül, 30. Oktober 2024, Essen te Kaat, J., Giese, A.: NH_3-Preheat – Entwicklung eines multi-rekuperativen Brennersystems für eine stabile und schadstoffarme Verbrennung von Ammoniak in Thermoprozessanlagen; Industrielle Brennertechnik und nachhaltige Wärmeerzeugung, 5. November 2024, Lahnstein

Giese, A.: Die Zukunft der industriellen (Hochtemperatur-)Prozesswärme: Elektrisch und / oder alternative Brennstoffe?; Industrielle Brennertechnik und nachhaltige Wärmeerzeugung, 6. November 2024, Lahnstein

Leicher, J.: Strom? Wasserstoff? Dekarbonisierungsoptionen für Hochtemperatur-Prozesswärme 2. Statuskonferenz der BMBF-Fördermaßnahme „KlimPro-Industrie – Vermeidung von klimaschädlichen Prozessemissionen in der Industrie“, 13. November 2024, Dortmund

Albus, R.: Wasserstofftechnologietransfer im Realitätscheck; figawa-Sektorforum Gas / Liquid Fuels 2024, 20. November 2024, Düsseldorf

Giese, A., Feller, B., Biebl, M., Kaiser, J.: Ammoniak ein CO_2-freier Brennstoff?; H_2 Derivate - Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung, 4. Dezember 2024, Online

Giese, A.: H_2 Anwendungen in der Industrie – Alternativlos?; H_2 Informationsveranstaltung der Stadtwerke Bochum Netz, 9. Dezember 2024, Bochum

Poster 2024

Schaffert, J., Brücken, N., Heidbreder, L.: Quartier für Quartier (Q4Q) – Alternativen zum Erdgas und die Zukunft der Gasverteilnetze im Rahmen der kommunalen Wärmewende; 2024 – Ein "Ja(hr)" für die Wärmewende!? Bioenergiefachtagung, 29. Februar 2024, Steinfurt

Leicher, J., Giese, A., Vatin, A., Palluotto, L.: Natural gas quality and its impact on sensitive end-users: What’s the problem and what can be done about it?; International Gas Research Conference, 13. - 16. Mai 2024, Banff, Kanada

Feller, B., Biebl, M., Leicher, J., Giese, A., Wieland, C.: Low NO_x Ammonia Combustion: Chemical Reactor Network Simulations vs Experiments; 37th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of

Energy Systems (ECOS2024), 30. Juni - 5 . Juli 2024, Rhodos, Griechenland

Foo, C. T., Martins, F. J. W. A., Unterberger, A., Röder, R., Pietsch, P., Giese, A., Mohri, K.: Tomographic camera probe for 3D emission measurements in high-temperature industrial-scale furnaces; 40th International Symposium on Combustion, 21. - 26. Juli 2024, Mailand, Italien

Offermann, N., Lindner, M., Rehtanz, C., Radek, J., Brunsch, D., Kramer, H., Weber, C., Schuster, C., Heyer, A., Benthin, J.: MOPPL – Koordination von Infrastrukturplanung für Wasserstoff und Elektrizität mit Investitionen in sektorkoppelnde Anlagen – ein Ansatz zur Modellkopplung; HySummit Rhein Ruhr, 18. September 2024, Essen

(Abschluss-)Berichte

Benthin, J., Feltges, O., Heinze, A., Huismann, P., Lucke, N., Schmelzer, M., Thieme, S., Kippelt, S., Alfio, S.: EnEff: Wärme: IQDortmund: Konzeptionierung eines integrierten Wärmenetzes zur sektorenübergreifenden Quartiersversorgung in Dortmund "Fördermittelgeber: BMWK; Förderkennzeichen: 03ET1633; Projektlaufzeit: 3,5 Jahre (09/2019 – 04/2023)"

Benthin, J., Hagemeier, A., Heyer, A., Höffner, D., Huismann, P., Ruppert, S., Stienecker, M., Urbansky, J., Wolf, P., Bruns, M.: Kontextbezogene Potenzialanalysen, Einbindung der IKT-Ebene und Untersuchung erweiterter Fragestellungen bei der integrierten Betrachtung von Strom-, Gas- und Wärmesystemen (IntegraNet II); "Fördermittelgeber: BMWK; Förderkennzeichen: 03EI1008B; Projektlaufzeit: 4 Jahre (11/2019 – 6/2023)"

Koslowski, E., Leicher, J., Nowakowski, T., Giese, A., Schaaf, C., Kühn, M., Anger, S., Beuse, J., Grandrath, K., Martin, T.: Energieeinsparung in oxy-fuel-befeuerten Thermoprozessanlagen durch thermochemische Rekuperation (Oxy-TCR); "Fördermittelgeber: BMWK (PtJ); Förderkennzeichen: 03ET1654A-D; Projektlaufzeit: 4,5 Jahre (4/2019 - 9/2023)"

Burmeister, F., Oberschelp, L., Joormann, N., Tali, E., Schaffert, J.: Dichtheitsprüfung von Flanschverbindungen in Anlagen zum Betrieb mit Wasserstoff und wasserstoffhaltigen Gasen – DiFla-H_2; "Fördermittelgeber: DVGW; Förderkennzeichen: G 202141; Projektlaufzeit: 1,75 Jahre (4/2022 - 12/2023)"

Benthin, J., Heyer, A., Huismann, P., Frankenhoff, F., Lucke, N., Redicker, C., Ruppert, S., Wolf, P., Schneider, D., Stein, T., Biebl, M., Roes, J., Verheyen, J., Verheyen, O., Fischer, C., Rachidi, H., Vrangos, V., Gardemann, U., Kaiser, S., Steffen, M.: "KWK.NRW 4.0 im Rahmen des Virtuellen Instituts | KWK.NRW"; "Fördermittelgeber: Europäische Union, EFRE.NRW, Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes NRW Förderkennzeichen: EFRE-0400285 / EFRE-0400286; Projektlaufzeit: 4 Jahre (9/2019 – 06/2023)"

Röder, M., Möntmann, D., Giese, A.: Integrales Mehrstoffbrennersystem zur Erzeugung industrieller Prozesswärme aus flüssigen und gasförmigen Ersatzbrennstoffen – Integration eines Vorverdampfungskonzeptes für flüssige Biobrenn-, Rest- und Abfallstoffe (InteBRA); "Fördermittelgeber: BMWK, IGF; Förderkennzeichen: 21192 N; Projektlaufzeit: 3,25 Jahre (5/2020 – 7/2023)"

Götze, P., Röder, M., Müller, A., Mohri, K., Giese, A., Wiersig, M., Nitsche, J.: GreCoCon - Green Combustion Control – Industrielle Verbrennungsregelung für hohe, volatile Wasserstoffanteile auf Basis von Flammensignalen; "Fördermittelgeber: BMWK, IGF Förderkennzeichen: 32 LBG; Projektlaufzeit: 3 Jahre (1/2021 – 12/2023)"

Teodosic, M., Schmid, D., Rehtanz, C., Namockel, N., Junkermann, J., Heyer, A., Feltges, O., Huismann, P., Benthin, J., Wieland, C.: GreenVEgaS - Gesamtsystemanalyse der Sektorenkopplung "Fördermittelgeber: BMWK; Förderkennzeichen: 03EI1009D ; Projektlaufzeit: 3,5 Jahre (9/2020 – 2/2024)"

AmOszi - Stickoxidminderung bei der oszillierenden Verbrennung von Ammoniak als kohlenstofffreiem Energieträger; "Fördermittelgeber: IGF; Förderkennzeichen: 21858 N; Projektlaufzeit: 2,25 Jahre (6/2021 - 8/2023)"

EffiH$_2$ - Entwicklung flexibler Flächenbrennersysteme zur Integration von Prozessgasen und Wasserstoff in energieintensive Industrieprozesse "Fördermittelgeber: BMWK, IGF; Förderkennzeichen: 21773 N; Projektlaufzeit: 2 Jahre (1/2022 - 12.2023) "

Röder, M., Foo, C. T., Pietsch, P., Martins, F. J. W. A., Unterberger, A., Giese, A., Mohri, K.; Tomo-Pro - Entwicklung eines optischen Detektionssystems für die Anwendung der 3D-Chemilumineszenz-Tomographie in industriellen Hochtemperatur-Prozessen "Fördermittelgeber: IGF; Förderkennzeichen: 21479 BG; Projektlaufzeit: 3,5 Jahre (11/2020 - 3/2024)"

Koslowski, E., Giese, A., Michelis, C., Hackert-Oschätzchen, M.: H_2-Alu – Werkstoffliche Grundlagenuntersuchungen für den Einsatz von regenerativem Wasserstoff bei der Herstellung von Sekundäraluminium; "Fördermittelgeber: BMBF; Förderkennzeichen: 01LJ2106A; Projektlaufzeit: 1,75 Jahre (10/2022 - 6/2024)"

Burmeister, F., Tali, E., Schaffert, J., Kuschan, V., Feldpausch-Jägers, S.: Überprüfung des Erfordernisses von Temperaturkompensationen bei Gaszählern im Zusammenhang mit der Verifikation der Abrechnungstemperatur – TC Gasmessung; "Fördermittelgeber: DVGW; Förderkennzeichen: G 202223; Projektlaufzeit: 1,5 Jahre (4/2023 - 7/2024)"

Manig, R., Kühn, M., Lehnert, F., Staudt, C., Mörs, F., Senner, J., Schaffert, J.: DVGW-Kurzläufer zur Vorbereitung BioHySym; "Fördermittelgeber: DVGW; Förderkennzeichen: G 202422; Projektlaufzeit: 6 Monate (4/2024 - 10/2024)"

Studentische Arbeiten 2024

Rahimipargoo, Z.: Datenanalyse und georeferenzierte Untersuchung des zukünftigen Wasserstoffbedarfs für den öffentlichen Personennahverkehr in Deutschland – Entwicklung eines Python-basierten Modells zur Berechnung der jährlichen Fahrleistung von Nahverkehrsbussen Masterarbeit, Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik und Energiesysteme, März 2024

Literatur / Quellen:

[1] Biebl, M., Leicher, J., Giese, A., Görner, K., „Experimental investigations of the combustion of ammonia for decarbonized process heat“, 14th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB 14), Algarve, Portugal, 2024.

[2] Röder, M., Pietsch, P., Unterberger, A., Martins, F.J.W.A., Foo, C.T., Giese, A., Mohri, K., „3D Tomographic Reconstruction of Industrial High-Temperature Combustion Processes“, 14th European Conference of Industrial Furnaces and Boilers, Algarve, Portugal, 2024.

[3] Leicher, J., „Going all-electric? Alternative fuels for decarbonized (high-temperature) process heat“, Keynote Lecture, 14th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers (INFUB14), Algarve, Portugal, 2024.

[4] Leicher, J., „The future of industrial (high-temperature) process heating: electricity and/or hydrogen?“, Keynote Lecture, 1st CYPHER Workshop „Digital Twins for the decarbonization of hard-to-abate industries“, Thessaloniki, Griechenland, 2024.

[5] Leicher, J., Giese, A., „Fueling the decarbonization of high-temperature process heat – The case for hydrogen“,International Gas Research Conference, Banff, Canada, 2024.

[6] Leicher, J., Giese, A., Vatin, A., Palluotto, L., „Natural gas quality and its impact on sensitive end-users: What’s the problem and what can be done about it?“, International Gas Research Conference, Banff, Kanada, 2024.

[7] Piontek, M., Scheming, V., Wendler, A., van Almsick, T., Leicher, J., Wallbrecht, J., Höcher, T., Klaas, U., Krause, H., Linke, W., Hössel, M., Klinkmüller, L., Vetter, S., „Gasversorgung im Wandel – Flexibilität der deutschen Gasversorgung in Krisenzeiten“, energie | wasser-praxis, Nr. 09, S. 86 – 94, 2024.

[8] Leicher, J., Giese, A., Wieland, C., „Electrification or Hydrogen? The Challenge of Decarbonizing (High-Temperature) Process Heat“, J – Multidisciplinary Scientific Journal, Bd. 7, Nr. 4, S. 439 – 456, 2024, doi: 10.3390/j7040026.

[9] Leicher, J., „H_2 vs. Strom?“, Workshop "Energiewende Industrie - CO_2-neutrale Energieversorgung", Essen, 2024.

[10] Leicher, J., Giese, A., „Dekarbonisierung von industrieller Prozesswärme: Elektrifizierung oder Wasserstoff?“, energie| wasser - praxis, Nr. 08, S. 14 – 20, 2024.

[11] Leicher, J., „Dekarbonisierung von Hochtemperatur-Prozesswärme: Strom und Wasserstoff als Optionen“, Netzwerktreff Prozesswärme, Hamm (Westf.), 2024.

[12] Giese, A., Biebl, M., Leicher, J., „Ammoniak als CO_2-freier Brennstoff für industrielle Anwendungen“, 65. Erfahrungsaustausch der Chemiker und Ingenieure des Gasfaches, Leipzig, 2024.

[13] Feller, B., Biebl, M., Leicher, J., Giese, A., Wieland, C., „Low NO_x Ammonia Combustion: Chemical Reactor Network SImulations vs Experiments“, 37th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS2024), Rhodos, Griechenland, 2024. doi: 10.52202/077185-0196.

[14] Leicher, J., Giese, A., „High-temperature hydrogen combustion and NO_x emissions: Physical and regulatory aspects“,97th DGG Glass Technology Conference, Aachen, 2024.

[15] Islami, B., Leicher, J., Nowakoswki, T., Giese, A., Overath, J., Fleischmann, B., „Will a hydrogen / natural gas blend work in glass melting?“, Glass International, Nr. July / August, S. 43–48, 2024.

[16] Islami, B., Giese, A., Biebl, M., Nowakowski, T., „Impact of natural gas-hydrogen blends and pure hydrogen on combustion in glass melting furnaces, as well as spatially-resolved green hydrogen production potential in the German state of North Rhine-Westphalia (NRW)“, 97. DGG Glass-Technology Conference, Aachen, 2024.

[17] Leicher, J., „Überblick zum Einsatz alternativer Brennstoffe“, KWK-Fachforum „KWK – Baustein einer integrierten Energieversorgung“, Essen, 2024.

Abbildung 45: Prof. Christoph Wieland und Dr. Rolf Albus, Quelle: Dirk Bannert

Impressum

Geschäftsführender Vorstand: Dr. Rolf Albus
Wissenschaftlicher Vorstand: Prof. Christoph Wieland

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

T: +49 201 3618-0

E: info@gwi-essen.de
I: www.gwi-essen.de

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

Inhaltlich verantwortlich:
Dr.-Ing. Rolf Albus | Prof. Christoph Wieland | Hafenstraße 101 | 45356 Essen | T: +49 201 3618-0

Tätigkeitsbereicht 2024 Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Erscheinungsort: Essen, Deutschland
ISSN: 2570-0413 (Print-Version)
ISSN: 2628-7269 (Online-Version)
Die PDF-Version ist frei verfügbar unter:
www.gwi-essen.de/publikationen/publikationen-am-gwi/abschlussberichte/taetigkeitsbericht-2024

www.gwi-essen.de

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

+49 201 3618-0
info@gwi-essen.de