



energie | wasser-praxis

konkret

REALPROJEKTE FÜR EINEN ERFOLGREICHEN
WASSERSTOFF-HOCHLAUF

ERZEUGUNG



INFRASTRUKTUR



ANWENDUNG



ENERGIESYSTEM/
SEKTORKOPPLUNG



 H2Mare

Seite
12-14

Nordsee

Heide

Seite
44-45

 **ERZEUGUNG**

 **INFRASTRUKTUR**

 **ANWENDUNG**

 **ENERGIESYSTEM/
SEKTORKOPPLUNG**

 H2-20

 GET H2 Nukleus

Seite
10-11

Marl

 Green Octopus
Mitteldeutschland

Holzwickede

Seite
30-31

 H2HoWi

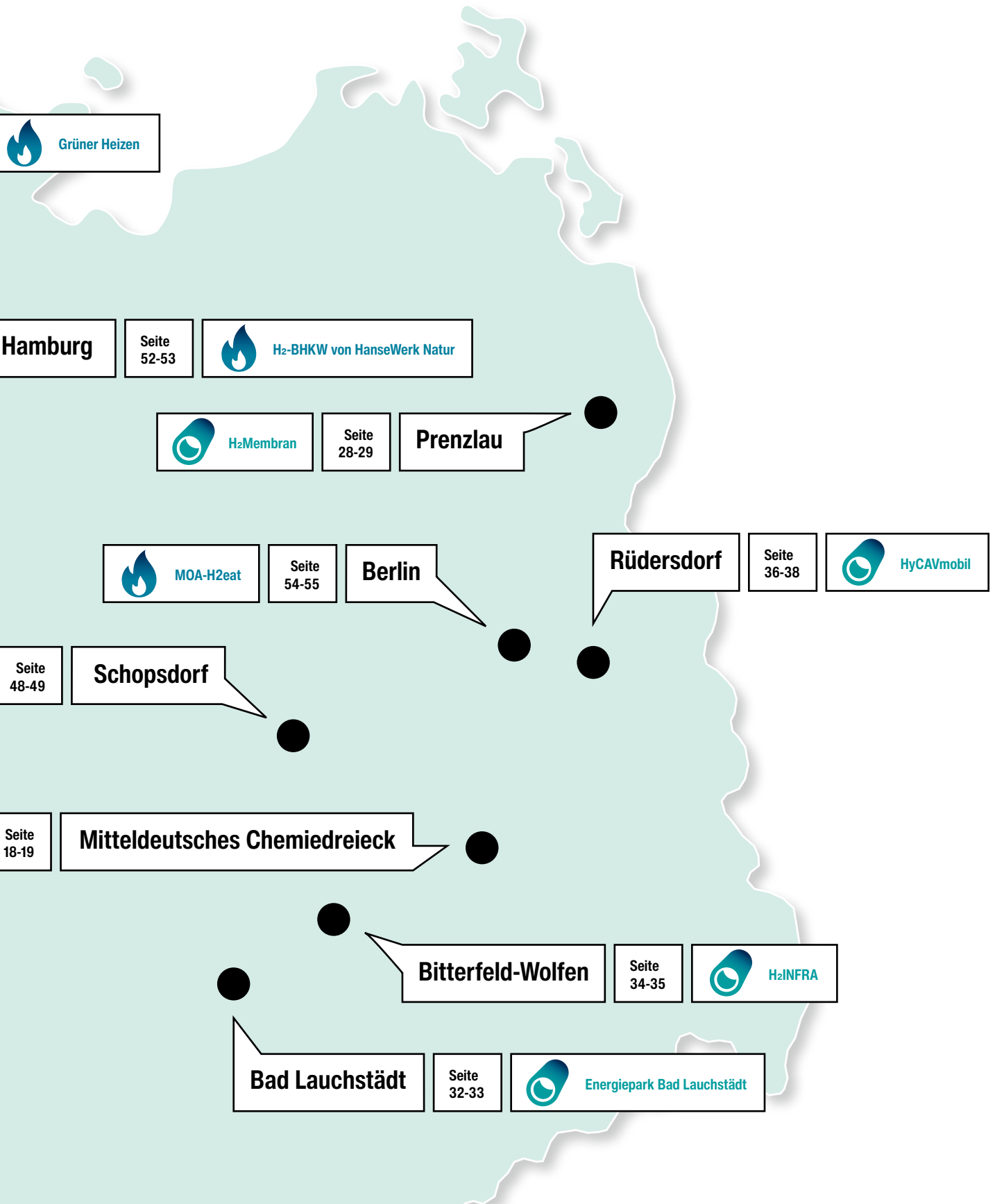


Dormagen

Seite
20-21

 HISELECT

Zweiter Teil der Karte
am Ende des Heftes!



H₂-Realprojekte stellen die Weichen für die zukünftige Energieversorgung

von **Prof. Dr. Gerald Linke** (DVGW-Vorstandsvorsitzender)

Deutschlands Energieversorgung soll unabhängig, diversifiziert und klimaneutral sein – und das schon in wenigen Jahren. Während die Klimaziele der Bundesregierung zügig erreicht werden sollen, um die Folgen des Klimawandels zu minimieren, müssen parallel geopolitische Risiken durch die Abhängigkeit von Energieimporten aus wenigen Bezugsländern berücksichtigt werden. Diese Gemengelage erfordert es, die Energieversorgung auf eine breite Basis zu stellen. Der daraus resultierende notwendige Umbau des Energiesystems kann jedoch nur funktionieren, wenn alle relevanten Technologien und Optionen zum Einsatz kommen, die die Treibhausgas-Emissionen zügig senken – und dies zu tragbaren Kosten und Risiken. Dazu gehören neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien, der Verbreitung von elektrischen Lösungen und einer sukzessiven Steigerung der Energieeffizienz auch der Hochlauf klimafreundlicher Gase wie Wasserstoff, um die enormen Energiemengen zu ersetzen, die heute noch aus fossilen Rohstoffen erzeugt werden.

Gasförmige Energieträger sind entscheidend für das Erreichen der Klimaneutralität und für eine nachhaltig gesicherte Energieversorgung. Wir sollten bedenken, dass etwa vier Fünftel des Endenergieverbrauchs in Deutschland derzeit noch durch Moleküle gedeckt werden und nur ein Fünftel durch Elektronen. Zwar stammt derzeit fast 50 Prozent des in Deutschland erzeugten Stroms aus erneuerbaren Quellen, dies entspricht aber nur rund zehn Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs. Im Umkehrschluss bedeutet das: In den kommenden zwei Jahrzehnten müssen fossile zügig durch klimafreundliche Moleküle ersetzt werden. Es ist daher notwendig, nicht nur den Ausbau der Erzeugungskapazitäten klimaneutraler Gase dynamisch voranzutreiben, sondern auch deren Import. Insbesondere mit Wasserstoff steht ein Energieträger bereit, der den Weg hin zu einer klimaneutralen Gesellschaft in allen Bereichen ebnet – und dies sogar heute schon!

Produktion, Transport und Einsatz von Wasserstoff sind keine ferne Zukunftsmusik – bereits zum jetzigen Zeitpunkt werden in Deutschland zahlreiche Projekte umgesetzt, die das Potenzial des Energieträgers demonstrieren. Mit diesem Energieimpuls „Realprojekte für einen erfolgreichen Wasserstoff-Hochlauf“ aus der Reihe „ewp konkret“ stellen wir insgesamt 28 vielfältige



Realprojekte der Gasbranche vor, die alle ein Ziel verfolgen: Sie stellen jetzt schon die Weichen für die zukünftige Energieversorgung in Deutschland. Jedes der Projekte hat – je nach Schwerpunkt – Wasserstoff als Kern und Treiber für klimaneutrale Gase, als verbindendes Element der Sektorenkopplung und als Katalysator für Innovationen bei der Wärmeversorgung, in der Industrie, Mobilität und der Energieerzeugung im Fokus. Jedes Vorhaben und jedes Projekt demonstriert, wie sich Wasserstoff sinnvoll und praktikabel nutzen lässt und wie eine Transformation der bestehenden Erdgasinfrastrukturen hin zum Wasserstoff realisiert werden kann. Alle Beteiligten leisten mit umfassendem Know-how nicht nur einen unverzichtbaren Beitrag in Bezug auf die Energiewende, sondern sind auch gleichermaßen Innovationstreiber und Enabler für Technologien und Standards. Dies trägt zudem spürbar zur Stärkung des nachhaltigen Wirtschafts- und Industriestandorts Deutschland bei.

Mit diesem Kompendium erheben wir keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ziel ist es vielmehr, bereits existierende Realprojekte vorzustellen, die über das Forschungsstadium hinausgehend praxisnahe Einsatzmöglichkeiten und Perspektiven dokumentieren. Dazu wurden sämtliche Projekte grob geclustert – allerdings ohne den Anspruch, die jeweiligen Cluster trennscharf voneinander abzugrenzen. Entscheidend ist die breite Palette der Anwendungen in der Praxis und die damit verbundene Dynamik in Hinblick auf den Markthochlauf von Wasserstoff und klimaneutralen Gasen. Denn eines ist aus meiner Sicht unumstritten: Die Dekarbonisierung der bestehenden Energieversorgung gelingt nur durch den prominenten Einsatz von klimaneutralen Gasen mit der Gasinfrastruktur als Schlüsselement. Auf dieser Basis lassen sich die Klimaziele nicht nur zeitnah, sondern auch ökologisch, ökonomisch, sozialverträglich und mit Berücksichtigung geostrategischer Aspekte erreichen.

Ihr
Prof. Dr. Gerald Linke
DVGW-Vorstandsvorsitzender

3 EDITORIAL

ERZEUGUNG



- 6 Wasserstoff-Leitprojekt H₂Giga: Serienfertigung und Hochskalierung von Elektrolyseuren
Dr. Isabel Kundler
- 8 Energiepark Mainz: Vorzeigeprojekt der Energiewende
Michael Theurer
- 10 GET H₂ Nukleus: der Kern der Wasserstoffinfrastruktur
Kai Tenzer
- 12 Wasserstoff-Leitprojekt H₂Mare: Autarke Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff und Synthese-Produkten
Matthias Müller, Andreas Tutschke, Thomas Schwabe, Prof. Roland Dittmeyer, Dr. Jens Artz

INFRASTRUKTUR



- 15 Wasserstoff-Leitprojekt TransHyDE: Speicher und Transportlösungen für grünen Wasserstoff
Geschäftsstelle des Wasserstoff-Leitprojekts TransHyDE
- 18 900 km Wasserstoff-Startnetz für Ostdeutschland bis 2030: Basis für den Aufbau einer funktionierenden Wasserstoffwirtschaft
Dr. Ralf Borschinsky
- 20 Die Ent-Mischung macht's
Dr. Moritz Mickler
- 22 Transformationsprozess für die Integration von Wasserstoff auf Verteilnetzebene (TrafoHyVe)
Andreas Imiolek
- 24 Thüringer KlimaZukunft: TH₂ECO
Anke Kuckuck
- 26 Wasserstoffprojekte und -ansätze bei Gelsenwasser
Friederike Konold

- 28 H₂Membran: Testung verschiedener Membranmaterialien zur Separierung von Wasserstoff aus Erdgas-Wasserstoff-Gemischen
Udo Lubenau
- 30 Westenergie ist deutschlandweiter Vorreiter: Bestehende Erdgasleitung wird auf 100 Prozent Wasserstoff umgestellt
Jens Kleine Vennekate, Carsten Stabenau, Dietmar Ewering
- 32 Der Energiepark Bad Lauchstädt als Impulsgeber für Energiewende und Strukturwandel
Juliane Renno
- 34 Effizienter und sicherer Betrieb von Wasserstoff-verteilnetzen: Das Projekt: H₂INFRA
Anna Schwert, Robin Pischko
- 36 Bau des ersten Untertage-Wasserstoffspeichers: H₂-Testkaverne entsteht im Brandenburgischen Rüdersdorf
Nadine Auras

ANWENDUNG



- 39 DLR Lampoldshausen verbindet Raumfahrt mit zukunftsweisender Energieforschung
Michael Fütting
- 42 Wasserstoff-Insel Öhringen: Gemeinsamer Einsatz für eine klimaneutrale Wärmeversorgung
Dr. Heike Grüner
- 44 Grüner Heizen mit Wasserstoff
Dr. Kay Bareis, Lisa Bauer
- 46 H₂-MiX - Zukunft in Erfstadt
Michael Thys, Felix Künkel
- 48 H₂-20: Erfolgreiche Wasserstoffbeimischung von 20 Vol.-% in der Modellregion Fläming
Dr. Holger Dörr, Angela Brandes, Dr. Stefan Gehrman, Martin Kronenberger, Nils Jansen

- 50 Wasserstoffprojekt H2Direkt: H₂-basierte Wärmeversorgung demonstriert Zukunftsfähigkeit der Gasverteilnetze
Julia Leopold
- 52 Wasserstoff-Blockheizkraftwerk in Hamburg-Othmarschen
Andreas Bernert
- 54 Wasserstoff aus Methan: Hotel MOA in Berlin schafft negative CO₂-Bilanz beim Heizen
Dr. Jens Hanke
- 56 Die Zukunft findet statt: H₂-Realprojekte
Ertan Yilmaz, Erik Zindel
- 58 Klimaneutrales Stadtquartier – Neue Weststadt Esslingen
Jörg Eckert

ENERGIESYSTEM/ SEKTORKOPPLUNG



- 60 Regionale THG-Null-Strategien am Beispiel der Modellregion Oberschwaben (RegioTransH₂O)
Dr. Armin Bott
- 62 Innovative Wasserstoff-Konzepte in Bestandsclustern
Wolfgang Köppel, Janina Senner
- 64 Das Wasserstoffnetz im Reallabor SmartQuart
*Dr. Sahra Vennemann, Jürgen Hammelmann,
Dietmar Ewering, Carsten Stabenau, Dr. Stefan Stollenwerk*





Wasserstoff-Leitprojekt H₂Giga: Serienfertigung und Hochskalierung von Elektrolyseuren

von Dr. Isabel Kundler (DECHEMA e. V.)

Um Deutschlands Bedarf an grünem Wasserstoff decken zu können, braucht es große Kapazitäten an leistungsfähigen und kostengünstigen Elektrolyseuren. Zwar sind bereits heute leistungsstarke Modelle am Markt verfügbar – allerdings erfolgt ihre Herstellung noch immer größtenteils in Handarbeit. Das Leitprojekt H₂Giga soll in diesem Kontext die serienmäßige und industrielle Herstellung von Elektrolyseuren unterstützen.

An das kleinste aller Moleküle, den Wasserstoff, werden große Erwartungen gestellt: Das besonders energiereiche und leichte Gas soll ein wichtiger Energieträger und der Kraftstoff der Zukunft werden. Nutzbar ist Wasserstoff direkt als Reduktionsmittel, aber auch durch Verbrennung oder durch Rückverstromung in einer Brennstoffzelle. Energieintensive Industriezweige, die Stahlproduktion, die Wärmeerzeugung und die Mobilität sind Beispiele für Anwendungsfelder. Insbesondere Sektoren, die bisher von der Energiewende nur unzureichend erfasst sind, können durch den Einsatz von nachhaltig hergestelltem Wasserstoff in vielen Fällen klimafreundlich gestaltet werden.

Laut Nationaler Wasserstoffstrategie will Deutschland bis zu 10 Gigawatt Wasserstoff-Erzeugungskapazität bis 2030 installieren. Doch dies ist nur ein kleiner Teil des Bedarfs: Der restliche Wasserstoff soll in wind- oder sonnenreichen Regionen der Erde produziert und importiert werden. Diese Mengen überschreiten die aktuell verfügbaren Elektrolysekapazitäten erheblich, grob geschätzt um fast zwei Größenordnungen, sodass für einen hinreichenden Zubau zur Herstellung von grünem Wasserstoff substanzielle Fortschritte gemacht werden müssen. An dieser Stelle setzt das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Leitprojekt H₂Giga an.

Industrialisierung der Wasserelektrolyse

Das Leitprojekt H₂Giga entwickelt Technologien für die Serienfertigung und

Hochskalierung von Elektrolyseuren. Etwa 120 Partner aus Industrie und Wissenschaft forschen und entwickeln an modernen Fertigungstechnologien. In den insgesamt 27 Verbundprojekten von H₂Giga bringen die Elektrolyseur-Hersteller, Anlagenbauer, Engineering-Firmen, Edelmetallhersteller, Start-ups sowie renommierte Forschungsinstitute und Universitäten ihre Expertise ein. Die führenden deutschen Elektrolyseur-Hersteller Siemens Energy, Linde ITM, MAN-ES/H-TEC, thyssenkrupp nucera und Sunfire arbeiten jeweils gemeinsam mit ihren Forschungspartnern am Scale-up ihrer Technologie.

Ähnlich wie in der Automobilindustrie, sollen die Bauteile vom Fließband rollen und automatisiert zusammengesetzt werden. Das ermöglicht erst den erforderlichen hohen Durchsatz, um den Ausbauzielen näher zu kommen. Zudem werden die Herstellungskosten gesenkt und Fehlerquellen eliminiert. Insbesondere die Kernkomponente des Elektrolyseurs, also der Stack mit seinen elektrochemischen Zellen, in denen die Reaktionen ablaufen, ist Gegenstand der Forschungsarbeiten. Mit einem „Design for Production“ wichtiger Kernkompo-



Quelle: Siemens Energy/thyssenkrupp AG/H-TEC SYSTEM GmbH/ITM Power Linde GmbH/Sunfire GmbH

nenten werden diese auf Großserientauglichkeit hin optimiert. Das umfasst Eigenschaften wie die Kompatibilität mit der Robotik beim Assembling, die Robustheit des Prozesses, die Möglichkeit für Wartungs- und Reparaturarbeiten sowie die Eignung für die Supply Chain und das spätere Recycling. Auch nicht-technische Themen, wie Beiträge zur Erarbeitung von technischen Normen und Standards, zum Umgang mit Genehmigungsverfahren und Fortbildungsmaßnahmen sind Bestandteil des Leitprojektes.

H₂Giga ist grundsätzlich offen für die verschiedenen Technologien der Wasserelektrolyse, wie die PEM-Elektrolyse (protonenleitende Membran), die alkalische Elektrolyse (AEL) oder die Hochtemperatur-Elektrolyse (HTEL). Das Leitprojekt setzt auf Diversität in der Anwendung, denn jede dieser Technologien ist für bestimmte Einsatzzwecke besonders gut geeignet. Ergänzend dazu wird, im Sinne einer Technologie der nächsten Generation, auch die AEM-Elektrolyse (Anionen-leitende Membran) weiterentwickelt und hochskaliert.

Mehr Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie

Neben den industriegeführten Projekten gibt es in H₂Giga auch einen Innovationspool, in dem in akademisch aufgestellten Verbundprojekten übergreifende Themen untersucht und Wissenslücken geschlossen werden. Forschungsthemen hierin sind z. B. neue Materialien und Testverfahren sowie Produktionsforschung und digitale Vernetzung inklusive digitaler Anlagen- oder Produktzwillinge. Alle Projekte von H₂Giga kommen auf der „Technologieplattform Elektrolyse“ zusammen, einem von DECHEMA e. V. koordinierten Netzwerkprojekt. Der so geförderte Austausch von Wissenschaft und Industrie hebt Synergien, etabliert neue Kontakte und soll die technische Entwicklung insgesamt beschleunigen.

Das vom BMBF geförderte Wasserstoff-Leitprojekt H₂Giga leistet einen Beitrag für die Technologieführerschaft deutscher Unternehmen und Forschungseinrichtungen bei der Herstellung von grünem Wasserstoff. Gemeinsam mit den Leitprojekten H₂Mare (Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff) und TransHyDE (Technologien für die Wasserstoff-Infrastruktur) ebnet es den Weg in die Wasserstoffwirtschaft und damit in ein zuverlässiges, resilientes und klimafreundliches Energiesystem der Zukunft.

INFOKASTEN

Kerndaten von H₂Giga

Fördersumme: 456 Mio. Euro

Projektlaufzeit: 04.2021–03.2025

Projektpartner: 119 Partner

Die 27 Verbundprojekte von H₂Giga sind eigenständig und haben jeweils ihren eigenen Koordinator. Das übergreifende Netzwerkprojekt „Technologieplattform Elektrolyse“ wird von DECHEMA e. V. koordiniert.

Kontakt:

Dr. Isabel Kundler

DECHEMA e. V.

Theodor-Heuss-Allee 25

60486 Frankfurt am Main

E-Mail: h2giga@dechema.de

Internet: www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2giga

Elektrolyseure der an H₂Giga beteiligten Hersteller



Der Energiepark Mainz befindet sich seit dem Jahr 2018 im wirtschaftlichen Betrieb.

Quelle: Stadtwerke Mainz



Energiepark Mainz: Vorzeigeprojekt der Energiewende

von Michael Theurer (Mainzer Stadtwerke AG)

Der Energiepark Mainz der Mainzer Stadtwerke AG und Linde befindet sich bereits seit dem Jahr 2018 im kommerziellen Betrieb und produziert seither für eine Vielzahl von Anwendungen grünen Wasserstoff. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Entstehungsgeschichte, erläutert die Funktionsmechanismen der Anlage und beleuchtet, für welche Anwendungsbereiche der produzierte Wasserstoff eingesetzt wird.

Kann man Wind tanken? Und kann man durch erneuerbare Energien Heizungen oder Großkraftwerke von Erdgasimporten unabhängiger machen und somit umweltfreundlich Strom und Wärme erzeugen – Auch dann, wenn es absolut windstill ist und keine Sonne scheint? Linde und die Mainzer Stadtwerke AG war schon vor rund zehn Jahren überzeugt davon, dass dies möglich ist. Siemens, die Linde Group, die Hochschule RheinMain und die Mainzer Stadtwerke haben deshalb bis zum Jahr 2015 gemeinsam ein deutschlandweit vielbeachtetes Projekt entwickelt: Im „Energiepark Mainz“ wird seit der Inbetriebnahme u. a. mithilfe von umweltfreundlich erzeugtem Strom aus benachbarten Windkraftanlagen Wasserstoff hergestellt. Der Energieträger Wasserstoff lässt sich gut speichern und vielfältig als Energieträger einsetzen, wie etwa als umweltfreundlicher Autokraftstoff, beim Betrieb von Gasheizungen oder auch zur Stromerzeugung in modernen Kraftwerken.

Welche Möglichkeiten bietet das Power-to-Gas-Verfahren und wo liegen die Chancen und Grenzen dieser Technologie? Diese

Fragen hat das Forschungsprojekt „Energiepark Mainz“ eindrucksvoll geklärt. Nach der rund zweijährigen erfolgreichen Forschungsphase und einem einjährigen kommerziellen Probebetrieb übernahmen die Mainzer Stadtwerke und Linde gemeinsam die Anlage, die sich seit 2018 im wirtschaftlichen Betrieb befindet. Der in Mainz produzierte Wasserstoff wird aktuell in das vorhandene Erdgasnetz eingespeist bzw. per Trailer zu Anwendern in Industrie und Mobilität transportiert.

Alle wesentlichen Bausteine der Energiespeicherung mit Wasserstoff (Stromerzeugung, Erzeugung aus Windkraft, Elektrolyse, Gaseinspeisung, Wasserstoffverdichter, Druckspeicher, Trailerbefüllung) wurden im Mainzer Energiepark jahrelang erprobt und weiteren Anwendern sowie Interessierten erläutert. Deshalb gibt es am Standort in Mainz-Hechtsheim ein Besucherzentrum, in dem die Funktionsweise der Wasserstoff-Elektrolyse und die Stellung von Speichertechnologien im zukünftigen Energiesystem dargestellt werden. Das Zentrum erfreut sich dabei großer Beliebtheit: Jedes Jahr infor-

mieren sich Besuchergruppen aus allen Teilen der Welt über das Verfahren.

Quelle: Stadtwerke Mainz



Das Besucherzentrum des Energieparks informiert Besucherinnen und Besucher über die Power-to-Gas-Technologie.

Für die Errichtung der Anlage war es wichtig, einen für alle geplanten Anwendungen passenden Standort zu finden. Zum einen musste stromnetzseitig ein direkter Anschluss an einen Windpark möglich sein, zum anderen auch die elektrische Versorgung der Anlage über das Netz der allgemeinen Versorgung sichergestellt werden. Zur Speisung des Elektrolyseprozesses wird ein Wasseranschluss und zur Entsorgung des anfallenden Schmutzwassers ein Kanalanschluss benötigt. Zur Einspeisung des produzierten Wasserstoffs in das Gasnetz musste darüber hinaus ein Standort gefunden werden, der in der Nähe vorhandener Gasinfrastruktur gelegen war. Für den Abtransport des Wasserstoffs via Lkw-Trailer war zudem ein entsprechender Straßenanschluss (und nach Möglichkeit die Nähe zu einer Autobahn) Voraussetzung. Diese Bedingungen wurden von dem in der Eindhoven-Allee 6 in Mainz-Hechtsheim gelegenen Grundstück perfekt erfüllt.

Anlagen wie der Energiepark Mainz und das dahinter stehende technische Konzept sind nach Ansicht der Mainzer Stadtwerke ein wichtiger Baustein der Energiewende. Denn bereits heute müssen Windkraft- oder Fotovoltaikanlagen wegen fehlender Kapazitäten im Stromnetz zu bestimmten Zeiten abgeschaltet werden. Im Energiepark Mainz kann diese „überschüssige“ elektrische Energie durch die Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff gespeichert und der umweltfreundlich erzeugte Wasserstoff später bedarfsgerecht verwendet werden. Damit werden erneuerbare Energien flexibler einsetzbar und stehen dann zur Verfügung, wenn sie gebraucht werden. Das setzt jedoch eine hohe Dynamik der Anlagen voraus, um rasch auf die Anforderungen durch das schnell schwankende Stromnetz reagieren zu können. Der Energiepark mit seiner

Leistung von bis zu 6 Megawatt (MW) kann damit den Strom von bis zu drei Windrädern aufnehmen. Insgesamt drei Elektrolyseeinheiten spalten dazu Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. Während der Sauerstoff in die Luft abgegeben wird, wird der in Mainz erzeugte Wasserstoff in Trailer abgefüllt oder vor Ort gelagert. Der so produzierte, hochreine Wasserstoff wird von Industrieverbrauchern, für öffentliche Wasserstoff-Tankstellen und von an das Gasnetz angeschlossenen Kunden verwendet: So bringen Lkw-Trailer den Wasserstoff u. a. zu einer Wasserstoff-Tankstelle in Wiesbaden. Dort werden mehrere Brennstoffzellenbusse der ESWE Verkehr und ein Bus der Stadtwerke-Tochter Mainzer Mobilität mit Wasserstoff betankt. Die klimafreundlich angetriebenen Fahrzeuge werden bereits im Linienverkehr in Mainz und Wiesbaden eingesetzt.



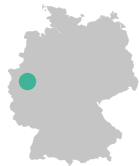
Quelle: Stadtwerke Mainz

Blick in die Elektrolysehalle, in der insgesamt drei Elektrolyseure Wasserstoff erzeugen.

Der Mainzer Wasserstoff wird vor Ort aber nicht nur im öffentlichen Personennahverkehr verwendet: Unweit des Energieparks verläuft eine Erdgasleitung und versorgt den Mainzer Stadtteil Ebersheim und dessen Bürgerinnen und Bürger mit Erdgas zum Heizen und Kochen. Ein Teil des Erdgases wird inzwischen durch Wasserstoff aus dem Energiepark ersetzt. Wurden dem Erdgas anfangs lediglich ein bis zwei Prozent Wasserstoff beigemischt, konnte der H₂-Anteil nach und nach auf bis zu zehn Prozent erhöht werden. Für die Ebersheimer änderte sich nichts: Sie merken die Beimischung des Wasserstoffs nicht und auch die Preise bleiben konstant.

Kontakt:

Michael Theurer
Mainzer Stadtwerke AG
Rheinallee 41
55118 Mainz
E-Mail: michael.theurer@mainzer-stadtwerke.de
Internet: www.mainzer-stadtwerke.de



GET H2 Nukleus: der Kern der Wasserstoffinfrastruktur

von Kai Tenzer (Cyrano Kommunikation GmbH)

Die Verbindung von Erzeugung, Transport und effizientem Einsatz von grünem Wasserstoff ist die Voraussetzung für den Aufbau einer funktionierenden Wasserstoffwirtschaft in Deutschland. Der systemische Ansatz stand von Beginn an im Fokus des Projektes GET H2 Nukleus, bei dem die Unternehmen bp, Evonik, Nowega, OGE und RWE bis zum Jahr 2024 gemeinsam eine der ersten öffentlich zugänglichen Wasserstoffinfrastrukturen aufbauen wollen.

GET H2 Nukleus verbindet im Kern die Erzeugung von grünem Wasserstoff im niedersächsischen Lingen mit industriellen Abnehmern im nördlichen Ruhrgebiet über ein rund 130 km langes reines Wasserstoffnetz. Tatsächlich ist das Projekt viel mehr: Als eines der ersten H₂-Netze im regulierten Bereich mit diskriminierungsfreiem Zugang schafft es die Grundlage, um großindustrielle und lokale Projekte miteinander zu verknüpfen und einer wachsenden Zahl an privaten und kommunalen Akteuren Zugang zum entstehenden Wasserstoffmarkt zu verschaffen.

Die Elemente des GET H2 Nukleus

Die folgenden Elemente sind Bestandteil des Nukleus:

- In Lingen errichtet RWE auf dem im Süden der Stadt gelegenen Gelände des Gaskraftwerks Emsland eine Elektrolyse mit 100 Megawatt (MW) Leistung. Aus erneuerbarem Strom, der über die im Bau befindliche neue Hochspannungsleitung in direkter Nachbarschaft in Lingen-Hanekenfähr ankommt, soll dann grüner Wasserstoff entstehen. Bis 2025 ist ein Ausbau der Elektrolyse auf 200 MW, bis 2026 dann sogar auf 300 MW geplant.
- Die beiden Fernleitungsnetzbetreiber Nowega und OGE stellen bestehende Leitungen des Gasnetzes von Lingen nach Marl (Nordrhein-Westfalen) auf den Transport von 100 Prozent Wasserstoff um. Die Leitungen sind durch die Marktraumumstellung von L-Gas auf H-Gas für eine alternative Nutzung freigegeben und wurden durch die Bundesnetzagentur bereits für die Umstellung freigegeben. Über eine neu zu errichtende Anbindung an das Gaskraftwerk speist RWE den Wasserstoff in die Leitung ein.
- Die Leitung knüpft an den Chemiepark Marl der Evonik an, wo der grüne Wasserstoff als Prozessgas in der chemischen Industrie den bislang genutzten grauen Wasserstoff, der aus Erdgas erzeugt wird, ersetzen kann. Über eine von Evonik neu errichtete Leitung, die für den Transport von Wasserstoff

genutzt werden kann, wird gleichzeitig eine Verbindung nach Gelsenkirchen-Scholven geschaffen.

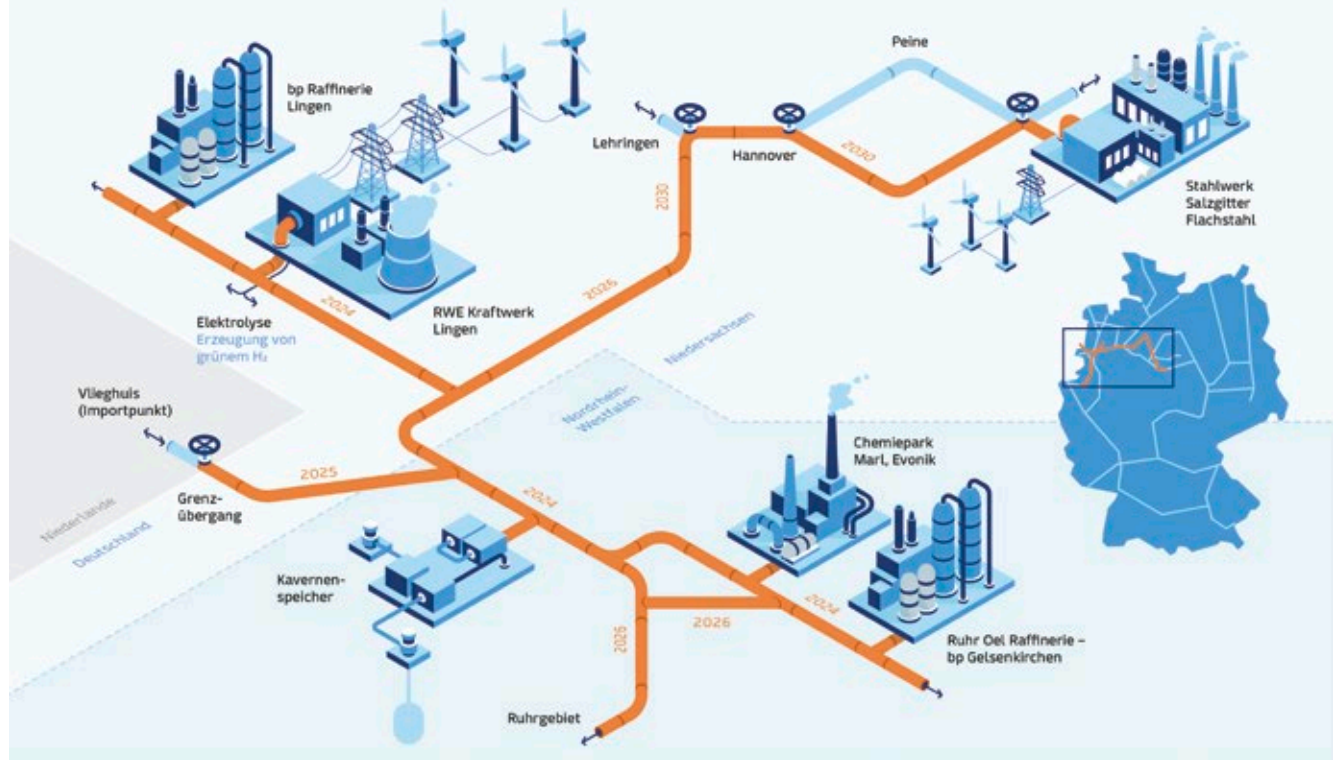
- In Gelsenkirchen wiederum wird der grüne Wasserstoff in der Ruhr Oel Raffinerie verwendet. Hier ersetzt er ebenfalls den in den Produktionsprozessen genutzten grauen Wasserstoff und kann als Rohstoff für klimafreundliche Synthetic Fuels eingesetzt werden.

Der Bedarf an grünem Wasserstoff und damit das Potenzial zur Reduzierung von CO₂-Emissionen ist groß: Die Ruhr Oel Raffinerie in Gelsenkirchen hat einen Wasserstoffbedarf von bis zu 80.000 m³/h, der Chemiepark Marl von bis zu 50.000 m³/h. Bei 100 MW Leistung deckt die Elektrolyse in Lingen davon – je nach Verfügbarkeit des für die Erzeugung von grünem Wasserstoff geeigneten erneuerbaren Stroms und der Laufzeit – etwa 22.000 m³/h ab. Eine Einbindung weiterer Erzeuger von grünem Wasserstoff bzw. eine Anknüpfung an zusätzliche Projekte ist daher wichtig, um die gesamten Potenziale ausschöpfen zu können.

Verknüpfungen und Erweiterungen

Alle beteiligten Unternehmen sind Partner der Wasserstoffinitiative GET H2. Das 2019 gegründete Netzwerk hat mittlerweile rund 50 Partner und verfolgt das Ziel, einzelne H₂-Vorhaben miteinander zu verknüpfen und verschiedenste Akteure zusammenzubringen. In diesem Sinne ist das Projekt GET H2 Nukleus – wie der Name bereits impliziert – nur der Kern. Die Erweiterung um zusätzliche Elemente sowie die Verknüpfung mit anderen Projekten ist bereits geplant und teilweise schon in Vorbereitung. Zu den an GET H2 Nukleus anschließenden Projekten gehören:

- Kavernenspeicher: Bis 2026 will die RWE Gas Storage West an ihrem Standort in



Übersicht über die Bestandteile des Projektes GET H2 Nukleus in Deutschland sowie die geplanten Erweiterungen

Gronau-Epe einen zusätzlichen Kavernenspeicher für Wasserstoff errichten. Für den Neubau der Anbindungsleitung an die GET H2 Nukleus-Pipeline läuft bereits das Raumordnungsverfahren.

- Wasserstoff-Verteilnetz: Ab 2024 soll im Westmünsterland ein Verteilnetz für Wasserstoff entstehen, das an die GET H2 Nukleus-Pipeline anschließt. Industriebetriebe und Tankstellen sollen so kontinuierlich mit Wasserstoff versorgt werden und lokale Produzenten können in das Netz einspeisen. Den Aufbau des Verteilnetzes koordiniert die Wasserstoff Entwicklungs GmbH & Co. KG, die von der Energiegenossenschaft AHLeG und weiteren Partnern gegründet wurde.
- Verteilung in die Fläche: Angrenzend an den Chemiepark Marl will die H2 Green Power & Logistics GmbH eine H₂-Tankstelle errichten. Über Lkw, Zug und Schiff soll der grüne Wasserstoff zudem in die Fläche und somit zu weiteren Wasserstofftankstellen und Unternehmen, welche Flotten aus Brennstoffzellen-Trucks aufbauen, verteilt werden.
- Anbindung an die Niederlande: Bis 2025 will der Fernleitungsnetzbetreiber und GET H2-Partner Thyssengas eine Verbindung zum Importpunkt Vlieghuis umsetzen. Durch diesen Schritt wird die Anbindung an den sogenannten Green Octopus geschaffen – eine europäische Projektinitiative, die Deutschland, die Niederlande, Belgien und Frankreich über ein Wasserstoffnetz verbindet.
- Weiterführung Duisburg: Bis 2026 wollen Thyssengas und OGE eine neue Wasserstoffleitung von Dorsten nach Duisburg-Hamborn bauen; auch hier läuft bereits das Raumordnungsverfahren. So wird die Voraussetzung für die Anbin-

dung eines Stahlwerks von Thyssenkrupp an den GET H2 Nukleus geschaffen. In dem Werk selbst soll der grüne Wasserstoff die aktuell bei der Stahlherstellung verwendete Koks-kohle ersetzen.

- Weiterführung Salzgitter: Bis 2030 soll der GET H2 Nukleus über weitere durch Nowega umgestellte Erdgasleitungen bis zum Stahlwerk der Salzgitter AG weitergeführt werden.

Eine weitere wichtige Verbindung besteht mit dem Forschungs- und Demonstrationsprojekt GET H2 TransHyDE, einem der Wasserstoff-Leitprojekte des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Ebenfalls auf dem Gelände des Gaskraftwerks Emsland angesiedelt, wird im Rahmen von GET H2 TransHyDE eine Versuchspipeline aufgebaut. Die Projektpartner simulieren damit Einspeisung und Transport von Wasserstoff und beantworten dabei noch offene Detailfragen zu Materialien und Messungen und führen Sicherheits- sowie Überwachungstests durch.

Kontakt:

Denise Hoeveler
 Koordination Initiative GET H2
 c/o Nowega GmbH
 Anton-Bruchhausen-Str. 4
 48147 Münster
 E-Mail: info@get-h2.de
 Internet: www.get-h2.de





Wasserstoff-Leitprojekt H₂Mare: Autarke Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff und Synthese-Produkten

von **Matthias Müller**, **Andreas Tutschke** (beide: Siemens Energy), **Thomas Schwabe** (Siemens Gamesa),
Prof. Roland Dittmeyer (Karlsruhe Institute of Technology) & **Dr. Jens Artz** (DECHEMA e. V.)

Auf See herrschen beste Bedingungen für die Erzeugung von erneuerbarem Strom. Die direkte Herstellung von grünem Wasserstoff in Offshore-Anlagen aus Windenergie ohne Netzanbindung kann die Kosten im Vergleich zu einer Erzeugung auf dem Festland deutlich senken. Das Leitprojekt H₂Mare wird vor diesem Hintergrund die Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff und anderen Power-to-X-Produkten erforschen.

Die Entwicklung einer neuartigen Windenergieanlage steht im Zentrum des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Wasserstoff-Leitprojektes H₂Mare: Erstmals soll es möglich sein, mit einer Offshore-Anlage direkt Wasserstoff zu erzeugen – dank eines integrierten Plattform-Konzeptes. Die Anlage kommt ohne Anschluss an das Stromnetz aus, da sie Windenergie per Elektrolyse direkt in Wasserstoff umwandelt. Dadurch sind auch Flächen mit großer Landentfernung für die Wasserstoffproduktion nutzbar, der Beantragungs- und Bauprozess für die Netzanbindung entfällt und das Übertragungsnetz wird entlastet. Im Projekt werden auch Wasserstoff-Folgeprodukte auf hoher See hergestellt. Hierfür wird u. a. eine schwimmende PtX-Plattform entwickelt werden. Innerhalb von vier Jahren will H₂Mare den Grundstein für den zukünftigen Wasserstoff-Standort Deutschland legen und die Erreichung von Klimazielen durch beschleunigte Treibhausgas-Reduktion unterstützen. Das Leitprojekt H₂Mare gliedert sich dabei in die vier folgenden Projekte:

Das H₂Mare-Projekt OffgridWind beschäftigt sich mit der Umsetzung eines Anlagenkonzeptes, das die Elektrolyse direkt an der Offshore-Wind-

energieanlage realisiert und dabei auf einen hohen Wirkungsgrad ohne elektrische Netzanbindung abzielt. Hierzu wird die gesamte Windenergieanlage entsprechend ausgelegt und optimiert.

Im H₂Mare-Projekt H₂Wind wird auf die Entwicklung einer PEM-Elektrolyse mit einer Leistung von 5 Megawatt (MW) abgezielt, die elektrisch direkt mit einer Offshore-Windenergieanlage gekoppelt ist. Die Lösung fordert ein langlebiges Systemdesign mit einer optimalen Anpassung an die Offshore-Umgebung, die Meerwasserbereitung zur Bereitstellung des Prozesswassers sowie eine maximale Umsetzung der volatilen Windverhältnisse.

Beim H₂Mare-Projekt PtX-Wind wird in Ergänzung zur reinen Offshore-Wasserstoffproduktion die Wandlung in leichter transportierbare, synthetische Energieträger und Kraftstoffe wie flüssiges Methan, Methanol, Ammoniak und Fischer-Tropsch-Produkte untersucht. Das dafür benötigte Synthesegas wird aus Kohlendioxid und Stickstoff aus der Luft oder aus dem Meer sowie dem bei der Elektrolyse entstehenden Wasserstoff erzeugt. Dabei werden auch innovative Ansätze wie die Hochtemperatur-Elektrolyse zur Erzeugung von Synthesegas aus Wasser und Kohlendioxid und die direkte Salzwasserelektrolyse erprobt. Die Anlieferung von Edukten via Schiff wird ebenfalls betrachtet.

Das H₂Mare-Projekt TransferWind beschäftigt sich mit dem Wissenstransfer innerhalb des Leitprojektes und mit benachbarten Projekten, vor allem aber auch in die Öffentlichkeit. Außerdem steht der projektübergreifende fachliche Austausch im Fokus.

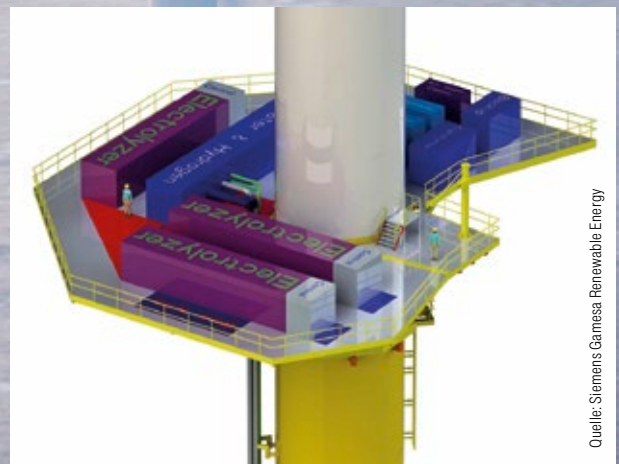
Hierzu zählen u. a. auch Aspekte der Auslegung von Infrastrukturen, Rahmenbedingungen für einen sicheren Betrieb im Offshore-Bereich, Nutzungsmöglichkeiten und Potenziale der offshore erzeugten Produkte ebenso wie Umweltschutzaspekte.

Die innovative Windenergie-Elektrolyse-Anlage erfordert einen kompakten Aufbau und eine Plattform auf sicherer Höhe, um die Container mit den erforderlichen Technologiekomponenten platzieren zu können. Angesichts der rauen Betriebsbedingungen ist eine Einhausung, die Spritzwasser und salzhaltiger Luft dauerhaft standhält und die Systemkomponenten schützt, eine unabdingbare Voraussetzung. Aber wie sind die Einzelkomponenten im Container anzuordnen? Wie können Service und Wartung auf hoher See sichergestellt werden? und wie wird garantiert, dass die dynamische Anregung der Plattform durch die Wellenbewegung und die Rotation der Rotorblätter der Windenergieanlage die Funktionalität der Subsysteme nicht beeinträchtigt? Diesen und weiteren Fragen widmen sich die Forscherinnen und Forscher im H₂Mare-Projekt H₂Wind.

Mittels digitaler Zwillinge wird das System sowie das Zusammenspiel von Offshore-Windenergieanlage und Elektrolyse weiter optimiert, gleichzeitig werden auch die Betriebsführung in den Blick genommen und Aussagen zur Wirtschaftlichkeit getroffen. Auf Simulationsebene wird erstmals ein vollständiges System-Modell einer Windenergieanlage aus Teilmodellen zusammengesetzt. Es bildet die Erzeugungskette vom Wind über den Strom bis hin zum Wasserstoff ab. Auf dieser Grundlage werden verschiedene Betriebsszenarien im Hinblick auf die Lebensdauer des Windenergie-Elektrolyseur-Systems betrachtet.

Die Weiterentwicklung der Elektrolyse für den Offshore-Betrieb umfasst das Material und Design der Bipolarplatten sowie neue Test- und Validierungsverfahren für die Diagnose und Prognose von Degradationsmechanismen. Um sie gezielt zu erforschen, wird eine Testinfrastruktur am Fraunhofer Hydrogen Lab Leuna aufgebaut und genutzt. Auf Zell-Ebene untersuchen die Projektpartner, wie sich eine sehr kompakte mechanische Bauweise am besten erreichen lässt. Für die Elek-

Windenergieanlage mit
Positionierung einer
Elektrolyse-Plattform



Quelle: Siemens Gamesa Renewable Energy

Gestaltung der Plattform zur Platzierung der
erforderlichen Container (violett: Elektrolyse-Container)



Quelle: Siemens Gamesa Renewable Energy

trolyse werden im Container eingehauste PEM-Elektrolyseure mit einer maximalen Leistung von 5 Megawatt (MW) Kapazität unter Federführung von Siemens Energy entwickelt. Entsprechend der Leistungsklasse der Windenergieanlage sollen später drei Stück auf der zugehörigen Plattform zu einer Gesamtleistung von 15 MW kombiniert werden. Die erschwerte Zugänglichkeit offshore legt fest, dass Intervalle für Regel-Inspektionen nicht kürzer als ein Jahr sein sollten. Somit muss das System als Insellösung autark funktionsfähig sein und die einzelnen Komponenten sehr robust ausgelegt werden.

Im Rahmen von H₂Mare soll ergänzend auch eine Power-to-X-Umwandlung offshore durchgeführt werden. Aufgrund der wechselnden Windgeschwindigkeiten kommt es auf einer autarken Produktionsplattform zu Fluktuationen in der Stromversorgung, weswegen die chemischen Umwandlungsprozesse dynamisch ausgelegt werden müssen. Über die Produktion von Wasserstoff hinaus werden die Prozessrouten Methanisierung zur Erzeugung von Liquid Natural Gas, Methanolsynthese, Ammoniaksynthese und Fischer-Tropsch-Synthese betrachtet, die Produkte aus fossilen Grundstoffen ersetzen sollen. Innerhalb des Projektes wird zwischen drei verschiedenen Entwicklungsstadien unterschieden:

- schwimmende Versuchsplattform (VP): autonom betrieben, zur Untersuchung der Auswirkungen von Wetter- und Korrosionsbedingungen. Die Anlagen werden zunächst onshore am Energy Lab 2.0 in Karlsruhe erprobt, bevor sie am Ende des Projektes offshore als Anlagenverbund auf der Plattform betrieben werden.
- Forschungsplattform (FP): Ein detailliertes Konzept der FP ist eines der Hauptziele des Projektes. Mit der FP sollen die letzten offenen Fragestellungen zur Offshore-Anwendung von PtX-Prozessen geklärt werden.
- Produktionsplattform (PP): konzeptionelle Arbeiten innerhalb des Projektes. Die Arbeiten dienen als Vorlage für die spätere Umsetzung einer Plattform zur Offshore-Erzeugung von PtX-Produkten.

Ein wesentlicher Punkt ist auch die Wasserversorgung für den Elektrolyseprozess, für die zwei innovative Wege erprobt werden: Die Entsalzung mittels Abwärme des Elektrolyseprozesses wird anhand einer Testinfrastruktur am Hydrogen Lab Bremerhaven simuliert. Hier werden die modulare und skalierbare Wasseraufbereitung untersucht sowie Möglichkeiten einer optimalen Prozesseinbindung ermittelt. Außerdem wird Prozesstechnik zur direkten Meerwasseraufbereitung entwickelt, die den hohen

Anforderungen an Wasserqualität, Servicebarkeit, Langlebigkeit und dem fluktuierenden Anlagenbetrieb Rechnung trägt.

Neben den technischen Aspekten der verschiedenen Wertschöpfungsketten stehen auch übergeordnete Fragestellungen zu Zertifizierung, Sicherheit und Umweltaspekten im Fokus von H₂Mare. Über die gesamte Projektlaufzeit werden diese Aspekte systematisch erfasst und verträgliche Lösungswege für einen emissionsfreien und sicheren Betrieb erarbeitet. Über Stakeholder-Dialoge, Bürgerforen, Ausstellungen sowie neuartige Aus- und Weiterbildungskonzepte werden Fachkräfte ebenso wie die interessierte Öffentlichkeit frühzeitig in den Entwicklungsprozess einbezogen, sodass das Thema Akzeptanz zentral im Leitprojekt verankert ist. Das H₂Mare-Projekt TransferWind widmet sich diesen Fragestellungen und sorgt dafür, dass Erkenntnisse aus dem Stakeholder-Dialog sowie aus ökologischen Fragestellungen zurückfließen, um Prozesse so auszuliegen, dass allen Anliegen bestmöglich Rechnung getragen wird.

Um einen maximalen Beitrag für die Energiewende und den Aufbau einer gelingenden Wasserstoffwirtschaft zu erreichen, decken insgesamt drei vom BMBF geförderte Wasserstoff-Leitprojekte die wesentlichen Themenschwerpunkte ab: H₂Giga fokussiert auf die Serienfertigung von großskaligen Elektrolyseuren, TransHyDE entwickelt Lösungen für eine Transport- und Speicher-Infrastruktur für grünen Wasserstoff, und H₂Mare fokussiert auf die Erzeugung von Wasserstoff und PtX-Produkten Offshore.

INFOKASTEN

Kerndaten H₂Mare

Fördersumme: ca. 114 Mio. Euro

Projektlaufzeit: 04.2021-03.2025

Projektpartner: 32 + 2 assoziierte Partner

Kontakt:

Matthias Müller

Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

Otto-Hahn-Ring 6

81739 München

E-Mail: h2mare@iwes.fraunhofer.de

Internet: www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2mare



Wasserstoff-Leitprojekt TransHyDE: Speicher- und Transportlösungen für grünen Wasserstoff

von der Geschäftsstelle des Wasserstoff-Leitprojekts TransHyDE

Ohne eine geeignete Speicher- und Transport-Infrastruktur kann die Wasserstoffwirtschaft nicht funktionieren. Insbesondere für den Import des Energieträgers werden andere Lösungen als Gas-Pipelines benötigt. Ideen dazu gibt es viele – unklar ist jedoch, welche Lösung für welche Anwendung geeignet ist und wie diese am besten kombiniert werden können. Das Leitprojekt TransHyDE entwickelt, bewertet und demonstriert deshalb mehrere Technologien zur Wasserstoff-Speicherung und zum Wasserstoff-Transport.

Aus der Forderung der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS), grünen Wasserstoff vielseitig, landesweit sowie ganzjährig in Deutschland einsetzen zu können, ergibt sich unweigerlich die Notwendigkeit einer überregionalen Transport- und Speicherinfrastruktur für den Energieträger. An dieser Stelle liefert TransHyDE als eines der drei vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Wasserstoff-Leitprojekte einen zentralen Beitrag zur Umsetzung der NWS. Insgesamt arbeiten 103 Partner und assoziierte Partner in neun

Projekten an der Auflösung technologischer und ökonomischer Hemmnisse, die derzeit den effizienten Transport und die Speicherung von grünem Wasserstoff behindern. Der technische Fokus der TransHyDE-Plattform liegt dabei auf vier verschiedenen Transportmöglichkeiten: gasförmiger Wasserstoff (gH_2), flüssiger Wasserstoff (LH_2), Ammoniak (NH_3) sowie flüssige organische Träger (Liquid Organic Hydrogen Carrier, kurz: LOHC).

Das TransHyDE-Projekt Systemanalyse betrachtet die verschiedenen Transportlösungen bezüglich der Effizienzen, der Umsetzbarkeit, der erforderlichen Bedarfe und der Wirtschaftlichkeit. Wesentliches Ziel des TransHyDE-Projektes ist die Erstellung einer Roadmap, welche die Erzeugungspotenziale und -bedarfe gebündelt aufzeigt und mögliche Ausbauszenarien einer Wasserstoff-Infrastruktur für den Zeitraum bis 2045 darlegt. Durch die Zusammenarbeit mit den anderen TransHyDE-Projekten werden Vorteile und Alleinstellungsmerkmale der Wasserstoff-Transportoptionen im Gesamtsystem herausgearbeitet und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Ein weiteres Querschnittsprojekt ist das TransHyDE-Projekt Norm. Kern-



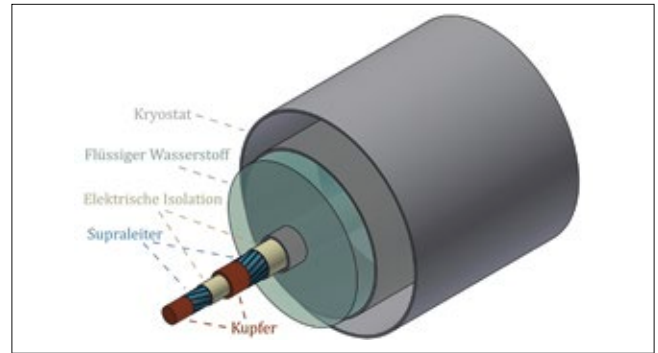
Visualisierung des möglichen LOHC-Umschlags am Helgolandkai mit einem Tankschiff.

Quelle: Jakob Martens

aspekt des Vorhabens ist die Erstellung einer projektspezifischen Roadmap, welche die Schließung von Normierungs-, Zertifizierungs- und Standardisierungslücken in bestehenden Regelwerken in Bezug auf die unterschiedlichen Wasserstoff-Transportoptionen darlegt. Neben einer umfangreichen Bestandsaufnahme und einer anschließenden Bedarfsanalyse ist der Informationsaustausch und die enge Zusammenarbeit mit den TransHyDE-Forschungs- und Umsetzungsprojekten hierfür von elementarer Bedeutung.

Eine Transport- und Speicheroption für grünen Wasserstoff ist in gasförmiger, molekularer Form. Durch die Flüchtigkeit und Diffusivität des Gases, vor allem aber durch seinen verdündernden Effekt, werden jedoch besondere Anforderungen an die in Komponenten verwendeten Materialien gestellt. Die TransHyDE-Projekte Sichere Infrastruktur, GET H₂ TransHyDE und Mukran erforschen und erproben in diesem Zusammenhang Möglichkeiten zum unfallsicheren Transport und zur effizienten Speicherung des gasförmigen Wasserstoffs. Hierbei beschäftigt sich das TransHyDE-Projekt Sichere Infrastruktur sowohl mit der Materialprüfung von Werkstoffen unter Wasserstoffeinfluss als auch mit einer effektiven Leckageerkennung mit Quantifizierung der Konzentrationen. Darüber hinaus analysiert das Projekt Möglichkeiten zur sensorischen Bestimmung von Wasserstoffqualitäten und widmet sich dem Bau eines Hochdruckprüfstands zur Eichung von Wasserstoff-Durchflussmessgeräten sowie weiteren Komponenten. Abschließend zeigt das TransHyDE-Projekt anhand einer erarbeiteten Roadmap Möglichkeiten zur Umstellung von Erdgas-Verteilnetzleitungen zu Wasserstoff-Leitungen auf.

Im Projekt GET H₂ TransHyDE liegt der Fokus zunächst auf dem Aufbau und schließlich dem Betrieb einer insgesamt 130 km langen Versuchspipeline für gasförmigen Wasserstoff als Transportvektor. Die hierfür notwendigen Technologien – von der Messung des Volumensstroms und der Gasbeschaffenheit bis zur Gasferndetektion von Leckagen – finden im Projekt genauso Anwendung wie die Umsetzung von intelligenten Molchungskonzepten. Darüber hinaus werden Werkstofffragen im praktischen Kontext evaluiert und Verdichterkonzepte auf die Verwendung von gasförmigem Wasserstoff hin optimiert.



Schematische Darstellung einer hybriden Pipeline, in der flüssiger Wasserstoff und elektrische Energie gleichzeitig transportiert werden.

Quelle: AppLHy/Michael Wolf/KIT

Um zukünftig Wasserstoffkonsumenten ohne eigenen Zugang zum Wasserstoff-Pipelinennetz bedienen zu können, fokussiert das TransHyDE-Projekt Mukran den trimodalen Transport (Schiff, Zug und Lkw) von gasförmigem Wasserstoff in Hochdruckkugelbehältern. Der erfolgreiche Betrieb wird über eine Wasserstoffwertschöpfungskette im Hafen Mukran auf der Ostseeinsel Rügen demonstriert.

In Szenarien, in denen im Vergleich zum gasförmigen Wasserstoff höhere volumetrische Energiedichten transportiert oder gespeichert werden sollen, bietet sich u. a. die Verwendung von flüssigem Wasserstoff an. Das TransHyDE-Projekt AppLHy! entwickelt in diesem Kontext Technologien zur effizienten Verflüssigung, Speicherung und zum Transport von flüssigem Wasserstoff. Die Klärung von Material- und Sicherheitsfragen stehen hierbei ebenso im Vordergrund wie die Demonstration von Synergieeffekten über die Nutzung der bei Regasifizierung rückgewinnbaren Prozesskälte für stationäre und mobile Anwendungen.



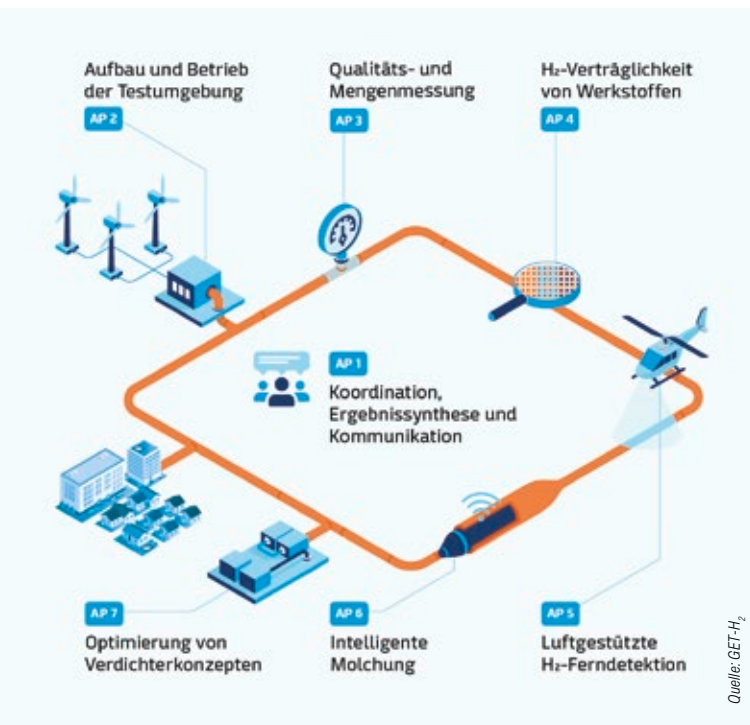
CAMPFIRE-Technologieentwicklung für das zukünftige globale Green Ammonia Ecosystem.

Quelle: CAMPFIRE Open Innovation Lab

Neben flüssigem Wasserstoff stellt Ammoniak eine weitere Möglichkeit dar, um größere Energiemengen volumeneffektiv zu speichern und zu transportieren. Das TransHyDE-Projekt CAMPFIRE, aufsetzend auf das BMBF geförderte „WIR!-Wandel durch Innovation in der Region“-CAMPFIRE-Bündnis, entwickelt in der TransHyDE-Technologieplattform Forschungs- und Entwicklungsschnittstellen für die Umsetzung einer ammoniakbasierten Transportlösung für Wasserstoff entlang der gesamten Wertschöpfungskette weiter. Dies beinhaltet die lastflexible Erzeugung des Ammoniaks, die Entwicklung von Infrastruktur- und Logistikkonzepten sowie Betankungsanlagen und den Einsatz in mobilen und stationären Energiewandlungssystemen. Der Fokus von CAMPFIRE liegt auf der Entwicklung und Umsetzung von dynamischen Ammoniak-Reformierern in Hybridisierung mit Gasmotoren auf der MW-Skala.

In enger Zusammenarbeit entwickeln die Partner des TransHyDE-Projektes AmmoRef neuartige und kostenoptimierte edelmetallfreie Katalysatoren für die Reformierung des Ammoniaks zu Wasserstoff. Verbunden mit einer intelligenten Prozessführung im Reformierer durch Steuerung von Temperatur, Druck und Volumenstrom, ermöglichen die Katalysatoren einen hohen Umwandlungsgrad und gewährleisten für verschiedene Anwendungen notwendige Wasserstoffreinheiten. Als weitere Option zum Transport und zur Speicherung von Wasserstoff wird eine Gesamtwertschöpfungskette auf Basis von LOHC zwischen Helgoland und dem deutschen Festland aufgezeigt. Das TransHyDE-Projekt Helgoland erprobt hierbei über eine Hydrieranlage mit angebundener Abwärmenutzung auf Helgoland, über den Tankertransport zum Festland sowie über die dortige Dehydrierung von LOHC die ökonomische Umsetzbarkeit des Transportvektors.

Die eng verzahnten Arbeiten der Partner der TransHyDE-Technologieplattform in intensiver Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft liefern gemeinsam mit den Arbeiten in den beiden anderen Wasserstoff-Leitprojekten H₂Giga (Serienfertigung von großskaligen Elektrolyseuren) und H₂-Mare (Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff) Lösungen für die deutsche Wasserstoffwirtschaft und leisten somit einen wichtigen Beitrag für die Energiewende.



Das Projekt GET-H₂ TransHyDE schafft praxisrelevante Grundlagen für den sicheren und effizienten Betrieb von Wasserstofftransportnetzen.

INFOKASTEN

Kerndaten TransHyDE

- Projektvolumen: ca. 181 Mio. Euro
- Fördersumme: ca. 135 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 04.2021–03.2025
- Projektpartner: 83 + 20 assoziierte Partner

Kontakt:

Geschäftsstelle des Wasserstoff-Leitprojekts TransHyDE
 E-Mail: koordination@transhyde.de
 Internet: www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde



900 km Wasserstoff-Startnetz für Ostdeutschland bis 2030: Basis für den Aufbau einer funktionierenden Wasserstoffwirtschaft

von Dr. Ralf Borschinsky (ONTRAS Gastransport GmbH)

Das mitteldeutsche Chemiedreieck um die Städte Halle (Saale), Merseburg und Bitterfeld braucht grünen Wasserstoff, ebenso die Industrien in Sachsen-Anhalt und die Stahlregion im niedersächsischen Salzgitter. Das Projekt Green Octopus Mitteldeutschland ist die künftige Transportroute und Speichermöglichkeit für diesen Wasserstoff, verbindet die Regionen und integriert darüber hinaus den künftigen Wasserstoffspeicher in Bad Lauchstädt.

Viele betrachten grünen Wasserstoff als wesentliche Säule für unsere künftige Energieversorgung: Er ist klimaneutral, verspricht Unabhängigkeit von Russland, beschleunigt die Energiewende und löst das Langzeit-Speicherproblem von Strom. Der Energieträger lässt sich darüber hinaus wie Erdgas verwenden, speichern und transportieren; für den Transport eignen sich weite Teile des bestehenden Erdgasnetzes. Die Politik hat mit Wasserstoffstrategien, Förderprogrammen und Reallaboren vielversprechende Startbedingungen für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Europa geschaffen. Die Wirtschaft wiederum entwickelt zahlreiche Projektideen, Regionen wetteiferten um Standorte für Wasserstoff-Zentren und erste Pilotprojekte sind an den Start gegangen. Doch der anfängliche Schwung droht in den Untiefen von europäischer Bürokratie und politischer Ideologie zu versacken. Viele Wasserstoffprojekte verharren an der Schwelle zur Investitionsentscheidung, weil langfristig verlässliche Rahmenbedingungen fehlen. Mit dem Postulat „Wasserstoff, der Champagner der Energiewende“ wird der umweltfreundliche Energieträger aus dem Verkehrs- und Wärmebereich herausdiskutiert und Infrastrukturprojekte im Rahmen des europäischen Wasserstoff-Rückgrates drohen an regulatorischen Vorgaben aus Brüssel zu scheitern. Einige Politiker fordern sogar öffentlich, mit dem Rückbau von Gasnetzen zu beginnen, da diese bald nicht mehr benötigt würden. Dabei wäre es die kosten- und zeiteffizienteste Lösung, so das Ergebnis zahlreicher Studien, Strom- und Gasnetze künftig zusammen zu entwickeln und dabei das vorhandene Erdgasnetz als Basis für Wasserstoffnetze zu nutzen. Wie das aussehen könnte, zeigt das Vorhaben eines gut 900 km Leitungen umfassenden Startnetzes für Ostdeutschland.

Die Energiewende braucht Wasserstoff in allen Sektoren

Ein Blick auf die Fakten und die aktuelle Entwicklung zeigt: Wir werden schon bis 2030 große Wasserstoffmengen benötigen, um die Klimaziele zu erreichen. Allein die Stahl- und chemische Industrie in Deutschland sieht bis 2030 einen Bedarf von etwa 57 Terawattstunden (TWh) Wasserstoff. Die ersten Elektrolyseure bis in den 100-Megawatt-Bereich sind geplant (u. a. in Köln, Lingen und Hamburg) und die europäischen Fernleitungsnetzbetreiber entwickeln mit dem European Hydrogen Backbone ein sich mit der Marktentwicklung kontinuierlich erweiterndes Wasserstoffnetz, in der aktuellen Version mit 53.000 km Leitungen bis 2040, unterlegt mit Kapazitäten und orientiert an realen Bedarfen. Um etwa die Hälfte des im REPowerEU-Paket vorgegebenen Ziels von 10 Mio. t bzw. 330 TWh Wasserstoff zu erreichen, wären danach fünf großdimensionierte Pipeline-Korridore für Europa notwendig, um dieses Wasserstoffsystem aufzuspeisen.

Ostdeutsches Mammutprojekt

Einzelne Netzbetreiber wie ONTRAS arbeiten bereits an der Realisierung von Teilen dieses europäischen Mammutprojekts: Bis 2030 soll ein gut 900 km Leitungen umfassendes H₂-Startnetz für Ostdeutschland entstehen, entwickelt zu knapp drei Vierteln aus dem bestehenden Erdgasnetz. Seit September 2021 stellen die Projektpartner hierfür im Rahmen des (als Reallabor der Energiewende vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderten) Energieparks Bad Lauchstädt die ersten rund 25 km Erdgasleitung auf Wasserstoff um. Derzeit



Bei der Zustandsanalyse der bestehenden Leitungen im Rahmen des Projektes wurde erstmals eine spezielle Messsonde zur Ermittlung von rissartigen Fehlern getestet.

wird die dazu notwendige technische Zustandsanalyse durchgeführt, wobei erstmals eine Spezialmolchung zur Überprüfung auf mögliche Risse durchgeführt wurde. Die Ergebnisse werden Rückschlüsse auf die Wasserstofftauglichkeit der bisherigen Erdgasleitung ermöglichen.

Die beiden Infrastrukturprojekte doing hydrogen und Green Octopus Mitteldeutschland (GO!) schließen an diese Leitung an. Mit doing hydrogen initiieren die Projektpartner eine Plattform für die Wasserstoffwirtschaft in Ostdeutschland und verbinden Projekte innovativer Produzenten, Ferngasnetzbetreiber und großer Verbraucher. Hierzu werden mit insgesamt 620 km Wasserstoffleitungen umfassende Verbindungen zwischen den Wirtschaftsregionen Mitteldeutschlands und der Region Rostock sowie dem Großraum Berlin und Eisenhüttenstadt geschaffen, streckenweise gemeinsam mit anderen Netzbetreibern. Darüber hinaus sollen Wasserstoffprojekte in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Sachsen und Sachsen-Anhalt zu einem leistungsstarken Hub angeschlossen werden.

Green Octopus Mitteldeutschland verbindet die Wasserstoffwirtschaft zwischen dem mitteldeutschen Chemiedreieck, der Metropolregion Halle-Leipzig, Magdeburg und der Stahlregion Salzgitter und integriert den künftigen Wasserstoffspeicher in Bad Lauchstädt. Mit rund 305 km Leitungen sorgt das Projekt ab 2027 somit für den sicheren Wasserstofftransport entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Angeschlossen an andere Wasserstoffleitungen, integriert Green Octopus diese

Regionen in den wachsenden European Hydrogen Backbone. Eine angebundener Kavernenspeicher mit einem Arbeitsgasvolumen von 50 Mio. Kubikmetern stabilisiert die Wasserstoffinfrastruktur und sorgt für einen Ausgleich von Angebot und Nachfrage. Für beide Projekte haben die Projektpartner eine Förderung im Rahmen der Important Projects of Common European Interest (IPCEI) eingereicht. Noch 2022 sollen die Vorarbeiten beginnen.

Die Voraussetzungen für einen Start noch in diesem Jahr sind gut: Die betroffenen Stahlleitungen sind größtenteils H₂-ready und nach eingehender Prüfung auf den Betrieb mit grünem Wasserstoff umstellbar. Neue bzw. erneuerte Leitungsschnitte und Armaturen werden zudem seit Jahren Wasserstofftauglich gebaut und die Projekte stehen am Start. Doch es fehlen langfristig annehmbare Rahmenbedingungen, die Investoren ein praktikables Geschäftsmodell ermöglichen und dem Netzbetreiber auch nach 2030 den Besitz und Betrieb der von ihm geschaffenen H₂-Infrastruktur erlaubt.

Dennoch sind die Projektbeteiligten zuversichtlich, dass solche Rahmenbedingungen noch geschaffen werden und dann mit dem zwischen 2026 und 2030 in Betrieb gehenden Wasserstoff-Startnetz ein organisch mitwachsendes Transportsystem für Erzeuger und Verbraucher von grünem Wasserstoff geschaffen wird. Über die Einbindung in das europäische Wasserstoff-Rückgrat mit Zugang zu Speichern und Importpunkten wird es die gesamte Wertschöpfungskette abbilden, Versorgungssicherheit bieten und einen schnellen Markthochlauf von Wasserstoff ermöglichen. Diese Infrastruktur entwickeln die beteiligten Partner zügig und kosteneffizient, zu knapp drei Vierteln sogar aus dem bereits vorhandenen Leitungsnetz. In enger Zusammenarbeit mit den Kunden, Marktpartnern und Interessenten der gesamten Wertschöpfungskette sorgt das Projekt somit dafür, dass der Wasserstoffhochlauf eine Erfolgsgeschichte wird.

Kontakt:

Dr. Ralf Borschinsky
 ONTRAS Gastransport GmbH
 Maximilianallee 4
 04129 Leipzig
 E-Mail: ralf.borschinsky@ontras.com
 Internet: www.ontras.com



Die Ent-Mischung macht's

von Dr. Moritz Mickler (Linde GmbH)

Die Linde GmbH demonstriert mit ihrer Anlage, wie Wasserstoff aus Mischungen mit Erdgas kostengünstig und in den erforderlichen Mengen abgetrennt werden kann. Damit wird die Nutzung der bestehenden Erdgasnetze für den Wasserstofftransport wirtschaftlich interessant. Auch sonst arbeitet das Unternehmen intensiv am Ausbau der schnell wachsenden Wasserstoffwirtschaft.

Wie kommt der Wasserstoff (H₂) kostengünstig vom Erzeuger zum Verbraucher? Linde hat jahrzehntelange Erfahrung in der Produktion einer Vielzahl unterschiedlicher Industriegasen, und der Versorgung der Kunden. Dabei spielen der Transport in Flaschen, über Straßentransporte, in Tanks, per Produktion vor Ort oder über spezifische Pipelines die Hauptrolle. Für die flächendeckende Nutzung von Wasserstoff drängt sich der Einsatz der bereits existierenden Erdgasinfrastruktur auf, besonders in der Anfangsphase der noch jungen Anwendung von H₂ als Energieträger. Um die angestrebten Klimaziele zu erreichen, muss die Dekarbonisierung der bestehenden Verwertungsketten möglichst sofort starten.

Reines H₂-Netz ist Ziel, nicht Realität

In Europa arbeiten elf Übertragungsnetzbetreiber bereits am Aufbau des European Hydrogen Backbone. Ihr Ziel ist der Auf- und Ausbau eines dedizierten Wasserstoffnetzes, das weitgehend auf der Überarbeitung der bestehenden Erdgasinfrastruktur basiert. „Ein spezifisches Wasserstoffnetzwerk ist sicher die Vision und die wettbewerbsfähigste Lösung“, sagt Tobias Keller, Leiter des Geschäftsbereichs Adsorptions- und Membrananlagen, bei Linde Engineering. „Ein solches Netzwerk könnte zwischen 2050 und 2070 voll funktionsfähig sein. Was aber passiert bis dahin? Was ist die Transformationsstrategie?“

Die Nutzung der bestehenden Gasinfrastruktur spielt dabei eine entscheidende Rolle: Ein Großteil der fälligen Investitionen liegt schon im Boden und steht unmittelbar zur Verfügung. Verbraucher sind bereits angeschlossen und können – je nach Beimischungsverhältnis und Reinheitsanforderung – das Gemisch direkt verwenden und damit sofort vom hinzugefügten Wasserstoff profitieren.

Mischen und Trennen als Übergangsszenario

Für Großverbraucher von Wasserstoff wie etwa Raffinerien oder Ammoniak- und Methanol-Hersteller sowie für Wasserstoff-Tankstellen ist das Szenario komplexer. Kunden mit spezifischen Wasserstoff-Anwendungen müssen den beigemischten Wasserstoff erst wieder vom Erdgasstrom trennen, bevor sie ihn in ihre Prozesse einspeisen. Um zu zeigen, wie effektiv das mit der heute verfügbaren Technik funktioniert, hat Linde in Dormagen die weltweit erste Demonstrationsanlage zur Rückgewinnung von Wasserstoff aus Erdgasströmen in industriellem Maßstab realisiert.

Technologie für alle Reinheitsgrade

Zum Einsatz kommt in Dormagen die HISELECT powered by Evonik-Membrantechnologie. Das verarbeitete Gasgemisch enthält zwischen 5 und 60 Prozent Wasserstoff. Der mittels Membran abgeschiedene Wasserstoff hat eine Konzentration von bis zu 90 Prozent. Benötigt ein Kunde für seine Anwendungen eine höhere Konzentration, kommt zusätzlich eine Druckwechseladsorptionsanlage (PSA) zum Einsatz. Damit lässt sich ein Reinheitsgrad von bis zu 99,999 Prozent erreichen.

Grundsätzlich wären auch andere Technologien zur Wasserstoffextraktion möglich. Dazu gehören etwa kryogene Verfahren. Linde als Lieferant aller wichtigen Gastrenntechnologien hat eine Evaluierung durchgeführt und ist mit der effizientesten Lösung, der Membran/PSA-Kombination, in diesen Markt eingestiegen.

Bewährt und kostengünstig

Die in Dormagen verwendeten Hohlfaser-Membranen von Evonik sind hoch selektiv und robust. Sie halten extremen Drücken



Einblick in die Demonstrationsanlage im nordrhein-westfälischen Dormagen

und Temperaturen stand. Selbst die Umkehrung des Membrandrucks stecken sie besser weg als herkömmliche Flachblattmodule. „Grundsätzlich kommt in unserer Anlage bewährte Technik zum Einsatz. Das zusammen mit den hochselektiven Membranen und unserer leistungsstarken PSA-Technologie macht die Extraktion wirtschaftlich interessant“, so Keller.

Das Henne-Ei-Dilemma lösen

Trotzdem gibt es laut Keller derzeit ein Henne-Ei-Problem: Die Extraktionslösung wird nur dann benötigt, wenn Wasserstoff in den Erdgasstrom eingemischt wird. Das ist heute allenfalls in kleinen Netzabschnitten zu Versuchszwecken der Fall. Und das Einmischen von Wasserstoff ist nur dann möglich, wenn auch die entsprechende Extraktionstechnologie vorhanden ist. Verbraucher entlang der Pipeline, die nicht mit dem beigemischten Wasserstoff umgehen können, müssen geschützt werden.

„Um die Transformation und damit die schrittweise Dekarbonisierung der Gasversorgung zu ermöglichen, ist eine gemeinsame Anstrengung nötig“, sagt Keller. Hier müsse die wasserstoffproduzierende Industrie genauso beteiligt sein, wie die Erdgasunternehmen, die Pipelinenetzbetreiber und die Kunden, die an der Abnahme von Wasserstoff in den Regionen interessiert sind. „Die Technologie steht zur Verfügung. Wir brauchen den initiiierenden Funken, um zu beginnen. Die Demonstrationsanlage in Dormagen ist einer unserer Beiträge, um die Entwicklung hin zu einer wasserstoffbetriebenen Wirtschaft zu beschleunigen.“

Viele weitere Impulse setzen

Linde Engineering arbeitet an vielen Schlüsselstellen der Wasserstoffwertschöpfungskette und bringt entsprechende Lösungen ins Feld. Über das Joint Venture mit ITM Power und ITM Linde Electrolysis steht das Unternehmen beispielsweise für die neueste Elektrolysetechnologie. 80 Wasserstoff-Elektrolyse-



In Leuna (Sachsen-Anhalt) soll die weltgrößte Wasserstoff-Elektrolyseanlage auf PEM-Basis entstehen.

anlagen befinden sich schon im Produktivbetrieb. Genauso über 200 Wasserstofftankstellen. In den USA betreibt Linde die weltweit erste Speicherkaverne für hochreinen Wasserstoff. Verbunden mit dem einzigartigen rund 1.000 Kilometer umfassenden H₂-Pipeline-Netz ergibt sich so die Möglichkeit, Kunden zuverlässig mit grünem Wasserstoff zu versorgen, auch wenn die Versorgung mit nachhaltig erzeugtem Strom naturgemäß schwankt.

HINTERGRUND

Um Wasserstoff aus dem Gasgemisch zu extrahieren, setzt die Demonstrationsanlage in Dormagen auf Gastrennmembranen. Diese Membranen arbeiten nach dem Prinzip des selektiven Durchgangs durch die Membranwand. Gase mit hoher Löslichkeit und kleinen Molekülen passieren die Membran sehr schnell. Weniger lösliche Gase mit größeren Molekülen benötigen mehr Zeit. Wasserstoff ist ein sehr kleines Molekül, das sehr schnell die Membran zur drucklosen Seite hin durchdringt. Der der Erdgasmischung innewohnende Druck reicht aus, um Wasserstoff vom Erdgas zu trennen. Es werden weder Strom noch zusätzliche Ressourcen wie Chemikalien oder Wasser benötigt.

Kontakt:

Dr. Moritz Mickler
Linde GmbH
Dr.-Carl-von-Linde-Str. 6-14
82049 Pullach
E-Mail: moritz.mickler@linde.com
Internet: www.linde.com



Transformationsprozess für die Integration von Wasserstoff auf Verteilnetzebene (TrafoHyVe)

von **Andreas Imiolek** (Stadtwerke Karlsruhe GmbH)

Für den Markthochlauf von Wasserstoff ist es erforderlich, dass eine geeignete Transport- und Verteilinfrastruktur zur Verfügung steht. Deutschland verfügt zwar mit seinem gut ausgebauten Gasnetz über gute Ausgangsbedingungen, gleichzeitig bestehen bei Stadtwerken und Verteilnetzbetreibern häufig offene Fragestellungen zur Umstellung. Das Projekt TrafoHyVE entwickelt in diesem Kontext eine innovative Planungsmethodik zur effizienten Ausgestaltung des Transformationsprozesses auf der Verteilnetzebene.

Wasserstoff ist ein flexibler Energieträger, der die Möglichkeit bietet, Verbrauchern und Anwendungen in allen Sektoren erneuerbare Energie zur Verfügung zu stellen. Die Nutzung von Wasserstoff bietet dadurch ein hohes Potenzial, Industrieprozesse zu dekarbonisieren und kann u. a. dazu beitragen den lokalen Wärmemarkt sowie den Mobilitätssektor klimaneutral zu machen. Wasserstoff spielt daher in der aktuellen energie- und klimapolitischen Debatte eine bedeutende Rolle. Mit der Verabschiedung der europäischen und nationalen Wasserstoffstrategie sowie den politischen Richtungsweisen aufgrund der aktuellen geopolitischen Lage wurden und werden weiterhin die Weichen für den Aufbau einer umfassenden und nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft gestellt.

Projektziele

Eine wichtige Voraussetzung für den Markthochlauf von Wasserstoff bzw. Wasserstoffanwendungen ist allerdings die Verfügbarkeit einer entsprechenden Transport- und Verteilinfrastruktur. Mit seinem weit verzweigten Gasnetz verfügt Deutschland bereits über eine gut ausgebaute Infrastruktur für Erdgas, schließlich sind rund 50 Prozent der Haushalte in Deutschland direkt an das Gasnetz angeschlossen. Ebenfalls an das Verteilnetz angeschlossen sind 1,6 Mio. industrielle und gewerbliche Letztverbraucher mit einem Gesamtverbrauch von 750 Terawattstunden (TWh).

Aufgrund der hohen Anzahl an Verbrauchern und der benötigten Gasmengen, stellt die Anpassung des Verteilnetzes eine große Herausforderung dar. Für eine effektive Wasserstoffnutzung in der Zukunft, muss die Wasserstoffverträglichkeit vorhandener Gasinfrastrukturen und Kundenanlagen sicher-

gestellt werden. Insbesondere im Hinblick auf die praktische Umsetzung der Umstellung bestehender Infrastruktur für den Wasserstoffhochlauf bestehen bei Stadtwerken und Verteilnetzbetreibern noch zahlreiche offene Fragestellungen. Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen des Verbundvorhabens eine innovative Planungsmethodik zur effizienten Ausgestaltung des Transformationsprozesses auf Verteilnetzebene entwickelt werden.

Hierzu werden technologische, infrastrukturelle und betriebswirtschaftliche Aspekte ausgehend vom Istzustand auf Basis von Realdaten städtischer bzw. ländlicher Netze der beteiligten Stadtwerke und Netzbetreiber bewertet und evaluiert, um daraus Strategien für die Umsetzung der Energiewende auf Verteilnetzebene abzuleiten und in weiterführenden Projekten umzusetzen. Hierbei sollen die Grenzen der vorhandenen Infrastruktur hinsichtlich Wasserstoffverträglichkeit und zeitlich aufgeschlüsselte Anpassungsnotwendigkeiten in Form von „Umstellungsfahrplänen“ aufgezeigt werden, die eine kosteneffiziente und technisch sichere Umstellung des bestehenden Verteilnetzes und der daran angeschlossenen Kundenanlagen auf Wasserstoffkonzentrationen von 20 Volumenprozent (Vol.-%) bzw. 100 Vol.-% (H₂-ready) erlauben. Ein wichtiger Aspekt wird die Entwicklung von Vorschlägen für eine Prüfung von Bestandskomponenten sein, um einen sicheren Weiterbetrieb der vorhandenen Gasinfrastruktur zu gewährleisten.

Arbeitsplan

Das Forschungsvorhaben untersucht die Umrüstung bestehender Gasverteilnetze und der angeschlossenen Gasnutzer auf Wasserstoff und entwickelt eine Transformationsstrategie. In

einem ersten Schritt werden für eine Vergleichbarkeit und Bewertbarkeit Rahmendaten, repräsentative Gasverteilnetze und eine szenariobasierte Entwicklung der Gasbedarfe festgelegt. Darauf aufbauend werden die Gasverteilnetze auf Wasserstoffverträglichkeit analysiert. Hierbei werden neben einer hydraulischen Kapazitätsbetrachtung der Gasverteilnetze Materialien und Komponenten auf Wasserstofftauglichkeit geprüft. Identifizierte Lücken werden durch Praxistests im Labor mit dem Ziel geschlossen eine möglichst umfassende Empfehlung den Gasnetzbetreibern und den zuständigen Prüf- und Zertifizierungsstellen zu übergeben.

In einem weiteren Schritt werden Prüfgrundlagen im Kontext des DVGW-Regelwerkes entwickelt, in denen u. a. Sicherheitskonzepte, Anforderungen sowie Materialeignungen beachtet und verankert werden. In einem letzten Schritt innerhalb der Definition einer Wasserstoffverträglichkeit werden aus den bis dahin erhaltenen Ergebnissen Empfehlungen abgeleitet, welche Anpassungen im Bestand vorgenommen werden müssen bzw. können. Des Weiteren werden Empfehlungen für Fol-

low-up-Arbeiten für den Sachverständigen beigefügt. Für die sich daran anschließende Entwicklung einer Transformationsstrategie werden die Szenarien, bestehende Regularien und die durchgeführte Analyse der relevanten Infrastrukturkomponenten und Bestandteile zusammengeführt. Daraus wird eine allgemeine Planungsmethodik zur Ertüchtigung bestehender Erdgasnetze, Messeinrichtungen und Kundenanlagen entwickelt, die in eine allgemeingültige und übertragbare Checkliste/Toolbox für die zielgerichtete sowie zeitlich und betriebswirtschaftlich optimierte Transformation der Gasverteilnetze in Deutschland überführt wird.

Kontakt:

Andreas Imiolek
 Stadtwerke Karlsruhe GmbH
 Daxlander Str. 72
 76185 Karlsruhe
 E-Mail: andreas.imiolek@stadtwerke-karlsruhe.de
 Internet: www.stadtwerke-karlsruhe



Thüringer KlimaZukunft: TH₂ECO

von Anke Kuckuck (Green Wind Innovation GmbH & Co. KG)

Eine umweltfreundliche und bezahlbare Energieversorgung, unabhängig von fossilen und atomaren Energieträgern: Das ist das Ziel des Projektes TH₂ECO, welches in Thüringen eine Infrastruktur für grünen Wasserstoff etablieren soll. Hierzu ist u. a. geplant, die bestehende Gasinfrastruktur für den Transport von Wasserstoff umzuwidmen und langfristig einen Anschluss an den europäischen H₂-Backbone zu etablieren.

TH₂ECO

THÜRINGEN
T steht für Thüringen, die Initialregion für unser Wasserstoffprojekt.

WASSERSTOFF
H₂ – Die chemische Formel von molekularem Wasserstoff. Dabei steht der grüne Wasserstoff für uns im Fokus.

ECOSYSTEM
Die Abkürzung ECOSystem – ein wirtschaftliches (economic) und umweltfreundliches (ecological) H₂-Ökosystem für die Region

Thüringen braucht eine neue Energie-Zukunft, die die Energieversorgung unabhängiger von fossilen sowie atomaren Energieträgern macht und einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leistet. Das passende Projekt hierzu heißt: TH₂ECO (kurz für Thüringer H₂ ECOSystem). Ab 2025 soll grün produzierter Wasserstoff aus lokal erzeugtem Grünstrom durch zum Teil bestehende Gasleitungen transportiert werden. TH₂ECO peilt damit über die Region hinaus perspektivisch den Anschluss an das deutsche und europäische H₂-Backbone-Netz an.

Partner: Gemeinsam stark

Gemeinsam mit gleichberechtigten Partnern schafft die Ferngas Netzgesellschaft mit TH₂ECO eine Initialregion. Zu den mitwirkenden, namhaften Unternehmen, die in Thüringen verwurzelt sind, gehören Netzbetreiber, Energie- und Stromanbieter sowie Spezialisten für erneuerbare Energien. Zusammen treiben sie seit 2021 den Ausbau einer nachhaltigen Wasserstoffinfrastruktur voran.

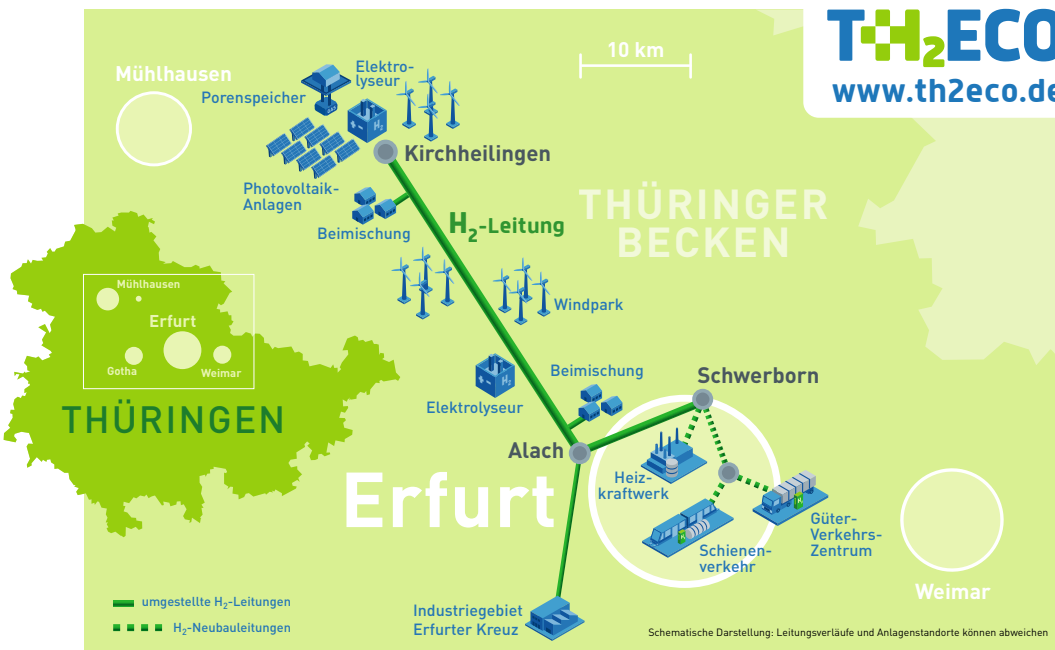
Das Projekt hat sich Dekarbonisierung, Regionalität und Nachhaltigkeit auf die Fahnen geschrieben. Durch eine kohlenstoffarme Wirtschaft werden die CO₂-Emissionen in Thüringen erheblich reduziert. Mit einer netzdienlichen Integration in bestehende Netze kann auf vorhandene regionale Strukturen

für die Bereitstellung des Wasserstoffs zurückgegriffen werden. Die Energiewende wird mit regenerativem grünem Wasserstoff vorangetrieben. Durch intelligente Sektorenkopplung kann langfristig eine effiziente Beziehung zu Partnern der Industrie aufgebaut werden.

“Wir bei TH₂ECO sind davon überzeugt, dass eine bezahlbare und erfolgreiche Energiewende sowie das Erreichen der gesteckten Klimaziele nur mit dem Einsatz insbesondere von grünem Wasserstoff gelingen kann“, beschreibt Projektleiterin Dr. Katharina Großmann (Ferngas Netzgesellschaft) die Vision des Projekts. In moderierten, themenspezifischen Arbeitsgruppen entwickeln die Partner das Gemeinschaftsprojekt weiter. Mittels Windenergie und Wasserelektrolyse erzeugen Green Wind Innovation, BOREAS Energie und die TEAG grünen Wasserstoff – als Basis für den Aufbau einer nachhaltigen Energiewirtschaft in Thüringen. Es werden drei Elektrolyseure mit ca. 25 Megawatt (MW) projiziert.

Infrastruktur: Netze und Speicher

Die Ferngas Netzgesellschaft, SWE Netz und Thüringer Energienetze bauen eine leitungsgebundene Infrastruktur für 100 Prozent Wasserstoff auf. Transportiert wird dieser mit einer 42 km langen H₂-Leitung. Hierfür kann eine bereits bestehende Gasleitung mit einem Leitungsdurchmesser von 600 mm genutzt werden. Zusätzlich wird ein 3 km langer Leitungsabschnitt neu gebaut. Die Speicherung von Wasserstoff garantiert auch bei saisonalen Schwankungen eine hohe Verfügbarkeit. Dazu gehört die Umstellung eines Untergrund-Erdgasspeichers auf H₂ durch die Thüringer Energie Speichergesellschaft.



Im- und Export von Wasserstoff aus anderen Regionen und Ländern.

Herausforderungen für die KlimaZukunft

Grüner Wasserstoff wird mit Strom aus erneuerbaren Energien wie Fotovoltaik und Windenergie produziert. Diese Energieanlagen befinden sich bundesweit im Ausbau, sodass die Produktion von grünem Wasserstoff derzeit

Abnehmer: Wärme, Mobilität und Industrie

Im Heizkraftwerk Erfurt der SWE Energie wird der Wasserstoff zur Erzeugung von Fernwärme genutzt. Etwa 40 Prozent der Einwohner Erfurts werden anteilig davon profitieren. Durch Beimischung von H₂ in das bestehende Gasnetz lassen sich zudem Haushalte in Inselnetzen mit grünem Wasserstoff versorgen. Beide Maßnahmen verringern den CO₂-Ausstoß um etwa 16.800 t pro Jahr.

Weiterhin soll ein H₂-Mobilitätshub im Güterverkehrszentrum (GVZ) Erfurt Ost entstehen. Mit dem Wasserstoff werden an einer Tankstelle Kraftfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb oder Wasserstoff-Verbrennungsmotor betankt. Mittelfristig soll einer der größten Wirtschaftsstandorte Thüringens, das Industriegebiet am Erfurter Kreuz, und der Schienenverkehr angebunden sowie der H₂-Einsatz im Erfurter Stadtnetz und im Heizkraftwerk erhöht werden.

Von der H₂-Insel zum Verbund

TH2ECO startet mit einer „Wasserstoff-Insel“ in Thüringen und erweitert sich stetig überregional. An diese Insel können sich sowohl H₂-Produzenten als auch Verbraucher aus den Sektoren Wärme, Mobilität und Industrie über das entstehende H₂-Netz anschließen und so das System erweitern. Perspektivisch soll TH2ECO ab 2030 mit dem deutschen und europäischen H₂-Backbone-Netz, einem überregionalen Leitungsverbandssystem für Wasserstoff, verbunden werden. Das ermöglicht den

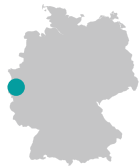
noch nicht in ausreichender Menge erfolgen kann. Ebenso ist die Infrastruktur für Transport und Speicherung im Aufbau. TH2ECO setzt genau hier an und macht grünen Wasserstoff in der Breite produzier- und nutzbar. Dabei widmet sich das Projekt allen Stufen der Wertschöpfungskette, von der Erzeugung bis zum Einsatz des Wasserstoffs. TH2ECO ist ein skalierbares Ökosystem, das den Anschluss weiterer Akteure an die H₂-Infrastruktur ermöglicht und offen für weitere Unternehmen ist, die sich beteiligen wollen. Je mehr Abnehmer auf Wasserstoffversorgung umstellen, umso kostengünstiger wird die Produktion. So sollen weitere Abnehmer aus allen Bereichen mithilfe intelligenter Sektorenkopplung gewonnen werden. Die Chancen stehen gut und das Interesse ist groß.

Kontakt:

Dr. Katharina Großmann
Ferngas Netzgesellschaft mbH
Juri-Gagarin-Ring 162
99084 Erfurt
E-Mail: th2eco@ferngas.de
Internet: www.th2eco.de



*Als Projektentwickler und Projektkoordinator des GVZ-Vorhabens vom Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUE) bestellt.



Wasserstoffprojekte und -ansätze bei Gelsenwasser

von **Friederike Konold** (GELSENWASSER AG)

Um Wasserstoff effizient an seinen Einsatzort transportieren zu können, spielen die Gasverteilnetze eine wichtige Rolle. Gelsenwasser beschäftigt sich u. a. intensiv mit der Transformation der Gasnetze und hat in diesem Zusammenhang mehrere Pilotprojekte initiiert, die in diesem Beitrag vorgestellt werden.

Als Wasser- und Energieversorger sowie Verteilnetzbetreiber im Ruhrgebiet und über dessen Grenzen hinaus agiert die GELSENWASSER AG in einem Umfeld, das stark durch die umwelt- und klimapolitischen Entwicklungen geprägt ist. So rückt auch das Thema in den Fokus, wie das Unternehmen den Menschen, die derzeit mit Erdgas versorgt werden, eine bezahlbare Möglichkeit bieten kann, CO₂-frei zu heizen. Auch der Mittelstand, der oftmals an das Verteilnetz angeschlossen ist, soll bei der Dekarbonisierung unterstützt werden. Hierbei kommt dem zukunftssträchtigen Energieträger Wasserstoff eine große Bedeutung zu.

Wasserstoff-Initiativen im Verteilnetz, Linnich (2022)

Die GELSENWASSER Energienetze GmbH (GWN) hat als Netzgesellschaft des Unternehmens eine Teststrecke auf dem eigenen Betriebsgelände in Linnich auf die Umstellung von Erdgas auf 100 Prozent Wasserstoff vorbereitet (Projektname „100% H₂ Linnich“). Ziel ist es, die Machbarkeit und Praxistauglichkeit eines 100-prozentigen Wasserstoffnetzes zu untersuchen und zu zeigen, wie Personal und Gasnetze fit für eine Umstellung auf Wasserstoff gemacht werden können.

Die Teststrecke umfasst eine rund 130 m lange Gasversorgungsleitung aus Polyethylen und zwei Netzanschlüsse aus dem Jahr 1995 bzw. 1999 (Betriebsgebäude und Lagerhalle). Durch eine physikalische Trennung vom übrigen Versorgungsnetz wird im kleintechnischen Maßstab ein eigenes Wasserstoffnetz – von der Einspeisung bis zum Verbraucher – geschaffen und in Betrieb genommen.

Die Initialisierungs- und Planungsphase des Projekts wurden bereits abgeschlossen. Dazu zählte u. a. die Erstellung eines detaillierten Sicherheitskonzepts inkl. Gefährdungsbeurteilungen und Sicherheitsunterweisungen. Zudem stand eine „H₂-ready“-Analyse der verbauten Bestandteile und Betriebsmittel im Gasrohrnetz und in der Gasinneninstallation im Vordergrund. Die Analyse wurde auf Basis von Herstellerbefragungen, Erfahrungsaustauschen und Eigenrecherchen über publizierte Forschungsberichte durchgeführt. Die evety GmbH, ein gemein-

sames Unternehmen von TÜV Süd, OGE und Horváth & Partners, begleitet das Projekt dabei insbesondere hinsichtlich sicherheitstechnischer Fragestellungen.

Die Vorbereitungen zur Inbetriebnahme des Wasserstoffinselnetzes laufen auf Hochtouren und sind weitestgehend abgeschlossen. Neben netzseitigen Anpassungen werden zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen realisiert, um den hohen Sicherheitsanforderungen und -standards auch unter Wasserstoffbedingungen gerecht zu werden. Derzeit verbaute und nicht H₂-kompatible Bauteile in der Gasinneninstallation (z. B. Gaszähler, Gasdruckregelgeräte und Brennwertgeräte) werden entsprechend gegen geeignete Anlagenkomponenten ausgetauscht oder sollen im Regelbetrieb mit Wasserstoff auf ihre Funktionalität untersucht werden. Eine regelmäßig stattfindende Gaslecksuche sowie zusätzlich verbaute Absperrein- und Ausblasevorrichtungen im Netz sowie H₂-Detektions- und -Warnanlagen im Haushaltsbereich erhöhen die Sicherheitsanforderungen.

Sobald die Wasserstoff-Brennwertkessel für das Betriebsgebäude und das Lager geliefert werden, findet die physikalische Trennung statt und das Netz wird dann durch eine externe Wasserstoffquelle (Flaschenlager) gespeist.

Das Projekt soll über einen Zeitraum von insgesamt zwölf Monaten im Regelbetrieb laufen, in welchem insbesondere das Zusammenspiel zwischen Netz und Hausinstallation inkl. Gasanlagen auf Funktionalität und Kompatibilität untersucht wird. Auf einem Teststand werden – neben der Überwachung – verschiedene betriebliche, aus dem Erdgasbereich etablierte Arbeitsverfahren und Betriebsabläufe getestet und ggf. für den Betrieb mit 100 Prozent Wasserstoff angepasst. Nach Abschluss des einjährigen Probetriebs wird dann die Entscheidung über eine Ausweitung auf das anliegende Gewerbegebiet getroffen.



Übersicht über den Aufbau der Pilotanlage „100% H2 Linnich“



Anbindung der H₂-Einspeiseanlage an das bestehende Gasnetz



Münsterland (2023/2024)

Auch Möglichkeiten der Beimischung von bis zu 30 Prozent Wasserstoff prüft die GWN in ihrem Verteilnetz. In diesem Zusammenhang wird das Unternehmen voraussichtlich ab 2024 im Münsterland von Thyssengas grünen Wasserstoff beziehen und diesen in einem Netzabschnitt beimischen. Diese Beimischung soll dabei vom Standort einer Biogasaufbereitungsanlage erfolgen, die um einen Elektrolyseur erweitert wird und über die bereits bestehende Einspeiseanlage Wasserstoff in das Transportnetz der Thyssengas einspeist. Auch hieraus erhofft sich die GWN Erkenntnisse zu Materialverträglichkeit, sicherem Betrieb und Arbeitsverfahren und natürlich auch zur Resonanz der Endverbraucher, da deren Heizungsanlagen entsprechend anzupassen/auszutauschen sind.

Generell ist es von hoher Relevanz, wie die Endverbraucher in einem zukünftigen Energiesystem mit Wärme versorgt werden können. Insofern ist es auch wichtig, sich mit Lösungen für diese Zielgruppe zu beschäftigen. Auch hieran arbeiten die Unternehmen von Gelsenwasser.

Lösungen für Endkunden, Prozessgas (2022)

Das Gelsenkirchener Unternehmen Kueppers Solutions GmbH hat in den letzten Jahren einen Serienbrenner mit optimierter Wärmerückgewinnung entwickelt, der im 3D-Druck hergestellt wird. Der Brenner iRecu kann bivalent mit Erdgas, Wasserstoff und Gemischen betrieben werden und ermöglicht somit den Einsatz von Wasserstoff in thermischen Prozessen in Industrie und Gewerbe. Dies wiederum ist ein wichtiger Beitrag zur Transformation von Gas- zu Wasserstoffnetzen. Gelsenwasser hat als Gesellschafter die Entwicklung finanziell mitunterstützt und begleitet das Unternehmen auch bei der nun bevorstehenden Markteinführung. Der Brenner wurde im Frühjahr 2022 mit dem Innovationspreis für Klima und Umwelt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ausgezeichnet.

Brennstoffzellenheizungen (2022/2023)

Nicht nur Industrie, Mittelstand und Gewerbe stehen vor einer enormen Herausforderung – Auch die Haushalte wollen weiterhin zuverlässig und sicher mit Wärme versorgt werden. Einen wichtigen Beitrag kann hier die Brennstoffzellenheizung (BSZH) liefern, die (ähnlich einem Gaskraftwerk im Miniaturformat) Strom produziert und die entstehende Abwärme zum Heizen nutzt. Die dezentrale Stromerzeugung bringt erhebliche Vorteile: Erstens wird die eingesetzte Energie sehr effizient genutzt; ein Faktor, der insbesondere bei hohen Energiepreisen und niedrigen Angebotsmengen immer wichtiger wird. Zweitens ist sie die ideale Ergänzung zu einer weiteren Elektrifizierung, denn der dezentral erzeugte Strom entlastet die Stromnetze und wirkt einem teuren Ausbau der Stromnetze entgegen.

Brennstoffzellen wurden zwar zunächst für den Betrieb mit Wasserstoff entwickelt und sind daher eine besonders geeignete Anwendungstechnik für auf Wasserstoff umgestellte Gasnetze. Heutige BSZH funktionieren jedoch auch mit Erdgas, sodass der Hochlauf dieser Heiztechnologie unabhängig von der Umstellung der Gasnetze bereits jetzt erfolgen kann und sollte. Um die genannten Faktoren besser bewerten zu können und um einen kleinen An Schub für den Hochlauf zu geben, setzt Gelsenwasser in einem Pilotprojekt ein Modell für BSZH in Haushalten auf.

Kontakt:

Friederike Konold
 GELSENWASSER AG
 Willy-Brandt-Allee 26
 45891 Gelsenkirchen
 E-Mail: friederike.konold@gelsenwasser.de
 Internet: www.gelsenwasser.de



H₂Membran: Testung verschiedener Membranmaterialien zur Separierung von Wasserstoff aus Erdgas-Wasserstoff-Gemischen

von **Udo Lubenau** (DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH)

Wasserstoff ist ein entscheidender Energieträger, der zukünftig die Strom- und Gasinfrastrukturen zu einem Energiesystem verbindet. Er lässt sich dem Erdgasnetz anteilig beimischen, transportieren und bedarfsgerecht für Anwendungen in der Mobilität, der Industrie und im Wärmemarkt bereitstellen. Für Anwendungen, die kein Gasgemisch vertragen, muss der Wasserstoff wieder entfernt werden. Das betrifft insbesondere Gasqualitäts-sensitive Industriekunden. Eine Schutzfunktion könnten Membranen übernehmen, die den Wasserstoff aus dem Erdgas abtrennen. Gleichzeitig stellt sich die Frage, ob die Membranen außerdem den Wasserstoff für eine H₂-Nutzung bereitstellen können. Damit ergäbe sich eine Nutzfunktion am Endanwender, die die Transportfunktion des Wasserstoffes im Pipelinenetz bekräftigt.

Unter den günstigen Rahmenbedingungen an der Wasserstoff-Einspeiseanlage der ONTRAS Gastransport GmbH im brandenburgischen Prenzlau wurde eine mobile Pilotanlage in Containerbauweise zur individuellen Erzeugung von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen mit bis zu 20 Prozent Wasserstoffanteil errichtet. Untersucht werden Membranen unterschiedlichster europäischer Hersteller, deren Membranmaterial, Größen und Geometrien variieren. Die Untersuchungen laufen unter Hochdruck bis zu 25 bar und den Membrangrößen angepassten Volumenströmen im Pilotmaßstab. Ziel der Abtrennung ist die Unterschreitung des Wasserstoffgrenzwertes im Erdgas aus der DIN 51624 von 2 Prozent im aufbereiteten Gasstrom mit geringen Methanverlusten. Interessierte Hersteller von Membranen für den angegebenen Trennzweck sind in diesem Zusammenhang eingeladen, sich mit den Projektpartnern in Verbindung zu setzen. Das Gesamtprojekt besteht aus zwei Bestandteilen:

- Der Errichtung und Inbetriebnahme einer Pilotanlage zur Testung von Membranen hinsichtlich der Abtrennung von Wasserstoff aus Erdgas und
- der Durchführung von Versuchen mit Membranen unter Einbeziehung der Membranlieferanten.

Die Errichtung der Anlage wurde von ONTRAS Gastransport GmbH, GRTGaz (Frankreich) und der Mitteldeutschen Netzgesellschaft Gas GmbH finanziert und ist abgeschlossen. Derzeit

ist eine Pilotanlage mit Rahmenbedingungen im Einsatz, die ausreichend Flexibilität zur Testung verschiedener Membrantypen bietet. Dabei werden der Gasfluss, die Konzentration an Wasserstoff im Erdgas sowie der Druck variiert, wobei technische Grenzen der Variation bestehen. Es können mehrstufige Membranschaltungen realisiert werden, die der Realität bei Membranverfahren entsprechen.



Quelle: DBI

Übersicht über die Wasserstofftrennung

Die Untersuchungen erfolgen im Rahmen des DVGW-Forschungsprojektes „H₂Membran“ (Förderkennzeichen: G 201920). Mit den Versuchen sollen u. a. folgende Fragestellungen geklärt werden:

- Welche Membranen sind im Erdgas ausreichend stabil? Störkomponenten sind möglicherweise höhere Kohlenwasserstoffe, Wasser oder Schwefelverbindungen.
- Welche Trenneigenschaften (Selektivität und Permeabilität) weisen diese Membranen unter Realbedingungen auf? Im Realbetrieb ist die Trennung immer schlechter gegenüber den Laboruntersuchungen, aber Permeabilität und Selekti-

vität bestimmen die Kosten des Verfahrens. Auch sind die Eingangskonzentrationen mit 10 bis 20 Volumenprozent (Vol.-%) Wasserstoff relativ gering und anspruchsvoll für die zu untersuchenden Membranmaterialien.

- Sind die Membranen ausreichend langzeitstabil?
- Welche Reinheit ist mit einem ein- oder zweistufigen Prozess erzielbar? Und wie können die qualitativen Anforderungen der Brennstoffzellen an Wasserstoff (mobil oder stationär) erreicht werden?

Das Projekt soll die Möglichkeiten der realen technischen Umsetzung ermitteln. Dies betrifft die Druckstufen, die Fahrweisen, die Notwendigkeit einer Vorreinigung sowie Möglichkeiten der Kombination verschiedener Membrantypen. Ziel des Projektes ist die Ermittlung geeigneter Membranen für die Trennaufgabe Wasserstoff/Erdgas, wobei die Untersuchungen unabhängig von Typ und Material der Membranen sind. Neben diesen technischen Fragen werden durch Einbeziehung der Hersteller bzw. Membranentwickler auch Aspekte der Skalierbarkeit der Membranen, der Zeitschienen zur Überführung in die Praxis und der Lieferfähigkeit betrachtet.

Abbildung 2 zeigt den Standort Prenzlau der ONTRAS mit der Elektrolyse im großen Gebäude im Hintergrund sowie der kleineren Einspeiseanlage im Vordergrund. Neben diesen wurden zwei Versuchscontainer aufgestellt, die die Technik (Gasmischung, Membranen, Messtechnik etc.) beinhalten. Die Pilotanlage ist an eine MOP-26-bar-Pipeline angebunden, in die am Standort geregelt 2 Molprozent (Mol-%) Wasserstoff dosiert werden können.

fahren und die Gaszusammensetzung variiert. Der maximale Versuchsdruck beträgt 22 bar. Querempfindlichkeiten können untersucht werden, indem Komponenten wie Wasser dem Gasstrom zudosiert werden. Folgende Membrantypen werden untersucht:

- verschiedene Polymermembranen
- Pd-Membranen eines europäischen Herstellers
- anorganische Membranen (z. B. Kohlenstoffmembranen)

Die Versuche mit den Polymermembranen haben bereits die Nutzbarkeit des Membranverfahren zum Schutz von Anlagen vor Wasserstoff nachgewiesen. Die untersuchte Polymermembran erwies sich dabei als stabil in Erdgas, wobei Polymermembranen für die Erzielung höherer H₂-Reinheiten im abgetrennten Wasserstoffstrom mehrstufig eingesetzt werden müssen. Vorversuche mit einer Kohlenstoffmembran zeigten, dass dieser Membrantyp eine hohe H₂-Reinheit herstellen kann. Die Versuche werden fortgesetzt.

Kontakt:

Udo Lubenau
 DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
 Karl-Heine-Str. 109/111
 04229 Leipzig
 E-Mail: udo.lubenau@dbi-gruppe.de
 Internet: www.dbi-gruppe.de



Quelle: DBI



Die Versuche werden an der H₂-Einspeiseanlage in Prenzlau (Brandenburg) durchgeführt.

Der Wasserstoff wird von der Firma ENERTRAG bereitgestellt und kann im Bereich von 2 bis 50 Prozent dem Erdgas zugemischt werden, wobei die Untersuchungen primär den Bereich bis 20 Prozent H₂ in Erdgas abdecken werden. Die Membranen

lassen sich beheizen, dies ist bei Pd-Membranen bis auf ca. 400 °C notwendig. Der Volumenstrom über die Membran ist mit 2 m³/h nicht sehr groß, aber zur Erreichung der Zielstellung ausreichend. Ein GC misst die Gasqualität vor Ort, die Anlage wird automatisch überwacht und gesteuert. Es werden mit jeder Membranen Druck- und Temperaturprogramme abge-



Westenergie ist deutschlandweiter Vorreiter: Bestehende Erdgasleitung wird auf 100 Prozent Wasserstoff umgestellt

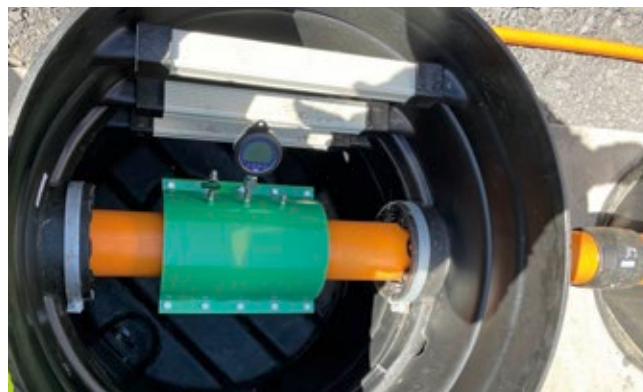
von Jens Kleine Vennekate, Carsten Stabenau & Dietmar Ewering (alle: Westnetz GmbH)

Die Westenergie AG liefert gemeinsam mit ihrem Verteilnetzbetreiber Westnetz GmbH in dem neuen Forschungs- und Entwicklungs-Projekt „H₂HoWi“ eine bedeutende Innovation für die Energieversorgung: Zum ersten Mal wird deutschlandweit eine bestehende Erdgasleitung der öffentlichen Gasversorgung auf reinen Wasserstoff umgestellt.

Auf der Weltklimakonferenz 2015 in Paris wurde eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst jedoch auf unter 1,5 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau festgelegt. Damit diese Ziele erreicht werden können, muss der Ausbau der erneuerbaren Energien weiter vorangetrieben werden. Aber nicht alle Anwendungen lassen sich technisch sinnvoll elektrifizieren. Wasserstoff wird als Energieträger daher für all diejenigen Anwendungen unverzichtbar, in denen die direkte Nutzung von grünem Strom technisch oder wirtschaftlich nicht möglich oder sinnvoll ist. Dafür benötigen wir die Kopplung der verschiedenen Sektoren des Energieverbrauchs. Die Anwendung von reinem Wasserstoff stellt aufgrund der CO₂-neutralen Umsetzung u. a. im Bereich der Wärmebereitstellung und Mobilität eine zukunftsweisende Lösung dar. Gerade im Bereich der Wärmebereitstellung wird es neben dem Einsatz von Wärmepumpen auch noch über das Jahr 2050 hinaus einen hohen Bedarf an klimaneutralen Gasen geben.

Die Nutzung und Anpassung des bestehenden Erdgasnetzes für den Transport und die Verteilung klimaneutraler Gase ist in diesem Zusammenhang eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende. Westnetz setzt sich in dem Projekt

„H₂HoWi“ genauer mit dieser Thematik auseinander und analysiert, inwiefern es technisch möglich ist, eine bestehende Erdgasleitung auf reinen Wasserstoff umzustellen. Dazu wird eine vorhandene Mitteldruck-Erdgasleitung (DP 1) im nordrhein-westfä-



Auf einem PE-Rohr montierte Permeationsmesszelle

lischen Holzwickede zunächst vom Erdgasnetz getrennt und schließlich an einen Wasserstoffspeicher angeschlossen. Dieser Speicher wird mit klimaneutralem Wasserstoff der Qualität 3.0 gefüllt und dieser bei maximal 40 bar gespeichert. Im Speicher befindet sich ein Sensor, der einen Niedrigstand online direkt an den Gaslieferanten meldet. In diesem Fall wird umgehend ein Lkw mit einem 200-bar-Wasserstoff-Trailer in die Gemeinde entsendet, um den Speicher wieder aufzufüllen.

Im Betrieb wird dieser Wasserstoff über eine Gasdruckregelstrecke auf 0,35 bar entspannt, odorisiert und anschließend in die umgestellte Erdgasleitung eingespeist. Diese wurde im Jahr 2005 aus dem Werkstoff PE 100 (PEC) gebaut und wird in diesem F&E-Projekt vier Gewerbekunden mit reinem Wasserstoff versorgen. An diese Leitung werden Permeationsmesszellen der Firma DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH aus Leipzig installiert, um die Permeation (Durchdringung des Gases durch das Material) am PE-Rohr zu quantifizieren.



Wasserstofftank auf dem Grundstück in Holzwickede

Quelle: Westnetz GmbH

Quelle: Westnetz GmbH

Quelle: remeha



Frontseite des eingesetzten Brennwertgerätes

Es wird aufgrund der Molekülgröße von Wasserstoff von einer höheren Permeation gegenüber einer erdgasbetriebenen Leitung ausgegangen. Die Permeation wird aber voraussichtlich in einem unkritischen Bereich liegen. Die entsprechenden Messzellen befinden sich einerseits an dem durchgehenden PE-Rohr, aber auch an einer Schweißstelle zwischen zwei PE-Rohren sowie an einer Abzweigarmatur. Des Weiteren sind Messzellen an einem Polyamid(PA)-Rohr geplant. Es ist vorgesehen, ca. 12 m des neuen Rohrmaterials für ein Verteilnetz in die alte Erdgasleitung zu implementieren, um eine Aussage treffen zu können, ob es für die Zukunft weitere Materialien neben Stahl und klassischem Polyethylen (PE) gibt, die im Verteilnetz eingesetzt werden können. In regelmäßigen Abständen wertet das DBI die Messungen aus.

Mit dem Wasserstoff soll ein Anteil der benötigten Raumwärme bei den vier Gewerbekunden erzeugt werden. Neben der Umstellung der Erdgasleitung sind dafür auch Anpassungen an den bestehenden Kundeninstallationen erforderlich. Bisher auf dem Markt erhältliche Erdgas-Brennwertgeräte können reinen Wasserstoff nicht verbrennen. Daher werden bei den beteiligten Kunden neu entwickelte wasserstofftaugliche Brennwertgeräte der Firma Remeha mit einer Leistung von 24 Kilowatt (kW) installiert. Remeha wird eine Online-Verbindung zu den Geräten haben, um über die Betriebsdaten weitere Erkenntnisse zu erlangen und die Entwicklung dieser Geräte weiter voranzutreiben, insbesondere im Bereich leistungsstarker Brenner für die Industrie. Die Wartung der 24-kW-Geräte in Holzwickede wird ausschließlich durch Remeha-Mitarbeiter durchgeführt.

Ein weiteres neues Betätigungsfeld in diesem Projekt ist die Odorierung des Wasserstoffs. Das Projekt in Holzwickede wird dabei auf erste Erkenntnisse des Projektes „HYPOS: H₂-Netz“ zurückgreifen, das u. a. von der Schwestergesellschaft MITZ-NETZ GAS im Chemiepark in Bitterfeld-Wolfen (Sachsen-Anhalt) durchgeführt worden ist. Die Konzentration des Odoriermittels wird in Holzwickede regelmäßig durch Probeentnahmen überwacht. Gleichzeitig werden im Aufstellraum der Brennwertkessel Wasserstoffsensoren montiert, die eine eventuelle Leckage direkt detektieren. In diesem Fall wird die Wasserstoffzufuhr zum Brenner durch ein Absperrventil an der Hauswand sofort gestoppt.

Die Einheiten Wasserstoffspeicher, Gasdruckregelung und Odorierung werden auf ein im Rahmen dieses Projekts erworbenes Grundstück im Gewerbegebiet in Holzwickede aufgestellt.

Primäres Ziel des Projekts ist es zu zeigen, dass das Erdgas-Verteilnetz in der Lage ist, auch 100 Prozent Wasserstoff zu transportieren und damit einen großen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten kann.

Die Maßnahme erfolgt nach vorheriger Abstimmung mit der Netzeigentümerin, der Energienetze Holzwickede GmbH, die der Teilbelieferung ihrer Netzkunden mit Wasserstoff im Rahmen des aufgezeigten Pilotprojekts nicht nur zugestimmt hat, sondern die Durchführung explizit unterstützt. Die Westenergie AG setzt somit zusammen mit Deutschlands größtem Strom- und Verteilnetzbetreiber Westnetz GmbH durch das Projekt „H₂HoWi“ einen wichtigen Meilenstein in der nachhaltigen öffentlichen Versorgung in der Gemeinde Holzwickede.

Das gesamte Projekt wird seitens der Westnetz geplant, errichtet und betrieben. Der erste Wasserstoff soll Anfang Oktober 2022 fließen und bis Ende 2023 einen Teil der benötigten Raumwärme bei den Gewerbekunden erzeugen. Durch eine kontinuierliche wissenschaftliche Begleitung soll u. a. bestätigt werden, dass der Wasserstoff auf das Rohrmaterialgefüge und die Dichtigkeit der vorhandenen Infrastruktur keinen Einfluss hat. So können Erfahrungen gesammelt und wichtiges Know-how aufgebaut werden, um zukünftig Teile des deutschen Erdgasnetzes auf Wasserstoff umzustellen. Das ist ein wesentliches Element, um den Ausstoß von CO₂-Emissionen zu verringern.

Kontakt:

Carsten Stabenau
 Westnetz GmbH
 Florianstr. 15-21
 44139 Dortmund
 E-Mail: carsten.stabenau@westnetz.de
 Internet: www.westnetz.de



Der Energiepark Bad Lauchstädt als Impulsgeber für Energiewende und Strukturwandel

von **Juliane Renno** (VNG AG)

Der Energiepark Bad Lauchstädt ist ein Reallabor zur intelligenten Erzeugung von grünem Wasserstoff aus Windstrom sowie dessen Speicherung, Transport, Vermarktung und Nutzung in Mitteldeutschland. Im Rahmen des Projekts wird erstmalig die gesamte Wertschöpfungskette im großindustriellen Maßstab errichtet und erprobt. Das Ziel des Power-to-Gas-Projektes: erneuerbare Energien langfristig speicherbar machen, um Versorgungssicherheit unabhängig vom Energiedargebot von Wind und Sonne zu gewährleisten.

Mit dieser Zielsetzung leistet das Projekt nicht nur einen signifikanten Beitrag zur Energiewende und zur Abkehr von fossilen Rohstoffen, sondern ist auch ein wichtiger Impulsgeber des Strukturwandels in einer durch die Braunkohle geprägten Region mit energieverbrauchsintensiven Abnehmern.

Grüner Wasserstoff als Schlüsselenergieträger

Grüner Wasserstoff spielt eine wesentliche Rolle für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende: Mittels Elektrolyse aus erneuerbarem Strom hergestellt, ist er umweltfreundlich, einfach speicherbar und ermöglicht durch den Ausgleich witterungsbedingter Schwankungen bei der Solar- und Windstromerzeugung eine effiziente Sektorenkopplung. Darüber hinaus lässt er sich vielfältig einsetzen, z. B. in der chemischen Industrie, in der Mobilität oder auch in der Strom- und Wärmeversorgung.

Bisher steht der Aufbau einer weltweiten Wasserstoffwirtschaft jedoch noch am Anfang. Genau hier setzt der Energiepark Bad Lauchstädt an: Das Projekt trägt dazu bei, die Zukunftstechnologien für grünen Wasserstoff entlang der gesamten Wertschöpfungskette im industriellen Maßstab zu erproben und zur Marktreife zu bringen. Das Reallabor schafft hierbei den Beleg, dass Sektorenkopplung gelingen kann.

Aufbau der integrierten Wertschöpfungskette

Im Energiepark Bad Lauchstädt wird die gesamte Wertschöpfungskette von grünem Wasserstoff im industriellen Maßstab aufgebaut: Von der Erzeugung erneuerbaren Stroms über die Elektrolyse bis hin zur Speicherung sowie dem Transport und der abschließenden Nutzung des Energieträgers.

Weltweit erstmalig wird im Energiepark die direkte Kopplung von Windstrom aus einem nahegelegenen 50-Megawatt-Windpark und einer Großelektrolyseanlage von bis zu 30 Megawatt (MW) getestet – so wird Windstrom direkt vor Ort in klimaneutralen grünen Wasserstoff umgewandelt. Mit der unterirdischen Wasserstoffspeicherung in Salzkavernen soll im Energiepark Bad Lauchstädt perspektivisch der erste großvolumige grüne Wasserstoffspeicher mit einem Arbeitsgasvolumen von 50 Mio. Normkubikmetern (Nm³) entstehen. Durch eine umgewidmete 25 km lange Erdgaspipeline wird der grüne Wasserstoff schließlich zur in Mitteldeutschland ansässigen chemischen In-

Quelle: VNG



Der Energiepark Bad Lauchstädt ist ein Reallabor für die Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff.

dustrie transportiert und darüber hinaus perspektivisch für urbane Mobilitätslösungen eingesetzt.

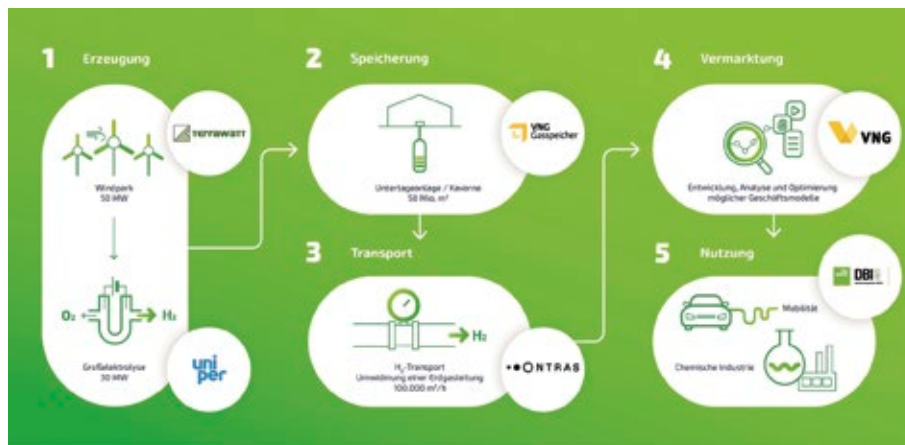
Als Reallabor der Energiewende werden die Zukunftstechnologien rund um grünen Wasserstoff erforscht und auf Basis der dabei entstehenden Erfahrungen und Erkenntnissen tragfähige Geschäftsmodelle für den Energieträger entwickelt. Für eine erfolgreiche Nutzung des grünen Wasserstoffs werden die Wertschöpfungsstufen analysiert, entwickelt und optimiert.

Standort des Energieparks Bad Lauchstädt

Der Energiepark Bad Lauchstädt entsteht im Süden Sachsen-Anhalts, etwa 20 km südwestlich von Halle, zwischen den Gemeinden Bad Lauchstädt und Teutschenthal. Der windreiche Landstrich ist durch seine geologischen Strukturen, die vorhandene Erdgas- und Wasserstoffinfrastruktur sowie die räumliche Nähe zum bestehenden Chemiedreieck mit Wasserstoffgroßverbrauchern besonders als Standort für das Reallabor geeignet. Im Mitteldeutschen Reviers gelegen, trägt der Energiepark Bad Lauchstädt durch den Erhalt und Ausbau von Wertschöpfung und Beschäftigung zudem zu einem innovati-onstragenen Strukturwandel in Mitteldeutschland bei.

Blaupause für eine erfolgreiche Sektorenkopplung

Das Reallabor Energiepark Bad Lauchstädt steht Modell für viele weitere Wasserstoff-Innovationsprojekte vergleichbarer Art, die sich im künftigen Energiesystem entwickeln werden. Hier wird nicht nur der Umgang mit großen Mengen an grünem Wasserstoff entlang der gesamten Wertschöpfungskette technisch erprobt, sondern vor allem auch das ideale regulatorische Setting identifiziert und Geschäftsmodelle entwickelt, wodurch Investitionssicherheit für Investoren und Anreize für die künftigen Wasserstoff-Kunden geschaffen werden. Damit wird ein entscheidender Beitrag zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland geleistet. Als Projekt in einer vom Strukturwandel betroffenen Region im Osten Deutschlands ist es Blaupause für die Energiewende und wichtiges Symbol für die erfolgreiche Transformation einer jahrzehntealten Industrieregion.



Übersicht über die Erzeugungs- und Wertschöpfungskette im Energiepark.

Quelle: VNG

Projektpartner

Das Vorhaben wird von einem Konsortium aus sechs Unternehmen umgesetzt. Dazu gehören die Terrawatt Planungsgesellschaft mbH, Uniper, die VNG Gasspeicher GmbH, die Ontras Gastransport GmbH, die DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg und die VNG AG. Das Projekt ist im September 2021 gestartet und wird über eine fünfjährige Projektlaufzeit als Reallabor der Energiewende durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) mit rund 34 Mio. Euro gefördert. Mit einem Gesamtprojektvolumen von über 140 Mio. Euro wird über den Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft in die Zukunft der Energieregion Mitteldeutschland investiert und die Basis für einen zukunftsfähigen Industriestandort geschaffen. Der Energiepark Bad Lauchstädt baut hierbei auf die Vorarbeit mehrerer Forschungsvorhaben im Rahmen des HYPOS-Netzwerks auf.

Kontakt:

Cornelia Müller-Pagel
 Energiepark Bad Lauchstädt, c/o VNG AG
 Braunstr. 7
 04347 Leipzig
 E-Mail: info@energiepark-bad-lauchstaedt.de
 Internet: www.energiepark-bad-lauchstaedt.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Effizienter und sicherer Betrieb von Wasserstoffverteilnetzen: Das Projekt: H₂INFRA

von **Anna Schwert** (Mitteldeutsche Netzgesellschaft Gas GmbH) & **Robin Pischko** (DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH/ HTWK - Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur)

Am 1. Januar 2022 ist das Projekt H₂-Infrastruktur – Effizienter und sicherer Betrieb von Wasserstoffverteilnetzen (H₂INFRA) gestartet, welches mit ca. 1,6 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert wird. Der Fokus liegt auf der Sicherstellung der Funktionalität eines H₂-Verteilnetzes inklusive aller Komponenten unter dynamischen Betriebsbedingungen und insbesondere auf der Bereitstellung einer extrem hohen Gasqualität und Versorgungssicherheit für die zukünftigen Anwendungen.

Das Konsortium hinter dem Projekt, bestehend aus DBI Gas- und Umwelttechnik, MITNETZ Gas und HTWK Leipzig, setzt die Forschungsarbeiten der im Zuge der HYPOS-Initiative im Rahmen des Förderprogramms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekte „H₂-Netz“ und „H₂-Home“ fort. Zur Klärung zahlreicher offener Fragen wird die im Rahmen der Projekte entstandene, einmalige Forschungsinfrastruktur für Wasserstoffverteilnetze in Bitterfeld-Wolfen genutzt und weiterentwickelt.

Moderne Kunststoffmaterialien für eine sichere Wasserstoff-Verteilnetzinfrastruktur

Forschungsgegenstand ist die Qualifikation einer ökologischen, ökonomischen und sicheren Wasserstoff-Verteilnetzinfrastruktur, basierend auf Hochleistungskunststoffen mit einer möglichst großen Lebensdauer aller Systemkomponenten. Die Rohrleitungsmaterialien und Netzkomponenten werden durch dynamische Lastwechsel unter realitätsnahen Randbedingungen getestet. Ziel ist es, die Wasserstoffverträglichkeit und Langzeitperformance der Materialien und Komponenten zu überprüfen. Es hat sich gezeigt, dass die bisher für Gasverteilnetze verwendeten Kunststoffmaterialien Reststoffe in einer Größenordnung in den transportierten Wasserstoff abgeben, die über den zulässigen Grenzwerten z. B. für stationäre und mobile Brennstoffzellenanwendungen liegen. Im Vorhaben sollen deshalb die Reststoffe und deren Herkunft (Rohrwerkstoffe, Herstellungsprozess) identifiziert und Optimierungen der Herstellungsverfahren für neue Leitungswerkstoffe, die den hohen Reinheitsan-

Forschungsschwerpunkte



- Funktionalität eines H₂-Verteilnetzes
- Extrem hohe Gasqualität
- Dynamische Betriebsbedingungen
- Sicherheitskonzepte



- Bezahlbarkeit
- H₂-Nutzung

Versorgungssicherheit

Soziale Gerechtigkeit



Umweltverträglichkeit

Wirtschaftlichkeit



- Life-Cycle-Assessment



- Langzeitperformance moderner Hochleistungskunststoffleitungen
- Wartungs- und Instandhaltungsstrategien

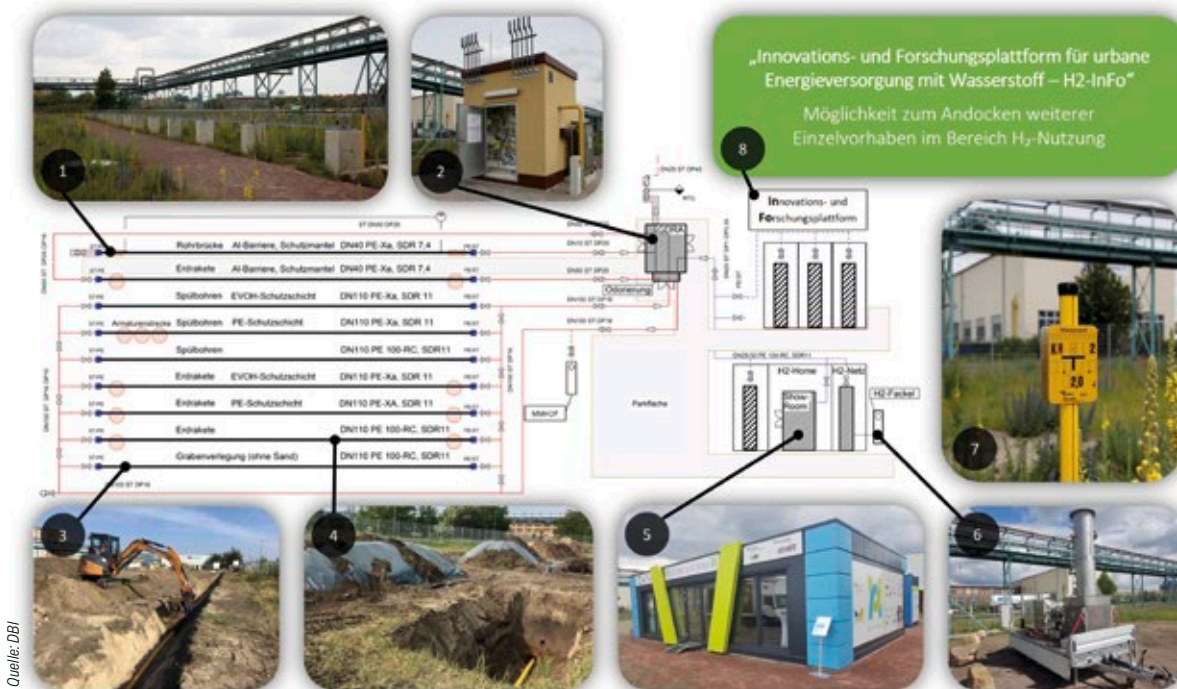
Forschungsschwerpunkte im Einklang mit dem energiepolitischen Viereck

forderungen des damit transportierten Wasserstoffs genügen, erarbeitet werden. Die Sicherheit der Verteilnetzinfrastruktur wird in einem umfangreichen Monitoring überprüft und bewertet. Durch die Bewertung der THG-Emissionen der Infrastruktur werden die umwelttechnischen Optimierungspotenziale ermittelt und der ökologische und ökonomische Vorteil der leistungsgebundenen Wasserstoffversorgung der Endverbraucher herausgearbeitet.

Die Forschungsschwerpunkte im Überblick

Folgende Themen stehen im Fokus des Forschungsvorhabens:

- Sicherheit und Funktionalität des H₂-Verteilnetzes inklusive aller Komponenten unter dynamischen Betriebsbedingungen



Quelle: DBI

Versuchsanlage des Projektes H₂INFRA: (1) oberirdisch verlegte Kunststoffrohrleitung (Rohrbrücke) mit Permeationsmesszelle; (2) Gasdruckregel- und Messanlage mit Odorierungsanlage; (3) Kunststoffrohrleitung, offene Grabenverlegung; (4) Kunststoffrohrleitung, grabenlose Verlegung mit Erdrakete; (5) Energiepavillon mit H₂-BHKW (HYPOS H₂-Home); (6) mobile Wasserstoffackel; (7) Etikettenwechsel zu Wasserstoff; (8) H₂-InFo

- Gewährleistung der Versorgungssicherheit für zukünftige H₂-Anwendungstechnologien
- Bereitstellung einer extrem hohen Gasqualität
- Langzeituntersuchung der eingesetzten Komponenten und Sicherheitstechnik
- Weiterentwicklung der Wartungs- und Instandhaltungsstrategien für wasserstoffführende Anlagen
- Bewertung des Arbeitsschutzes und von Sicherheitskonzepten
- LCA der Wasserstoffwertschöpfungskette
- Wirtschaftlichkeitsanalyse des H₂-Netzes und Übertragung auf zukünftige Infrastrukturen

Innovations- und Forschungsplattform für urbane Energieversorgung mit Wasserstoff

Für die Vernetzung der Forschungsprojekte wurde die Innovations- und Forschungsplattform für urbane Energieversorgung mit Wasserstoff – kurz: H₂InFo – geschaffen. H₂InFo bildet den konsequenten Anschluss an die vorangegangenen BMBF-Vorhaben „H₂-Netz“ und „H₂-Home“ und soll auch zukünftig das Andocken ergänzender Einzelvorhaben im Bereich der H₂-Verteilnetz-Infrastruktur und der H₂-Nutzung zulassen, um derzeit noch nicht eindeutig spezifizierbare Forschungs- und Entwicklungsaufgaben bearbeiten sowie Wissenslücken schließen zu können. Die Beantwortung der Fragen ist Voraussetzung für die Umsetzung einer bedarfsgerechten, kostengünstigen, sicheren und umweltschonenden Wasserstoffversorgung für urbane Be-

reiche und damit auch für die Umsetzung der nationalen Wasserstoffstrategie für die breite Bevölkerung und Unternehmen abseits von den großen Verbrauchern in der Chemieindustrie oder der Metallurgie. Im Zuge der Forschungsarbeiten wird ein hohes Technology Readiness Level (TRL) der getesteten Wasserstoffinfrastruktur und der dazugehörigen Systeme angestrebt, um die Ergebnisse später rasch umsetzen zu können.

Über H₂InFo bestehen folgende Vernetzungs- und Kooperationsmöglichkeiten:

- separate F&E-Projekte zu H₂-Verwendungsgeräten in Haushalt und Gewerbe
- modulare Angliederung an die H₂-Infrastruktur
- Demonstration und Langzeitbetrieb von H₂-Verwendungsgeräten
- sukzessiver Aufbau weiterer Forschungsinfrastruktur
- Bereitstellen der Infrastruktur für Netzwerkpartner

Kontakt:

Robin Pischko
 DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
 Karl-Heine-Str. 109/111
 04229 Leipzig
 E-Mail: robin.pischko@dbi-gruppe.de
 Internet: www.dbi-gruppe.de/h2-infra

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages



Bau des ersten Untertage-Wasserstoffspeichers: H₂-Testkaverne entsteht im Brandenburgischen Rüdersdorf

von Nadine Auras (EWE Aktiengesellschaft)

Im Rahmen der Energiewende und dem damit verbundenen Wasserstoff-Markthochlauf ist es von zentraler Bedeutung, den erzeugten Wasserstoff auch langfristig speichern zu können. In diesem Zusammenhang wird in dem H₂-Speicherprojekt HyCAVmobil derzeit anhand eines unterirdischen Kavernenspeichers der Nachweis erbracht, dass die Speicherung von Wasserstoff unter der Erde in den bestehenden Anlagen möglich ist.

Durch grünen Wasserstoff kann die Transformation des Energiesystems hin zur Klimaneutralität gelingen. In einem System, das von Stromerzeugung aus Wind und Sonne dominiert wird, ist neben der räumlichen Verteilung auch die zeitliche Verteilung großer Energiemengen erforderlich. Dies kann nur über grüne Gase realisiert werden. Das wirft gleichzeitig die Frage auf, wie der Wasserstoff von der Erzeugung zur Anwendung kommen kann. Die Antwort darauf lautet: Durch den integrierten, bedarfsgerechten Aufbau von Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, die sich aus Erzeugung, Transport, Anwendung und letztlich aus der Speicherung zusammensetzen. Denn dadurch ist es möglich, die Volatilität von Sonne und Wind auszugleichen und die erneuerbaren Energien intelligent und effizient zu nutzen, vor allem wenn sie gebraucht werden, nicht wenn sie erzeugt werden.

Ziel des Energiedienstleisters EWE ist es, mit Aktivitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette einen deutlichen Beitrag zur Entwicklung einer grünen Wasserstoffwirtschaft zu leisten. Das Wasserstoff-Speicherprojekt HyCAVmobil im brandenburgischen Rüdersdorf ist ein wesentlicher Teil dieser Pläne; denn der Nachweis, dass Wasserstoff in Hohlräumen unter der Erde sicher gelagert werden kann und nach der Entnahme entsprechende Qualität für zukünftige Anwendungen hat, ist ein wichtiger Schritt für die Übertragbarkeit auf große Kavernenspeicher. EWE verfügt mit 37 Salzkavernen über rund 15 Prozent aller deutschen Kavernenspeicher, die sich perspektivisch zur Speicherung von Wasserstoff eignen könnten. Dies wäre eine wichtige Basis um aus erneuerbaren Energien erzeugten Wasserstoff in großen Mengen speicherfähig und



Quelle: EWE / C3 Visual Lab

In einem 250 Mio. Jahre alten Salzstock unter Rüdersdorf baut der Energiedienstleister EWE in 1.000 m Tiefe eine Wasserstoff-Testkaverne.

bedarfsgerecht nutzbar zu machen und die gesteckten Klimaziele zu erreichen.

Vorreiterrolle bei der reinen H₂-Speicherung

In Rüdersdorf baut EWE seit Frühjahr 2021 in rund 1.000 m Tiefe einen Kavernenspeicher im Salzgestein, um erstmalig 100 Prozent Wasserstoff einzulagern. Insgesamt 500 m³ Volumen wird die Testkaverne haben und damit die Dimension eines Einfamilienhauses erreichen. Einen ersten Meilenstein hat EWE Ende 2021 mit dem Einbau und der Zementierung von 160 Stahlrohren bis in 1.000 m Tiefe bereits erreicht. Damit

hat der Energiedienstleister die Grundlage dafür gelegt, dass die geplante kleine Testkaverne im Salzstock hergestellt werden kann. EWE hat dafür ein Rohr-in-Rohr-System verbaut, eine sogenannte Doppelrohrtour. Um das innere Rohr für die Materialtests nutzen zu können, wurde ein flexibles System entwickelt. Dieses dient dazu, das innere Rohr wieder ausbauen und für Tests nutzen zu können, ohne dass das Material zerstört wird.

Bis zum Herbst 2022 laufen beim Bau der Wasserstoff-Testkaverne Vorbereitungsarbeiten für die Aussolung. Im Frühjahr 2023 will EWE erstmals Wasserstoff einlagern und mit den Tests starten. „Bei der großtechnischen Wasserstoffspeicherung wollen wir auch den zuständigen Behörden nachweisen, dass Wasserstoffkavernen genauso sicher wie Erdgaskavernen sind. Wegen der hohen Qualitätsanforderungen einiger Anwendungen sind unsere Tests vor allem für den Wasserstoffeinsatz, beispielsweise im Mobilitätsbereich, wichtig“, erläutert EWE-Wasserstoffbotschafter Paul Schneider. EWE erhofft sich im Laufe des Forschungsvorhabens insbesondere Erkenntnisse darüber, welchen Reinheitsgrad der Wasserstoff nach dem Auspeichern aus der Kaverne hat. Dieses Kriterium ist besonders wichtig für die Wasserstoffanwendung im Mobilitätssektor.

Forschung für zukünftige Anwendungen

Bei dem Projekt kooperiert EWE mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Das DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme in Oldenburg erforscht und bewertet u. a. die Qualität des Wasserstoffs vor dem Einspeichern und nach der Entnahme aus der Kaverne. Beginnend mit Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen im Labor folgen Versuche an der Testkaverne unter realen Bedingungen. Das DLR untersucht dabei sowohl Materialien und Komponenten als auch die Auswirkungen von Betriebsweisen einer exemplarischen obertägi-



Rohr-in-Rohr-System: Für die anstehenden Materialtests im Forschungsprojekt „HyCAVmobil“ haben die Ingenieure ein ausgeklügeltes, flexibles System entwickelt.

Quelle: Andreas Prinz

gen Anlage hinsichtlich einer Integration in das Energiesystem in der Region.

Die Betriebsbedingungen in der Kaverne mit Drücken bis zu 180 bar, in Kombination mit weiteren spezifischen Umgebungsbedingungen, können Einflüsse auf die eingesetzten Materialien haben, beispielsweise Metalle oder Dichtungstoffe. Eine Fragestellung, welche das DLR untersucht ist, ob sich hieraus Stoffe lösen oder Reaktionen auftreten, welche den gespeicherten Wasserstoff verunreinigen. Zunächst bilden die Forschenden die Salzkaverne hinsichtlich des Druckes und der Temperatur unter Wasserstoffatmosphäre in speziellen Reaktoren im Labor nach.

Unter Laborbedingungen lässt sich die Reinheit des Wasserstoffs vor und nach dem Speichern exakter bestimmen. Die Grenzwerte für die Verunreinigungen, das heißt Schadgase für die Brennstoffzelle, reichen z. B. für Schwefelkomponenten bis in den ppb-Bereich (parts per billion) herunter. „Bereits diese äußerst geringen Konzentrationen, die nur mithilfe der Spurengasanalytik nachweisbar sind, können die Brennstoffzelle eines Wasserstofffahrzeugs dauerhaft schädigen. Denkt man an die Umnutzung von Erdgaskavernen, so kann auch beispielsweise im Wasserstoff enthaltenes Methan in geringsten Mengen einen negativen Einfluss haben“, erläutert Dr. Michael Kröner vom DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme in Oldenburg. In den Hochdrucktestreaktoren des DLR können in Kombination mit der Gasanalytik die Reaktion vieler Materialien mit Wasserstoff geprüft und unterschiedlichste Verunreinigungen nachgewiesen werden. Falls der Wasserstoff nach dem Speichern in der Kaverne nicht mehr den hohen Reinheitsanforderungen für die Brennstoffzellenmobilität entspricht, untersucht das Projektteam im Labormaßstab auch verschiedene physikalische Filterverfahren, um die Reinheit des gasförmigen Wasserstoffs wieder herzustellen.

Weitere Fragestellungen sind, welche Anlagen und Regelungen es braucht, um den Wasserstoff unter Druck in die Kaverne ein- und auszuspeisen und wie erneuerbare Energien den Bedarf trotz ihrer Volatilität dafür abdecken können. Zudem wäre es auch denkbar, nachhaltigen Wasserstoff direkt vor Ort per Elektrolyse herzustellen und zu speichern. Vor diesem Hintergrund modelliert das DLR die vorgelagerten Hochspannungsnetze in Brandenburg und im speziellen am Kavernenstandort, um diese und weitere Wasserstoffkavernen bestmöglich in das bestehende Energiesystem zu integrieren und ihre technische Verbindung zum Stromnetz sicherzustellen.

Durch detaillierte Stromnetzsimulationen wird evaluiert, wo sich weitere geeignete Standorte zur H₂-Erzeugung und -Speicherung befinden und wie diese eine nutzbare Flexibilität für das Stromnetz darstellen können. Dabei ist in vielen Fällen auch eine weitere Nutzung als Systemdienstleistungen darstellbar. Zudem besteht die Möglichkeit die Kavernenanlage gezielt einzusetzen, um Netzengpässe zu vermindern.

Großtechnische Anwendung

Die Erkenntnisse, die die Forschungskaverne liefert, sollen auf Kavernen mit dem 1.000-fachen Volumen übertragbar sein. Ziel ist es, zukünftig Kavernen mit Volumina von 500.000 m³ zur großtechnischen Wasserstoffspeicherung zu nutzen. Damit wäre grüner, aus erneuerbaren Energien erzeugter Wasserstoff im Terawattstunden-Maßstab speicher- und bedarfsgerecht nutzbar. Wasserstoff würde damit zur unverzichtbaren Komponente, um gesteckte Klimaziele zu erreichen und um die vier Sektoren Mobilität, Strom, Wärme sowie Industrie zu koppeln.

Das Investitionsvolumen des Projektes beläuft sich auf rund 10 Mio. Euro – 4 Mio. davon sind EWE-eigene Mittel. Die restliche Summe erhalten die Projektpartner im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie als Förderung vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.

Kontakt:

Nadine Auras
 EWE Aktiengesellschaft
 Hegermühlenstr. 58
 15344 Strausberg
 E-Mail: nadine.auras@ewe.de
 Internet: www.ewe.com



DLR Lampoldshausen verbindet Raumfahrt mit zukunftsweisender Energieforschung

von **Michael Fütting** (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.)

Wasserstoff spielt aufgrund seiner Energiedichte seit jeher als Raketentreibstoff eine wichtige Rolle in der Raumfahrt. Dementsprechend kommt der Energieträger auch am Institut für Raumfahrtantriebe des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) regelmäßig zum Einsatz. Mit Blick auf die Dekarbonisierung des DLR laufen am Standort Lampoldshausen derzeit mehrere Projekte, um klimaneutralen grünen Wasserstoff in großem Maßstab bereitzustellen.

Wasserstoff hat in energieintensiven Anwendungen sowohl seinen Ursprung als auch seine Zukunft: Seit mehreren Jahrzehnten ist der Energieträger ein fester Bestandteil der Raumfahrt. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt mit seinem im baden-württembergischen Lampoldshausen ansässigen Institut für Raumfahrtantriebe arbeitet daran, den gesamten Prozess von regenerativ erzeugtem Wasserstoff über die Speicherung und Verflüssigung bis hin zur Anwendung abzubilden und weiterzuentwickeln.

Um dieses Know-how und die bestehende Infrastruktur auch in anderen Sektoren nutzbar zu machen und so die Entwicklung großer Wasserstoffanwendungen hin zu hohen Technologiereifegraden zu unterstützen, wurden Transferprojekte aus der Raumfahrt in die Bereiche Mobilität und Energie mittels des Einsatzes von grünem Wasserstoff gestartet.

Forschungs- und Demonstrationsplattform H2ORIZON

Im Jahr 2015 ist das DLR Lampoldshausen mit der ZEAG Energie AG, dem Betreiber des leistungsstärksten Windparks im Südwesten Deutschlands, eine Partnerschaft eingegangen, um im Projekt „H2ORIZON“ eine Forschungs- und Demonstrationsplattform im Megawattbereich zur regenerativen Herstellung von Wasserstoff aufzubauen. Hier wird durch eine Direktanbindung an den Windpark „Harthäuser Wald“ mit 100 Prozent Windstrom klimaneutral Wasserstoff hergestellt: Der PEM-Elektrolyseur mit einer elektrischen Systemleistung von einem Megawatt (MW) produziert bis zu 14,1 kg Wasserstoff pro Stunde, der nach der Verdichtung auf 300 bar in einem Tube-Trailer gespeichert wird. So kann der Wasserstoff mobil auf dem DLR-Gelände eingesetzt oder für Partner bereitge-

stellt werden. Das Projekt „H2ORIZON“ beinhaltet zudem zwei Erdgas-Blockheizkraftwerke, in denen der Wasserstoff zu Forschungszwecken beigemischt werden kann und damit gleichzeitig zur Energieversorgung des Standorts beiträgt.

Zero Emission – Wasserstoffstandort Lampoldshausen

Auf dieser Grundlage baut das Projekt „Zero Emission – Wasserstoffstandort Lampoldshausen“ auf, um die Möglichkeiten eines breiten Einsatzes von grünem Wasserstoff als Schlüsselfaktor der Sektorenkopplung zu demonstrieren. Das Ziel ist es, den Standort Lampoldshausen mit klimaneutral erzeugtem Wasserstoff zu versorgen und Testmöglichkeiten für die gesamte Wasserstoff-Prozesskette zu bieten. Dazu wird das Projekt in die drei Teilbereiche „Grüne Raumfahrt“, „CO₂-neutraler Standort“ und „H₂-Technikum“ gegliedert.



Das Institut für Raumfahrtantriebe designt, entwickelt und testet seit über 60 Jahren Raumfahrtantriebe und Komponenten für einen europäischen unabhängigen Zugang zum Weltraum.

Quelle: DLR

WASSERSTOFF aus WINDKRAFT: So fließt die Energie

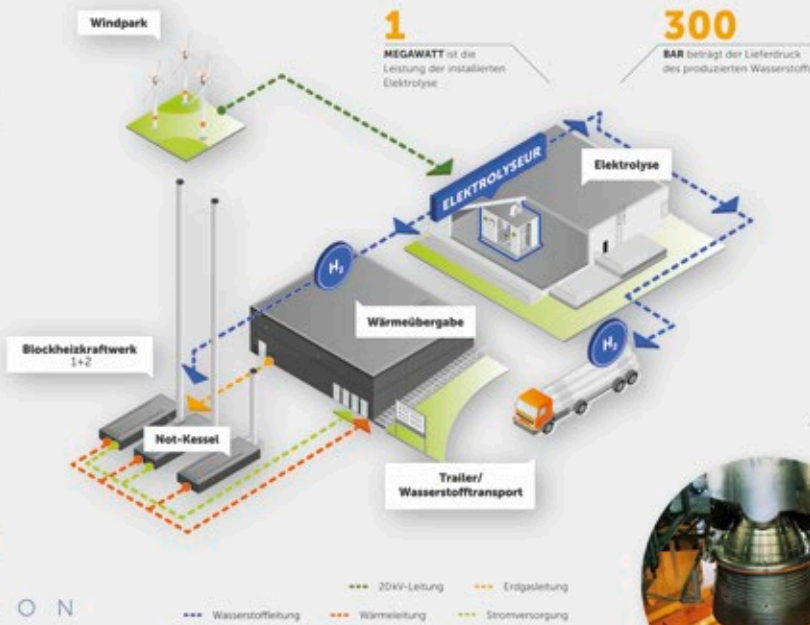


5
MILLIONEN Euro investieren die ZFAG Energie AG und das DLR jeweils in das Projekt H₂ORIZON

340
KILOGRAMM ist die Tagesproduktion an Wasserstoff

100
TONNEN Wasserstoff können pro Jahr produziert werden

5.0
ist die höchste Qualitätsstufe des Wasserstoffs



300
BAR beträgt der Lieferdruck des produzierten Wasserstoffs

40
TONNEN flüssigen Wasserstoff braucht das Triebwerk einer Rakete auf dem DLR-Teststand in zehn Minuten



Quelle: ZFAG

Wasserstoff aus Windkraft: So fließt die Energie

Für den Bereich „Grüne Raumfahrt“ wird die nachhaltige Wasserstoffproduktion durch einen PEM-Elektrolyseur mit einer elektrischen Systemleistung von 2,6 MW und direkter Anbindung an den Windpark erweitert. Dadurch können in Lampoldshausen bis zu 300 t grüner Wasserstoff pro Jahr produziert und in den Prüfständen und dem zum Projekt zugehörigen H₂-Technikum eingesetzt werden. Durch den Aufbau und Test eines mobilen Wasserstoffverflüssigers soll außerdem ab 2024 vor Ort tiefkalter, flüssiger Wasserstoff erzeugt werden. Ziel ist es, den verflüssigten Wasserstoff sowohl für Triebwerktests der europäischen Trägerrakete Ariane an den Großprüfständen als auch in der Erprobung neuer wasserstoffbasierter Technologien zu nutzen.

Ein weiteres Themenfeld ist die CO₂-Neutralität des DLR-Standorts Lampoldshausen. Im Mittelpunkt steht dabei die nachhaltige Versorgung mit Strom und Wärme sowie der Einsatz von Wasserstoff-Fahrzeugen. Die zusätzliche integrierte Messtechnik in den Fahrzeugen ermöglicht die Untersuchung von Fragestellungen rund um den Betankungsvorgang sowie die Validierung von Optimierungsmodellen. Für das Ziel einer nachhaltigen und CO₂-freien Energieversorgung erarbeiten DLR-Forschende ein optimiertes Energieversorgungssystem unter Berücksichtigung verschiedener Klimaprognosen.

Das dritte Kernthema adressiert die Erweiterung der Testaktivitäten über die Raumfahrt hinaus. Dabei setzt das DLR

sein Know-how im Umgang mit Wasserstoff-Großprüfständen sowie die vorhandene Sicherheitsinfrastruktur ein, um eine Forschungs- und Entwicklungsplattform für Wasserstofftechnologien zu schaffen. Das „H₂-Technikum“ soll es Partnern aus Industrie und Wissenschaft ermöglichen, Technologien für den Einsatz in der Wasserstoffwirtschaft unter realen Bedingungen zu entwickeln und zu erproben. Die modular aufgebaute Testumgebung erlaubt es dabei, flexibel auf Kundenanforderungen einzugehen. Damit unterstützt das Projekt den Technologietransfer in die Wirtschaft und fördert Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen.

Gut vorbereitet für die Zukunft: CO₂-Einsparung bei der Standortversorgung

Die beiden Projekte „H₂ORIZON“ und „Zero Emission“ haben bereits für eine starke Reduzierung des CO₂-Ausstoßes am Standort Lampoldshausen gesorgt. Die installierten Block-

	CO ₂ -Reduktion
H ₂ ORIZON BHKW	901 t/a
H ₂ ORIZON PEMEL	2.888 t/a
Zero Emission PEMEL	5.599 t/a
Gesamtreduktion	9.388 t/a

Quelle: DLR

Übersicht über die CO₂-Einsparungen bei der Standortversorgung

heizkraftwerke decken fast den gesamten Wärmebedarf des Standorts und haben die alten Ölkessel ersetzt. Während des Betriebs der Blockheizkraftwerke wird auch der Strombedarf weitestgehend gedeckt. Die beiden Elektrolyseure liefern grünen Wasserstoff und ersetzen somit den bisher durch Dampferformation gewonnenen bzw. angelieferten Bedarf an gasförmigen Wasserstoff für die Raketenprüfstände und später für das H₂-Technikum und das Hydrogenium. Dadurch können insgesamt jährlich mehr als 9.300 t CO₂ eingespart werden – dies entspricht einer Reduktion von 68 Prozent der durch das DLR in Lampoldshausen verursachten Emissionen.

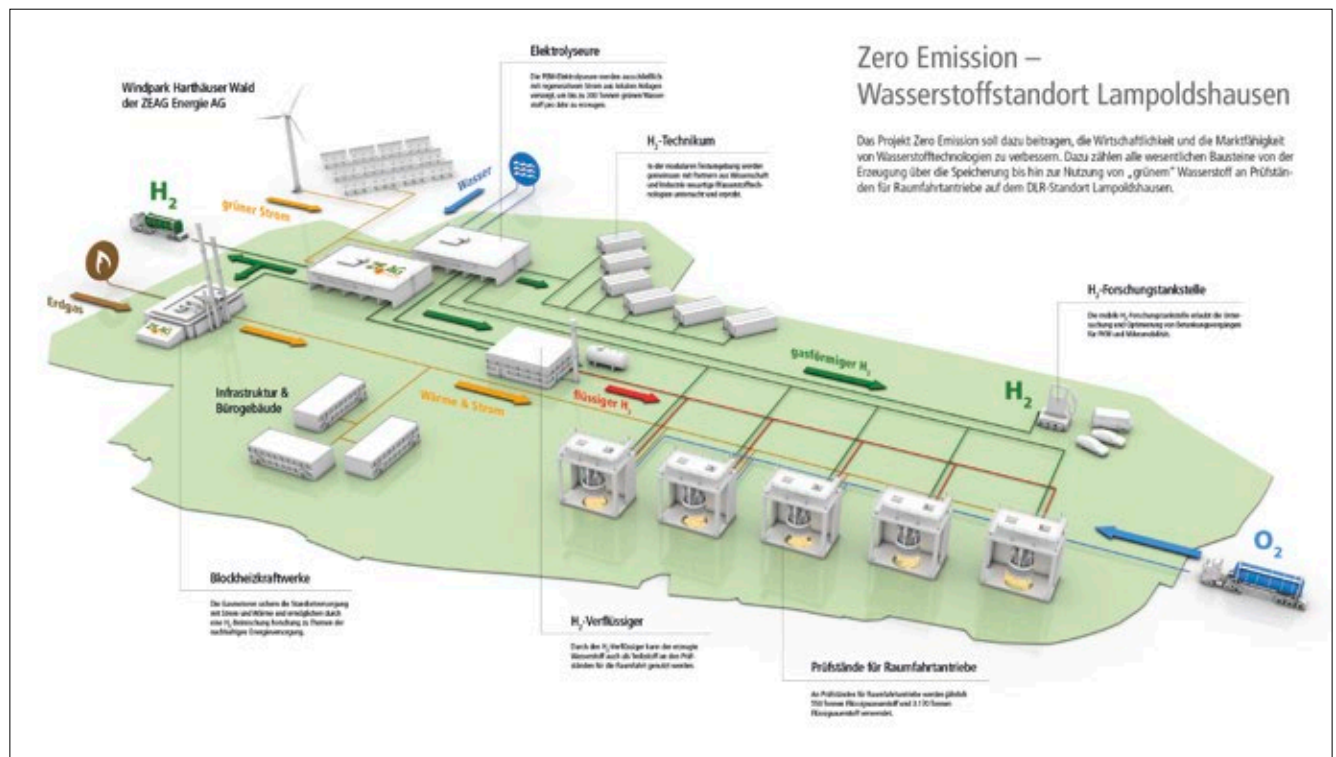
Hydrogenium: Test-, Anwendungs- und Transferzentrum

Voraussetzung für den Erfolg der Wasserstofftechnologie ist eine moderne Testinfrastruktur. Daher erbaut das DLR im Rahmen von „Hydrogenium“ ein weiteres Test-, Anwendungs- und Transferzentrum für klein- und mittelständische Unternehmen am Standort Lampoldshausen. Dieses unterstützt die Entwicklung und Erprobung von Wasserstofftechnologien, um innovative Lösungen von der Ideenfindung bis zur Marktreife

von Systemen und Komponenten zu fördern. Die Hochschule Heilbronn, die Technische Universität München (TUM), das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) und das DLR-Institut für Raumfahrtantriebe arbeiten gemeinsam daran, eine europaweit einzigartige Testumgebung mit gasförmigem und insbesondere großen Mengen von flüssigem Wasserstoff zu schaffen. Dabei bringt das DLR-Institut für Raumfahrtantriebe seine jahrzehntelange Erfahrung im Bau, der Planung und im Betrieb von Wasserstoff-Großanlagen, einschließlich aller vor- und nachgelagerten Prozesse wie Risikoanalyse, Simulation und Versuchsdurchführung, ein.

Kontakt:

Michael Füting
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
Im Langen Grund
74239 Hardthausen
E-Mail: michael.fueiting@dlr.de
Internet: www.dlr.de



Zero Emission – Wasserstoffstandort Lampoldshausen



Wasserstoff-Insel Öhringen: Gemeinsamer Einsatz für eine klimaneutrale Wärmeversorgung

von Dr. Heike Grüner (Netze BW GmbH)

In dem Projekt „Wasserstoff-Insel Öhringen“ zeigt Netze BW zusammen mit den Anwohnerinnen und Anwohnern der baden-württembergischen Stadt Öhringen praxisnah, dass schon heute bis zu 30 Prozent Wasserstoff ins Erdgasnetz eingespeist werden können – ohne, dass dafür eine aufwendige Anpassung der bestehenden Infrastruktur erforderlich ist. Der Beitrag gibt einen Überblick über den Projektablauf und wirft einen Blick auf die zukünftige Entwicklung.



Quelle: Netze BW GmbH

Anlagenaufbau (v. l.): Reservespeicher, Elektrolyseur (vorgesehen) und Mischanlage (im Container), davor befinden sich die unterirdisch verlegten Pufferspeicher.

Im Rahmen des Projektes werden die Auswirkungen steigender Wasserstoffanteile auf das Gasverteilnetz und die Endverbrauchergeräte unter realen Bedingungen und unter Einbeziehung sämtlicher Akteure (Bürgerinnen und Bürger, Gemeinde, Schornsteinfeger, Installateure, Feuerwehr usw.) untersucht. Mit einem Wasserstoffanteil von bis zu 30 Prozent in der bestehenden Infrastruktur (u. a. Gasnetz und -geräte) ist das Projekt in dieser Form bislang einmalig in Deutschland.

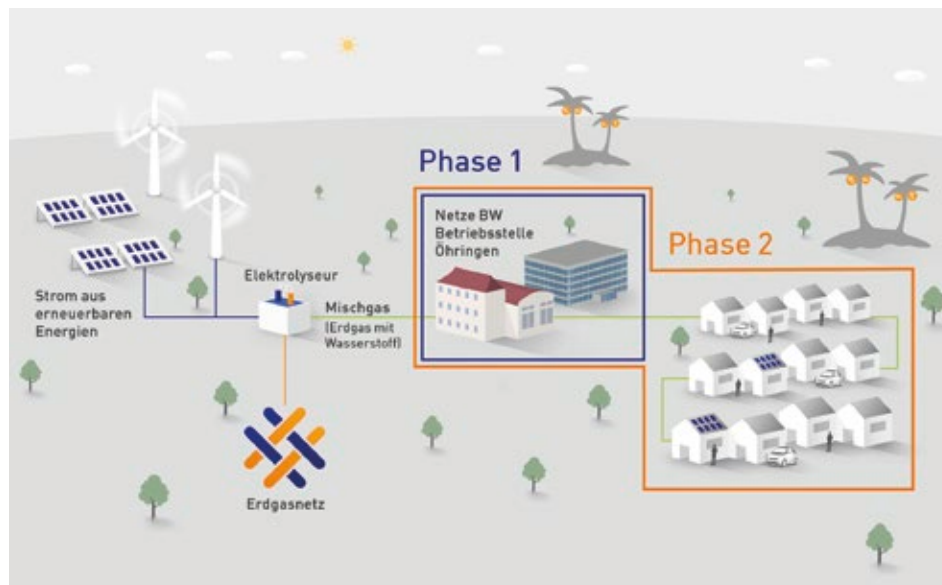
Die Energiewende dreht sich meist um Windräder, PV-Anlagen und Elektroautos. Mindestens genauso wichtig ist aber auch die Wärmeversorgung, die zu den größten Energieverbrauchssektoren in Deutschland gehört. Netze BW möchte daher wichtige Erkenntnisse sammeln, wie sich Wasserstoff zukünftig im Wärmemarkt etablieren kann. Vor diesem Hintergrund testet das Unternehmen in einem Pilotprojekt schon heute die Beimi-

schung und technische Machbarkeit von 30 Prozent Wasserstoff im Erdgasnetz. Dabei wird auch ein möglicher Weg aufgezeigt, wie das Speicherproblem der erneuerbaren Energien – eine zentrale Herausforderung der Energiewende – durch die Umwandlung in Wasserstoff gelöst werden kann. Fakt ist, dass erneuerbare Energien wetterbedingt starken Schwankungen unterworfen sind. Kann der Strom in Phasen hoher Produktion nicht direkt genutzt werden, führt das zu Abschaltungen der Wind- und Fotovoltaikanlagen.

Wasserstoff kann hier eine Schlüsselrolle spielen: durch überschüssigen Strom, der bei entsprechender Witterung in den Wind- und Solarparks anfällt, kann dieser mittels Elektrolyse erzeugt werden. Der Wasserstoff lässt sich dann ins Gasnetz einspeisen, dort speichern und transportieren.

Projektablauf

Hinter der Wasserstoff-Insel steckt folgendes Prinzip: Ein Gebiet wird vom bestehenden Erdgasnetz abgekoppelt, ähnlich einer Insel. In diesem „Inselgebiet“, zu dem die selbstgenutzte Liegenschaft der Netze BW und rund 30 Haushalte gehören, wird dem Erdgasnetz Schritt für Schritt bis zu 30 Prozent Wasserstoff beigemischt. Der benötigte Wasserstoff wird zukünftig mittels eines Elektrolyseurs direkt auf dem Betriebsgelände erzeugt. Dabei wird Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Der dazu erforderliche Strom stammt aus erneuerbaren Energien. In weiteren Anlagen wird der Wasser-



Quelle: Netze BW GmbH

Phasenmodell der „Wasserstoff-Insel Öhringen“

stoff zwischengespeichert, dem Erdgasnetz beigemischt und das entstandene Mischgas dann in das „Inselnetz“ eingeleitet. Schauplatz des Leuchtturmprojektes der Energiewende ist Öhringen, eine Stadt im Nordosten Baden-Württembergs.

Aktueller Stand und Ausblick

Im Dezember 2021 startete Netze BW mit der Versorgung der eigenen Betriebsgebäude die Phase 1. Nach einer schrittweisen Erhöhung des Wasserstoffanteils wurde Anfang Juni 2022 die Zielmarke von 30 Prozent erreicht. Phase 2, in der die umliegenden Haushalte mit eingebunden werden, beginnt im Sommer 2022. Ab diesem Zeitpunkt können die Anwohnerinnen und Anwohner des Inselgebietes ihren persönlichen Beitrag zu mehr Klimafreundlichkeit leisten.

Projektziele

Mit dem Projekt zeigt Netze BW, dass das Erdgasnetz schon heute eine klimaschonende Energieversorgung mithilfe von regenerativ erzeugtem Wasserstoff ermöglicht und dass eine sichere sowie zuverlässige Gasversorgung mit weniger CO₂-Emissionen durch den Einsatz von regenerativ erzeugtem Wasserstoff gewährleistet werden kann. Die Erdgasinfrastruktur dient damit zukünftig als ein Baustein der Energiewende, indem sie als Speicher für erneuerbare Energien genutzt werden kann.

Im Ergebnis kann der CO₂-Fußabdruck sowohl eines jeden Einzelnen beim Heizen und Kochen reduziert werden, aber auch

Industrie und GHD (Gewerbe/Handel/Dienstleistung) profitieren von einer klimafreundlichen Gasversorgung. Das Ziel in Zukunft: 100 Prozent regenerativer Wasserstoff, der Erdgas komplett ersetzen kann und dazu beiträgt, die Klimaziele zu erreichen.

Herausforderungen

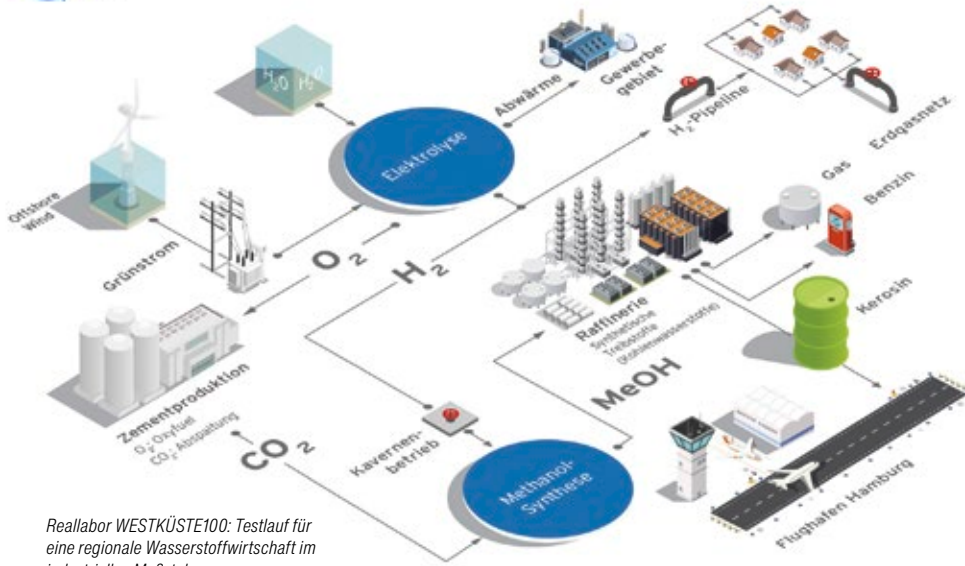
Unterstützt wird das Projekt von mehreren Partnern: Von der Wissenschaft über das örtliche Handwerk bis hin zur Industrie

– und natürlich von den Bürgerinnen und Bürgern vor Ort, die in der zweiten Phase mit eingebunden werden. Schon während der ersten Überlegungen und Vorarbeiten wurde klar, dass sehr viele Akteure in das Vorhaben involviert werden müssen. Grundlage ist zunächst, dass die Verbraucher, also die Anwohnenden vor Ort in dem Inselgebiet die Bedeutung des Projekts nachvollziehen müssen, um mit ihrer Teilnahme zu unterstützen. Im Rahmen eines Informationsabends hat das Projektteam die angewandte Technik und das geplante Vorgehen frühzeitig erläutert. Über den gesamten Testzeitraum wird ein enger Austausch mit den Teilnehmenden gepflegt. Erfreulicherweise erhielt das Projekt schnell eine klare Unterstützung von der Rathausspitze, dem Gemeinderat und den Bürgerinnen und Bürgern. Bis zur Unterzeichnung der Teilnehmerverträge waren aber einige Gespräche notwendig.

Bevor aus der Insel eine flächendeckende Lösung werden kann, müssen vor allem noch viele regulatorische Rahmenbedingungen angepasst werden. Das Projekt Wasserstoff-Insel will dabei wichtige Erkenntnisse liefern und wegweisend sein.

Kontakt:

Dr. Heike Grüner
 Netze BW GmbH
 Schelmenwasenstr. 15
 70567 Stuttgart
 E-Mail: wasserstoff-insel@netze-bw.de
 Internet: www.wasserstoff-insel.de



Reallabor WESTKÜSTE100: Testlauf für eine regionale Wasserstoffwirtschaft im industriellen Maßstab

Quelle: Thüga



Grüner Heizen mit Wasserstoff

von Dr. Kay Bareiß & Lisa Bauer (beide: Thüga Aktiengesellschaft)

In Zukunft nachhaltiger heizen: das ist eines der Ziele des Reallabors WESTKÜSTE100. Im Rahmen des Projektes soll eine regionale Wasserstoffwirtschaft im industriellen Maßstab abgebildet und skaliert werden. Die Voraussetzungen dafür sind gerade an der Westküste Schleswig-Holsteins einzigartig: Hier treffen eine starke Windenergie-Region sowie ausgezeichnete geologische Speicherbedingungen auf innovative Unternehmen, die die Zukunft aktiv gestalten und einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele liefern wollen.

Als Teil des Reallabors WESTKÜSTE100 starten die Stadtwerke Heide, Thüga und Open Grid Europe (OGE) ein Modellvorhaben für umweltfreundliches Heizen. Dafür soll schrittweise Wasserstoff in einen Abschnitt eines bestehenden Gasnetzes eingespeist und so der CO₂-Ausstoß signifikant gesenkt werden. Damit liefern sie eine Blaupause für die Dekarbonisierung der Gasnetze.

Rund 200 Haushalte in einem Wohngebiet in Heide sollen mit dem Erdgas-Wasserstoff-Gemisch versorgt werden. Thüga und die Stadtwerke Heide wollen so nachweisen, dass die Komponenten eines Bestandgasnetzes in der Praxis allen Anforderungen für die Einspeisung von Wasserstoff entsprechen. Sie zeigen, dass die Wärmeversorgung sukzessive auf erneuerbare Gase umgestellt werden kann – ohne umfassende Investitionen im Bereich der Gasnetze oder der Gasverbraucher. Darüber hinaus schafft das Projekt Erfahrungswerte zur Versorgungscharakteristik des neuen Energieträgers im Wärmemarkt.

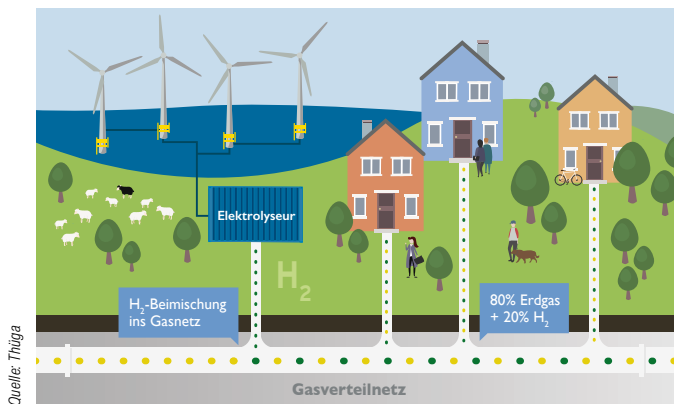
Neue Pipelintechologie im Einsatz

Der Wasserstoff (H₂) soll in einem 30-Megawatt(MW)-Elektrolyseur bei der Raffinerie Heide in Hemmingstedt produziert werden – aus erneuerbaren Energien, um dem Label „grün“ gerecht zu werden. Zu den Stadtwerken Heide gelangt er über eine Pipeline für 100 Prozent Wasserstoff mit einer Druckstufe von bis zu 40 bar, die OGE errichtet. Dafür wird erstmalig mit einer neuartigen Pipelintechologie eine komplette Wasserstoffinfrastruktur nach dem Vorbild des Erdgasnetzes installiert und im Realbetrieb getestet. OGE erforscht, wie sich Wasserstoff langfristig in die vorhandene Gasinfrastruktur einbinden lässt.

Moderne Gasinfrastruktur „kann“ Wasserstoff

Die Stadtwerke Heide planen auf ihrem Betriebsgelände den Bau einer Gaseinspeiseanlage, die den Wasserstoff exakt dosiert, dem Erdgas beimischt und in das separate Teilnetzgebiet ein-

Grüner Heizen mit Wasserstoff aus regenerativen Energien: dem Erdgas werden bis zu 20 Prozent Wasserstoff beigemischt.



speist. Der H₂-Anteil soll dabei von zunächst 10 auf bis zu 20 Prozent steigen. Im Zentrum von „Grüner Heizen“ steht der Nachweis, dass über eine Beimischung von Wasserstoff die Dekarbonisierung des Wärmebereichs eingeleitet werden kann, da sich die Komponenten einer modernen Gasinfrastruktur in punkto Dichtigkeit, Korrosionsbeständigkeit und der generellen Materialverträglichkeit für Wasserstoff eignen. Zu den Komponenten gehören u. a. Leitungen, die Regelanlage bei den Stadtwerken, Einbauarmaturen und Messgeräte sowie Endgeräte bei den Kunden.

Keine Umrüstungen bei Haushaltskunden nötig

Die Stadtwerke Heide haben den Netzabschnitt B-Plan 48 ausgewählt, weil er sich vom übrigen Netz mit wenig Aufwand abtrennen lässt. Zudem eignet er sich aufgrund seines geringen Alters und seiner verbauten Materialien bestmöglich für eine Wasserstoffbeimischung in der geplanten Größenordnung. Umrüstungen sind nicht notwendig, da die vorhandenen Gasanlagen gut geeignet sind, sodass sie nach Prüfung problemlos mit einem Gemisch aus Erdgas und Wasserstoff betrieben werden können. Der Bau einer neuen Stickleitung für die direkte Versorgung des abgetrennten Teilnetzgebiets mit einem H₂-Erdgas-Gasgemisch ist bereits gestartet.

Sicherheitscheck

Im Vorfeld wird die DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, ein unabhängiges Prüfinstitut des Gasfachs, sämtliche Gasanlagen (Anschluss, Heizung, Gasherd, Therme) in den Haushalten sicherheitstechnisch untersuchen und für den Betrieb mit Wasserstoff freigeben. Die KundInnen im Teilnetzgebiet können sich in einer Informationsveranstaltung mit dem Vorhaben vertraut machen. Durch das Projekt entstehen ihnen keinerlei Mehrkosten.

Außerdem erarbeitet Thüga in Kooperation mit einem unabhängigen Prüfinstitut ein Messkonzept für das Gasgemisch

sowie eine innovative Verbrauchsabrechnung, die Benachteiligungen des Endkunden ausschließt. Dafür ist eine virtuelle Simulation des Gasnetzes in Planung. Anschließend soll diese durch Messungen der Gaszusammensetzung im realen Netzbetrieb verifiziert werden. Die Eichdirektion Nord ist dabei als überwachende Behörde in das Projekt eingebunden.

Reallabor WESTKÜSTE100

Das Ziel des Reallabors WESTKÜSTE100 ist der Aufbau sowie die erfolgreiche Umsetzung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft im industriellen Maßstab. Dabei soll mittels Windenergie und auf Basis eines 30-MW-Elektrolyseurs grüner Wasserstoff erzeugt und durch die Verzahnung verschiedener Sektoren für industrielle Zwecke genutzt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, haben sich regionale und internationale Unternehmen aus Industrie, Entwicklung und Forschung zusammengeschlossen, um grünen Wasserstoff zu produzieren, zu speichern, zu transportieren und zu verwerten. Als starke Windenergie-Region mit ausgezeichneten geologischen Speicherbedingungen und innovativen Unternehmen, die eine klimaneutrale Zukunft aktiv mitgestalten wollen, bietet die Westküste Schleswig-Holsteins ideale Voraussetzungen.

Das Reallabor WESTKÜSTE100 bietet die Möglichkeit, den Technologie- und Innovationstransfer von der Forschung in die Praxis zu beschleunigen. Während der Projektlaufzeit von 2020 bis 2025 werden technische, wirtschaftliche und regulatorische Probleme und Fragestellungen identifiziert. Als eines der ersten Reallabore im Praxistest beteiligt sich WESTKÜSTE100 insbesondere aktiv an der Ausgestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen für die Nutzung von erneuerbarem Wasserstoff in verschiedenen Sektoren. Für den Markthochlauf und die Nutzung von Wasserstoff können so entscheidende Entwicklungsschritte angestoßen werden.

Das Projekt wird mit 36,5 Mio. Euro vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

Kontakt:

Lisa Bauer
Thüga Aktiengesellschaft
Nymphenburger Str. 39
80335 München
E-Mail: lisa.bauer@thuega.de
Internet: www.thuega.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

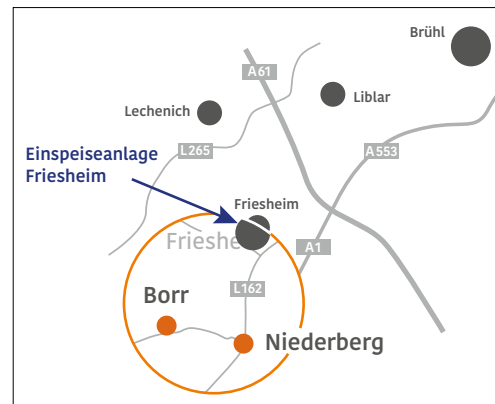
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



H₂-MiX – Zukunft in Erftstadt

von **Michael Thys** (GVG Rhein-Erft GmbH) & **Felix Künkel** (Rheinische NETZGesellschaft mbH)

Quelle: GVG/RNG



Übersicht über die Lage des Projektgebiets

In Erftstadt-Niederberg und -Borr und dem Gewerbegebiet Erftstadt-Friesheim wird erstmals in NRW Wasserstoff zur Wärmeversorgung von Endkunden eingesetzt. Bis zu 20 Vol.-% H₂ soll demnach im Spätsommer des Jahres 2022 in das L-Gasnetz der beiden Erftstädter Stadtteile eingespeist werden, um die Haushalte vor Ort mit dem Wasserstoff-Erdgas-Gemisch zu versorgen. Das Pilotprojekt H₂-MiX ist ein wichtiger Schritt in Richtung klimaneutraler Wärmeversorgung. Bevor die Einspeiseanlage anteilig Wasserstoff in das Erdgasnetz leitet, prüfen die Projektpartner alle Materialien und Bauteile innerhalb des Netzes bis ins Detail, dies umfasst auch die jeweiligen Gasanwendungen der Endverbraucherinnen und -verbraucher.

ausschließlich um Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Gewerbekunden handelt. Anschlussnehmerinnen und -nehmer, die unter Umständen empfindlich für höhere Wasserstoffbeimischungen sein können (wie beispielsweise Industriekunden oder Erdgastankstellen), sind im Netzgebiet nicht vorhanden. Bei dem zu untersuchenden Netz handelt es sich um ein endständiges Netz, welches ab dem Jahr 2007 er-

Hinter dem Pilotprojekt H₂-MiX stehen federführend die GVG Rhein-Erft GmbH (GVG) und die Rheinische NETZGesellschaft mbH (RNG). Bei der Umsetzung werden die Partner außerdem tatkräftig durch den unabhängigen Prüfdienstleister TÜV Rheinland Energy GmbH dienstleistend unterstützt.

richtet wurde und vollständig aus dem Werkstoff PE 100 besteht. Somit sind nicht nur die verbauten Leitungsmaterialien bestens für die Beimischung von Wasserstoff geeignet, sondern die einseitige Einspeisung erleichtert außerdem die Überwachung und Nachverfolgung des Gasgemisches im Netz. Sollte es zu unwahrscheinlichen Unregelmäßigkeiten im Teilnetzbetrieb kommen, schaltet sich die Einspeiseanlage sofort automatisch ab und die Anwohnenden werden wieder mit Erdgas versorgt.

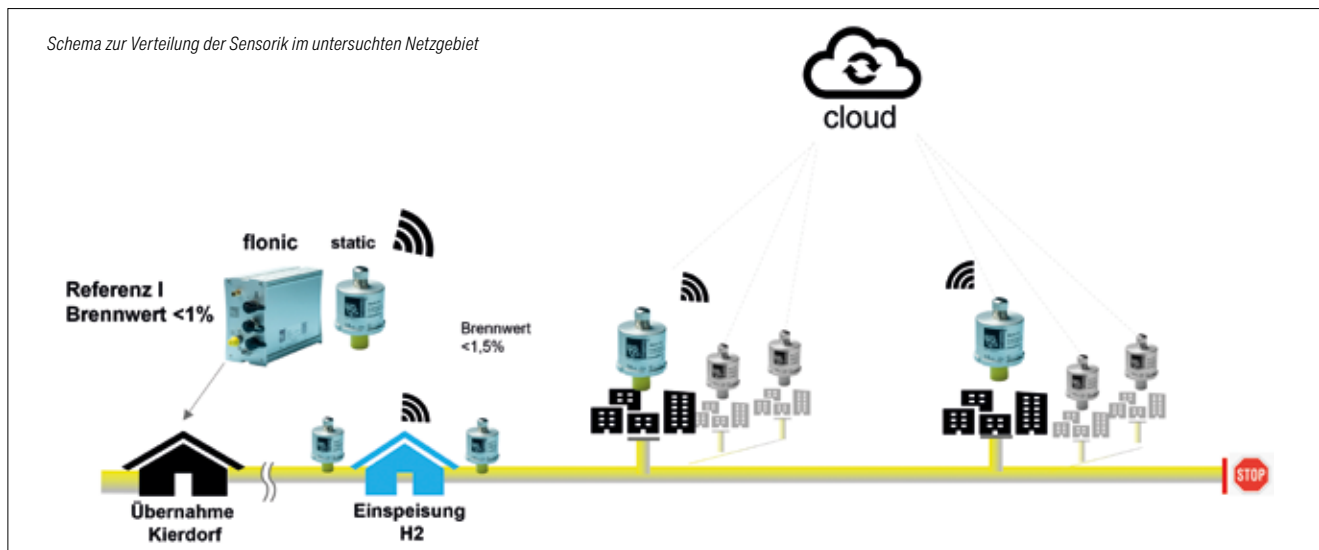
Eine erfolgreiche und obendrein für die Endverbraucherinnen und -verbraucher bezahlbare Energiewende wird nur gelingen, wenn alle zur Verfügung stehenden Technologien dort eingesetzt werden, wo sie am besten geeignet sind. Wasserstoff kann dabei beispielsweise im Wärmemarkt eine wesentliche Rolle spielen und die bereits bestehende Gasinfrastruktur mit über 500.000 km Leitungslänge bietet die ideale Voraussetzung, grünen Wasserstoff genau dorthin zu transportieren, wo er effizient eingesetzt werden kann. Pilotprojekte wie H₂-MiX sollen in diesem Zusammenhang zeigen, dass eine Beimischung von Wasserstoff problemlos und schnell umsetzbar ist. Dies ist ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg in ein klimafreundliches Energiesystem der Zukunft. Für den schnellen Hochlauf einer funktionierenden Wasserstoffwirtschaft ist eine stabile Nachfrage und Planungssicherheit für Investitionen die Grundvoraussetzung.

Um die Endverbraucherinnen und -verbraucher im betroffenen Netzabschnitt frühzeitig einzubinden, wurden bereits im Vorfeld des Projekts umfassende Informationsmaterialien versendet. Zusätzlich haben die Projektpartner GVG und RNG zu mehreren Info-Veranstaltungen eingeladen, um gemeinsam mit Vertretern der TÜV Rheinland Energy GmbH ausführlich über das Vorhaben zu berichten und Fragen und Bedenken der Verbraucherinnen und Verbraucher zu beantworten. Die Veranstaltungen wurden sehr positiv aufgenommen und haben wesentlich dazu beigetragen, eine breite Vertrauensbasis für das Projekt zu schaffen.

Die für das Projekt ausgewählten Erftstädter Stadtteile Niederberg, Borr und das Gewerbegebiet von Friesheim eignen sich aufgrund ihrer Netzstruktur und ihres Alters besonders gut für das Pilotprojekt: Insgesamt verteilen sich knapp 100 Netzan-schlüsse auf die insgesamt ca. 4,5 km Leitungslänge, wobei es sich

Für die konkrete Umsetzung wurden im Projektgebiet zunächst alle Netzbauteile und Materialien sowie Gasverbrauchseinrichtungen bei den Endkundinnen und -kunden erfasst. Nachdem Abschluss dieser Phase, wurde mithilfe eines Prüfgases (u. a. bestehend aus 23 Vol.-% Wasserstoff) die Kundenanlagen einzeln auf ihre Wasserstoff-Verträglichkeit, einwandfreie Funktion sowie Dichtigkeit hin überprüft. Bis Ende des

Schema zur Verteilung der Sensorik im untersuchten Netzgebiet



Quelle: GVG/RNG

Jahres soll der Wasserstoffanteil dann stufenweise auf maximal 20 Vol.-% Wasserstoff erhöht werden.

Die Firma Schwelm Anlagentechnik GmbH wurde mit der Erstellung der Einspeiseanlage beauftragt. Umgesetzt wurde diese in einer Container-Bauweise, sodass die Anlage ortsveränderlich ist und theoretisch auch in anderen Netzgebieten der RNG/GVG eingesetzt werden kann. Der Wasserstoff wird auf dem Grundstück der Einspeiseanlage in speziellen Wasserstoff-Speicherflaschen zwischengelagert. Der im Projekt verwendete Wasserstoff stammt hierbei aus einem Industriepark in der Region und fällt dort bei der sogenannten Chlor-Alkali-Elektrolyse in großen Mengen als Nebenprodukt an. Aktuell ist geplant, mit der ersten Phase der Einspeisung im Oktober 2022 zu starten. Zunächst soll die Beimischung über einen Zeitraum von ca. einem Jahr durchgeführt werden. Aktuell wird allerdings bereits geprüft, ob der Zeitraum nachträglich noch einmal verlängert werden kann.

Das Hauptaugenmerk bei der Betrachtung liegt – neben der Versorgung der Verbraucherinnen und Verbraucher während der Heizperiode 2022/2023 – vor allem auf der Laufzeitermittlung der Wasserstoffkonzentration im Erdgasnetz. Darüber hinaus sind der Einsatz und die Erprobung einer eichrechtlich belastbaren Sensorik-Lösung wesentlicher Bestandteil des Projekts. Zu diesem Zweck sind nicht nur an der nahegelegenen Übernahmestation und der Einspeiseanlage, sondern auch im gesamten Projektgebiet hinter jedem Abzweig sowie in jedem Endstrang und Strecken > 500 m hochmoderne korrelative Messsysteme installiert worden. Die Geräte bestimmen nicht direkt die Ausgabewerte, sondern messen die Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Dichte der Gasmischung. Diese werden als Eingangsparameter für ein Korrelationsmodell verwendet, um den Brennwert und Wasserstoffgehalt des Gas-

gemisches zu berechnen. Diese Technologie ermöglicht eine sehr kompakte und wartungsarme Überwachung des gesamten Gasnetzes. Insgesamt kommen im Projektgebiet rund 30 dieser Sensoren zum Einsatz, deren Messdaten über eine entsprechende Cloud jederzeit in Echtzeit abgerufen werden können. Dadurch ist gewährleistet, dass nicht nur die Wasserstoffkonzentration, sondern auch der Brennwert kontinuierlich über das gesamte Projektgebiet und über die gesamte Projektlaufzeit überwacht werden kann. Über den direkten Nutzen einer eichrechtlich belastbaren Sensorik-Lösung hinaus leisten die Erkenntnisse aus dem Projekt außerdem einen wesentlichen Beitrag zur Digitalisierung der Infrastruktur.

Kontakt:

Michael Thys
GVG Rhein-Erft GmbH
Max-Planck-Str. 11
50354 Hürth
E-Mail: michael.thys@gvg.de
Internet: www.gvg.de

Felix Künkel
Rheinische NETZGesellschaft mbH
Parkgürtel 26
50823 Köln
E-Mail: f.kuenkel@rng.de
Internet: www.rng.de





H2-20: Erfolgreiche Wasserstoffbeimischung von 20 Vol.-% in der Modellregion Fläming

von **Dr. Holger Dörr** (DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut), **Angela Brandes** (Avacon Netz GmbH), **Dr. Stefan Gehrmann** (DVGW e. V.), **Martin Kronenberger & Nils Janßen** (beide: Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.)

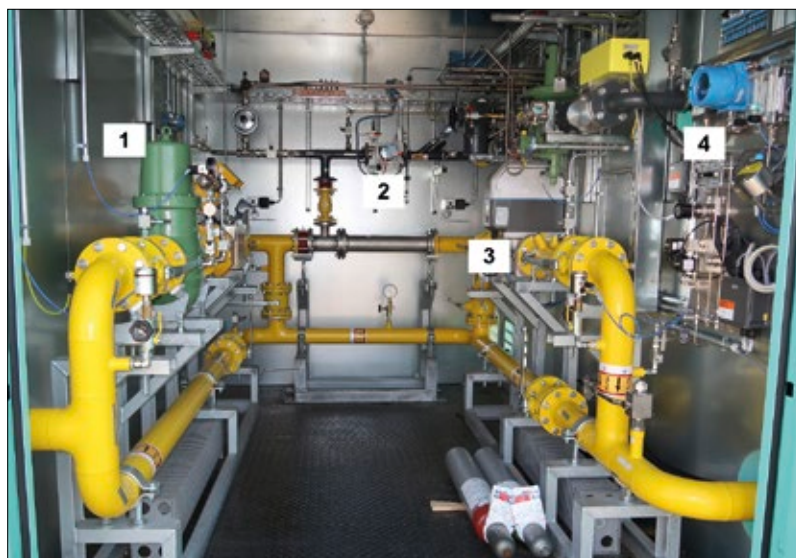
Im Rahmen des Projektes H2-20 wird in der Modellregion Fläming bei insgesamt 340 Gaskunden die Wasserstoffbeimischung von bis zu 20 Volumenprozent (Vol.-%) zu Erdgas an einem weitgehend unveränderten Bestand untersucht. Damit soll der CO₂-Fußabdruck des Energieträgers Gas reduziert werden. Die Wasserstoffbeimischung zeigte neben der Minderung der CO₂-Emissionen auch positive Effekte bei der Verbrennungsgüte in Form verminderter CO- und NO_x-Emissionen. Es traten während der Einspeisephasen von 10, 15 und 20 Vol.-% H₂ keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten auf.

Als Teil der Wasserstoffstrategie des DVGW wird in einem Netzgebiet der Avacon Netz GmbH die Beimischung von bis zu 20 Vol.-% Wasserstoff zu Erdgas untersucht. Zielsetzung des Projektes H2-20 ist der Nachweis, dass die Beimischung in einem weitgehend unveränderten Bestand mit Gasnetz, Gasinstallationen und Gasgeräteinstellungen bereits jetzt als ein Teil der Defossilisierung im Gassektor anwendbar ist, wie es vielfältige Laboruntersuchungen gezeigt haben. Das Projektteam von H2-20 umfasst die DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut als Projektkoordinator und zuständig für die Analyse des Anlagenbestandes, den Netzbetreiber Avacon Netz GmbH

für die Bereitstellung des Netzgebietes, den Bau und Betrieb der Einspeiseanlage sowie das Gas- und Wärme-Institut Essen e. V. für die Erhebung der Kundenanlagen in der Modellregion. Zahlreiche Heizungstechnikhersteller und weitere Expertinnen und Experten aus dem Gasfach unterstützen das Projekt mit Datenanalysen und Serviceorganisationen.

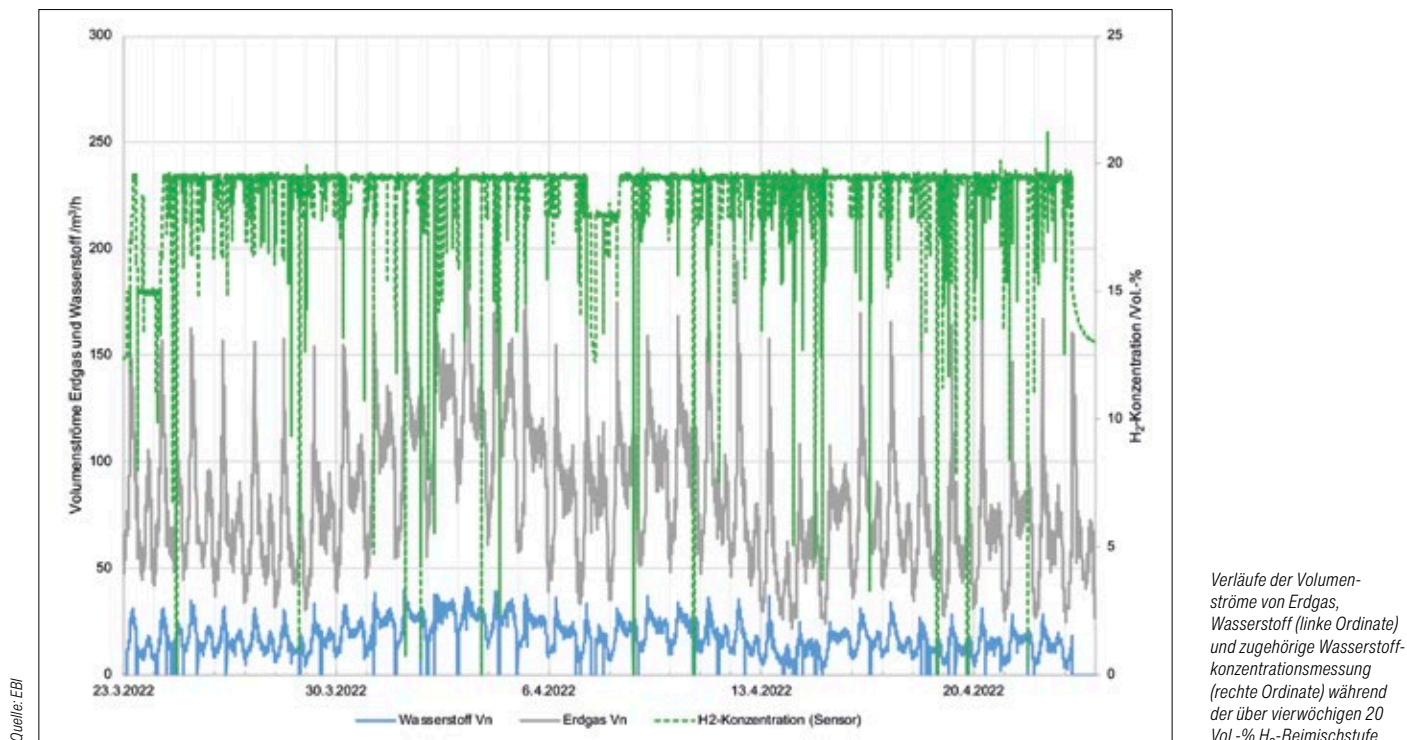
Die Modellregion Fläming befindet sich in Sachsen-Anhalt zwischen Magdeburg und Berlin. Diese ländliche Region hat einen hohen Überschuss an erneuerbarem Strom und – über verschiedene Biomethan-Einspeiseanlagen – einen hohen Anteil an erneuerbaren Gasen im 1994 errichteten Gasnetz. Ein abgegrenztes Netzgebiet für eine Einseiteneinspeisung und eine vornehmlich häusliche Gasverwendung erfüllten u. a. die Auswahlkriterien für dieses Demonstrationsvorhaben.

Bei 20 Vol.-% H₂-Beimischung zu Erdgas werden die Dichteanforderungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 260 unterschritten, weshalb nach Abschnitt 4.2.2 des Arbeitsblattes eine Einzelfallprüfung der Gasinstallationen mit den Gasgeräten erforderlich ist. Im Rahmen eines abgestimmten Sicherheitskonzeptes wurden das Gasverteilnetz und alle Gasinstallationen inklusive der Gasgeräte deshalb wie vorgefunden erhoben. Im Fall der Gasgeräte wurden Messungen im Betrieb mit Erdgas als auch mit dem wasserstoffhaltigen Prüfgas G 222 (23 Vol.-% H₂



Blick in die Einspeiseanlage in einem 20-Fuß-Container mit Volumenmessungen für Erdgas (1), Wasserstoff (2) und Mischgas (3). Die kontinuierliche H₂-Konzentrationsmessung (4) ist über eine Stichleitung ausgeführt.

Quelle: EBI



in Methan) in Vollast und, soweit möglich, in Teillast vorgenommen, um den ordnungsgemäßen Betrieb auch für eine Wasserstoffbeimischung nachzuweisen. Die Messdaten jedes Gasgerätes wurden seitens des Projektteams als auch durch den jeweiligen Gerätehersteller gesichtet und bewertet.

Die Einspeiseanlage für das Projekt wurde in einem 20-Fuß-Container realisiert und auf maximale Flüsse von 500 m³/h für Erdgas und 100 m³/h H₂ ausgelegt, die mit geeigneten Durchflussmessern erfasst werden. In der Sicherheitskette sind u. a. H₂-Messungen im Mischgas über einen kontinuierlichen H₂-Sensor als auch über einen externen diskontinuierlichen PGC integriert, dessen Messwerte in Abstimmung mit den Eichbehörden und der PTB auch im Rahmen einer fiskalischen Gasabrechnung verwendet werden.

Die Erhebung des Bestandes vor der Einspeisung ergab eine bimodale Altersverteilung der Gasgeräte: Der erste Modus von 1989 bis 2009 hängt mit der Errichtung des Gasnetzes zusammen, den zweiten Modus prägten ab ca. 2010 Heizungsmodernisierungen neben einigen Neuanlagen. Die Leistungs- bzw. Belastungsverteilung ist wie der bundesdeutsche Bestand vor allem durch kleinere Wärmeerzeuger unterhalb einer Leistung von 35 Kilowatt (kW) geprägt. Bei insgesamt acht Geräten wurden vor allem bei den Teillastmessungen mit Erdgas zu hohe CO-Werte gemessen. Die Überprüfung der Dichtheit der Gasinstallationen ergab bei 97,7 Prozent der Gasinstallationen eine unbeschränkte Gebrauchsfähigkeit, während acht Gasin-

stallationen eine beschränkte Gebrauchsfähigkeit mit Leckmengen zwischen 1 bis 3,9 l/h aufwiesen. Die Beseitigung der 16 Mängel wurde im Rahmen des Sicherheitskonzeptes dokumentiert.

In der Heizsaison 2021/22 erfolgte dann die Wasserstoff-Beimischung in Stufen von 10, 15 und 20 Vol.-%. Vor Ort wurden bei über 250 Stichprobenmessungen die Dichtheit der Gasinstallation auch mit dem wasserstoffhaltigen Mischgas, der Wasserstoffgehalt und die Emissionen gemessen und die einwandfreie Funktion überprüft. Es konnten bei den Stichproben und den Rückmeldungen von Kunden keine sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten während der Einspeisephasen beobachtet werden. Bislang zeigte das Projekt H₂-20, dass eine Beimischung von bis zu 20 Vol.-% H₂ in einem weitgehend unveränderten Bestand in der Modellregion möglich und sicher ist. Die H₂-Beimischung kann folglich für vergleichbare Netze bereits heute vielerorts als Ad-hoc-Methode erneuerbaren Wasserstoff flexibel in die öffentliche Gasversorgung integrieren.

Kontakt:

Dr. Holger Dörr
 DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut
 Engler-Bunte-Ring 5
 76131 Karlsruhe
 E-Mail: doerr@dvwg-ebi.de
 Internet: www.dvbw-ebi.de



Wasserstoffprojekt H2Direkt: H₂-basierte Wärmeversorgung demonstriert Zukunftsfähigkeit der Gasverteilnetze

von **Julia Leopold** (Energie Südbayern GmbH)

Die Umstellung eines bestehenden Gasnetzes auf 100 Prozent Wasserstoff wird im Rahmen von H2Direkt, als Teil des TransHyDE-Projekts "Sichere Infrastruktur", erprobt werden. Dabei wollen die Projektbeteiligten nicht nur Praxiserfahrungen mit einem reinen Wasserstoffnetz sammeln, sondern auch einen allgemeingültigen Umstellungs-Leitfaden erstellen, der als Blaupause für ähnliche Vorhaben dienen kann. Der Beitrag stellt das Projekt H2Direkt vor und erläutert die Vorgehensweise bei der Umstellung.

Der Klimawandel ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Treibhausgas-Emissionen zu senken, wird in diesem Zusammenhang zu einer elementaren Aufgabe – dabei spielt der Wärmesektor eine entscheidende Rolle, denn noch heute werden zum Beheizen von Gebäuden überwiegend fossile Brennstoffe wie Öl, Gas oder Kohle genutzt. Gleichzeitig macht die Wärmeversorgung über 50 Prozent des deutschen Endenergieverbrauches aus und fällt somit bei der Treibhausgasbilanz besonders ins Gewicht.

Dementsprechend muss der Wärmesektor seinen Beitrag zur Energiewende leisten. Ein Schlüsselfaktor dafür ist Wasserstoff, denn durch seinen Einsatz als Energieträger entstehen keine schädlichen Emissionen. Der Fokus liegt hierbei auf grünem Wasserstoff, der mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt wird und in Zukunft fossiles Erdgas ersetzen kann.

Das Ziel: Wärmeversorgung mit 100 Prozent Wasserstoff über ein bestehendes Gasnetz

H2Direkt ist vor diesem Hintergrund eines der wichtigsten Pilotprojekte in Deutschland, um die Zukunftsfähigkeit der Gasverteilnetze zu demonstrieren und eine Blaupause für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung zu entwickeln. Energie Südbayern GmbH (ESB) und die Thüga AG stellen in dem innovativen Feldtest ein bestehendes Erdgasnetz der Energienetze Bayern (ENB) auf 100 Prozent Wasserstoff um. Es gibt in Deutschland zwar bereits Teilnetzgebiete, in denen im Rahmen von Forschungsvorhaben bis zu 30 Prozent Wasserstoff beigemischt wird. H2Direkt geht den nächsten Schritt und setzt eine



Quelle: Thüga AG/ESB GmbH

H2Direkt untersucht als innovatives Forschungsprojekt die 100-Prozent-Versorgung mit Wasserstoff

Wärmeversorgung mit 100 Prozent Wasserstoff um. Die Gasinfrastruktur kann damit einen Beitrag zur Energiewende leisten. Auch in Anbetracht der aktuellen Diskussionen um Versorgungssicherheit bietet grüner Wasserstoff eine klare Perspektive. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens teilen ESB und Thüga mit den rund 100 Partnerunternehmen der Thüga-Gruppe. Sie leisten so einen wichtigen Beitrag für die technischen und gesellschaftlichen Grundlagen, um 511.000 km Gasleitungen in Deutschland zukunftsfähig umzubauen.

Die Projektpartner

Energie Südbayern ist in dem Projekt verantwortlich für die Umsetzung und technische Betreuung des Feldtests vor Ort. Auch Vertragliches und Abrechnung liegen bei ESB, die direkter Ansprechpartner der Testhaushalte ist. Die Energienetze Bayern GmbH & Co. KG (ENB) wiederum ist die Netzgesellschaft im Unternehmensverbund der ESB und der größte re-



Geplanter Netzteilabschnitt für die Umstellung: das Neubauwohngebiet „Am Kerschberg II“ in der Gemeinde Markt Hohenwart

gionale Gasverteilnetzbetreiber in Südbayern. Thüga unterstützt mit konzeptioneller und operativer Fachexpertise und Erfahrungen aus vorherigen Forschungsprojekten zur Umstellung von Verteilnetzen auf Wasserstoff.

Projektumsetzung und Umbaumaßnahmen

Die Umstellung des Gasnetzes auf Wasserstoff erfolgt in Markt Hohenwart im Baugebiet „Am Kerschberg II“. Der Standort bietet sehr gute Bedingungen, denn es handelt sich um ein junges Gasnetz, das einfach abgetrennt werden kann und in dem nur wenige Komponenten ausgetauscht werden müssen. Insgesamt zehn Haushalte und eine Gärtnerei als Gewerbekunde werden für zunächst 18 Monate mit 100 Prozent Wasserstoff versorgt. Ob anschließend eine Weiterversorgung möglich ist, wird im Verlauf von H2Direkt bewertet – erklärtes Ziel ist der Weiterbetrieb unter Beachtung der Erkenntnisse aus dem Projekt. Aktuell befindet sich H2Direkt in der Konzeptionierungsphase. Die Umbaumaßnahmen sind für 2023 geplant, die Wärmeversorgung mit Wasserstoff startet zur Heizperiode 2023/24. Ziel ist der Einsatz von ausschließlich grünem Wasserstoff.

Das Wasserstoffnetz wird im Inselbetrieb angelegt: Ein Teil des bestehenden Erdgasnetzes wird vom Rest abgetrennt und separat mit Wasserstoff versorgt. Dafür ist kein Austausch der Rohre notwendig. Vor Ort werden ein Wasserstofftrailer und eine Einspeiseanlage aufgebaut, transportiert wird der Wasserstoff auf Lkw in Röhrenbündelspeichern. Die Einspeiseanlage enthält eine Druckregelung sowie eine Odorierungsanlage.

In den Haushalten werden alle Gaskomponenten auf ihre H₂-Tauglichkeit überprüft. Handelsübliche Brennwertthermen und -kessel können mit einem gewissen Anteil Wasserstoff umgehen – für eine Umstellung auf 100 Prozent ist es jedoch

erforderlich, die bestehenden Gasanlagen zu ersetzen. Auch Komponenten wie Zähler, Gasdruckregelgeräte, Gasströmungswächter und Hauseinführungskombinationen werden geprüft und falls nötig ausgetauscht.

Allgemeingültiger Umstellungs-Leitfaden

H2Direkt schafft eine Basis für die zukünftige Rolle der Gasnetze. Auf technischer Ebene geht es um die Bewertung der Unfallsicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Verteilnetzen im Betrieb mit 100 Prozent H₂. Dazu wird eine innovative Gassensorik erprobt, zudem entsteht ein spezifisches, geprüftes Sicherheitskonzept sowie ein Mess- und Abrechnungssystem für Wasserstoff. ESB und Thüga bündeln alle technischen und organisatorischen Prozesse in einen Leitfaden, der einen allgemeingültigen Umstellungspfad der Gasinfrastruktur auf Wasserstoff festhält. H2Direkt erhöht zudem das Informationsniveau bezüglich alternativer Wärmetechnologien – und damit auch die Kundenakzeptanz.

Namhafte Partner mit langjähriger Erfahrung

Für H2Direkt setzen ESB und Thüga auf die Expertise namhafter Partner mit langjähriger Erfahrung: Die Firma Vaillant wird die H₂-Brennwertgeräte für die teilnehmenden Haushalte herstellen und einbauen, das Forschungsinstitut DVGW-EBI und die keep it green GmbH unterstützen die Projektumsetzung als wissenschaftliche bzw. planerische Dienstleister. H2Direkt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und ist als Cluster im TransHyDE-Projekt "Sichere Infrastruktur" Teil der Wasserstoff-Leitprojekte des BMBF.

Kontakt:

Julia Leopold
Energie Südbayern GmbH
Ungsteiner Str. 31
81539 München
E-Mail: julia.leopold@esb.de
Internet: www.esb.de



Wasserstoff-Blockheizkraftwerk in Hamburg-Othmarschen

von **Andreas Bernert** (HanseWerk Natur GmbH)

HanseWerk Natur hat erstmals ein Blockheizkraftwerk (BHKW) in Deutschland in der Leistungsklasse von einem Megawatt (MW) mit bis zu 100 Prozent grünem Wasserstoff betrieben. Hierfür wurde ein Jenbacher Gasmotor von INNIO temporär so umgerüstet, dass er mit Erdgas, H₂ oder einer Mischung der beiden Energieträger betrieben werden kann. Das Unternehmen demonstriert somit in einer realen Umgebung, wie ein BHKW aus grünem Wasserstoff, der aus überschüssiger Windkraft erzeugt wurde, klimafreundlich Strom und Wärme produziert.

Im Rahmen der Sektorenkopplung wurde der Wasserstoff lokal in Hamburg für den Betrieb von E-Ladesäulen, die Einspeisung von Strom in das Netz sowie die Wärmever-sorgung von insgesamt 30 Wohngebäuden, einer Kinder-tages- und Sportstätte sowie einem Freizeitzentrum verwendet. Mehrere Testreihen in den Jahren 2020/21 lieferten dabei wichtige Erkenntnisse für die Umsetzung und Mach-barkeit des H₂-Betriebs. HanseWerk Natur stellt damit die Weichen für eine grünere, sichere, flexible und zukunfts-orientierte Energieversorgung.

Alleinstellungsmerkmale des Projektes

Das H₂-BHKW ist laut Aussage des Herstellers INNIO der erste Motor weltweit in der Größenklasse von einem Me-gawatt, der mit 100 Prozent grünem H₂ betrieben werden kann. Für den Feldtest wurde der Gasmotor im realen Feld auf den H₂- oder Erdgas-H₂-Mischbetrieb umgerüstet. Die Anlage verfügte zudem über eine separate H₂-Peripherie. Bisherige Projekte arbeiten hingegen lediglich mit einer deutlich geringeren H₂-Beimischung zum Erdgas und/oder in deutlich kleineren Leistungsklassen.

Die Testreihen erfolgten im realen Betriebsumfeld im urba-nen Raum. Es ist der erste Gasmotor, der im Feld auf Was-serstoffbetrieb umgerüstet wurde. Mit diesem Feldtest hat sich HanseWerk Natur auf einen zukünftigen BHKW-Betrieb vorbereitet, der grünen H₂ aus reinen Wasserstoff-Netzen bezieht.

Erste Testreihe: Machbarkeit

Nachdem der BHKW-Motor die ersten Wochen nach seiner Inbetriebnahme ausschließlich mit Erdgas betrieben wurde, hat HanseWerk Natur in seiner ersten Testreihe im Herbst 2020 verschiedene H₂-Anteile sowie den reinen H₂-Betrieb getestet. Im Rahmen dieser Testreihe wurden verschiedene Systeme während des H₂- und Mischbetriebs geprüft, Motoreinstellungen justiert sowie die Sicherheit-technik überwacht. Insgesamt wurden in dieser Testreihe 828,13 kg Wasserstoff (72 Flaschenbündel mit jeweils 11,5 kg Nutzinhalt) verwendet.

Der technische Durchbruch war gelungen, als der Motor über mehrere Stunden störungsfrei mit Wasserstoff betrie-ben werden konnte – die Machbarkeit eines 100-prozenti-gen Betriebes mit H₂ im realen Feld ist somit nachgewiesen. In dieser Testreihe wurde erstmalig ein BHKW-Motor in der Größenklasse von einem MW mit 100 Prozent H₂ be-trieben. Aus dieser Testreihe ergab sich zudem, dass die Betriebskosten des BHKW mit Erdgas, H₂ oder einem Ge-misch der beiden Brennstoffe in etwa gleich sind. Nur die Brennstoffkosten für den Einsatz von grünem H₂ sind derzeit wegen der regulatorischen Voraussetzungen noch zu hoch für einen wirtschaftlichen Betrieb.

Zweite Testreihe: Wirkungsgrade

In der zweiten Testreihe im Herbst 2021 hat HanseWerk Natur dann den Fokus auf die Wirkungsgrade gelegt. Im

Vergleich zur ersten Testreihe konnte hier eine Leistungssteigerung erzielt werden: Beim Wasserstoff-Betrieb ist die Leistung demnach um rund 10 Prozent gestiegen, im Spitzenlastbetrieb sogar um mehr als 20 Prozent.

Der elektrische Wirkungsgrad lag während der Testreihe im Mischbetrieb mit Erdgas und Wasserstoff bei 43,1 Prozent. Zum Vergleich: Mit Erdgas hatte das BHKW zuvor einen elektrischen Wirkungsgrad von 42,4 Prozent erzielt. Somit hat der HanseWerk Natur nicht nur das Ziel erreicht, das Blockheizkraftwerk im Erdgas-H₂-Mischbetrieb mit denselben Wirkungsgraden zu betreiben wie mit Erdgas, sondern konnte ihn sogar leicht erhöhen.

Potenzial zur Erhöhung des Erneuerbare-Energien-Anteils

Für die Ziele der Bundesregierung zur Klimaneutralität bis 2045 kann das H₂-BHKW zukünftig eine Schlüsselrolle in der Energiewende spielen. Ist genügend erneuerbarer Strom im Netz, wird das BHKW zur Netzentlastung abgeschaltet und die Wärme vorübergehend über Kessel bereitgestellt. Ist hingegen zu wenig Strom im Netz, speist das BHKW Strom ein und stellt mit dieser Regelenergie die ausreichende Stromversorgung sicher. HanseWerk Natur hat hierfür ein virtuelles Kraftwerk mit 70 Anlagen in Norddeutschland etabliert, das – je nach Bedarf – die Stromproduktion herunterfährt oder erhöht.

Sobald es die regulatorischen Voraussetzungen erlauben, würde perspektivisch grüner H₂ als präferierter Brennstoff beim Betrieb von BHKW-Motoren zum Einsatz kommen, der über reine Wasserstoffnetze bereitgestellt wird. Ist zu wenig H₂ vorhanden, könnte als Übergang Erdgas verwendet werden.

Mit den beiden erfolgreichen Testreihen hat HanseWerk Natur die Voraussetzung geschaffen, um seine BHKW-Flotte, die derzeit aus mehr als 200 Motoren besteht, künftig mit H₂ zu betreiben, sobald es die regulatorischen Voraussetzungen erlauben. Bislang sind laut Vorgaben des DVGW maximal 10 Prozent H₂-Beimischung im Erdgasnetz erlaubt, bei umliegenden Erdgastankstellen sogar nur 2 Prozent. Sollte es in Zukunft höhere H₂-Anteile im Erdgasnetz geben (sodass H₂ nicht über einen separaten Anschlussstutzen, sondern gemeinsam mit dem Erdgas in den Brennraum gelangt), wäre der BHKW-Motor dafür ebenfalls gerüstet. Ventile und Dichtungen müssten dann anders beschaffen sein und es bräuchte eine andere Steuerungssoftware im Motor.

Bislang ist der Betrieb eines Motors mit 100 Prozent grünem H₂ noch nicht wirtschaftlich. Ein wichtiger Hebel wäre die Umlagenbefreiung für die Erzeugung von grünem Wasserstoff aus überschüssigem Windstrom. Es wird erwartet, dass der H₂-Anteil im Gasnetz von aktuell maximal 10 Prozent in absehbarer Zeit auf bis zu 20 Prozent steigen darf.

In Hamburg wird sich demnächst viel tun, um die Produktion und den Transport von H₂ zu ermöglichen. Neben der Planung von HanseWerk, im Hamburger Hafen einen Elektrolyseur in der Größenordnung von 25 MW Leistung zu bauen und zu betreiben, ist in der Hansestadt auch ein erstes reines H₂-Netz mit einer Länge von 60 km geplant, das bis 2030 gebaut werden soll. Mit seinen drei Wärmenetzen in Hamburg wäre HanseWerk Natur somit ein idealer Abnehmer des Wasserstoffs, um in seinen BHKW klimaneutral Wärme für Hamburgs Haushalte und Industrie zu erzeugen. Der zeitgleich erzeugte Strom kann im Rahmen der Sektorkopplung in das Netz eingespeist werden. Darüber hinaus sind zukünftig Quartierslösungen mit reinen H₂-Netzen denkbar, in denen HanseWerk Natur die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Feldtest für den Betrieb weiterer reiner Wasserstoff-Motoren nutzen kann. HanseWerk Natur kann mit den Erkenntnissen aus seinem Feldtest somit die Energiewende kraftvoll voranbringen und unterstützt die Freie und Hansestadt Hamburg bei der Erreichung ihrer Klimaziele.

Kontakt:

Andreas Bernert
HanseWerk Natur GmbH
Am Radeland 25
21079 Hamburg
E-Mail: presse@hansewerk.com
Internet: www.hansewerk-natur.com



Über diese Leitung gelangt der grüne Wasserstoff in den Brennraum.



Der Jenbacher Gasmotor von INNIO wurde für den Feldtest temporär umgerüstet.



Wasserstoff aus Methan: Hotel MOA in Berlin schafft negative CO₂-Bilanz beim Heizen

von Dr. Jens Hanke (Graforce)

Das Hotel MOA Berlin und das Berliner Technologieunternehmen Graforce, ein Spezialist für nachhaltige und wirtschaftliche Wasserstoff-Technologien, haben gemeinsam ein richtungsweisendes Projekt umgesetzt: Mit dem von Graforce entwickelten Plasmalyse-Verfahren erzeugt das MOA Berlin seine Wärme zukünftig nicht nur emissionsfrei, sondern trägt sogar dazu bei, der Luft CO₂ zu entziehen – bis dato weltweit einzigartig.

Quelle: Graforce



Das Mercure Hotel MOA Berlin liegt im Herzen des Stadtteils Moabit.

Im Dezember 2019 verkündete der Senat Berlin als erstes Bundesland den Klimanotstand. In diesem Zusammenhang hat sich die deutsche Hauptstadt das Ziel gesetzt, die Berliner CO₂-Bilanz schneller zu optimieren, um schon vor

2050 klimaneutral zu agieren. Gelingen kann dies nur mit einer verbesserten Energieeffizienz, weniger Nachfrage nach CO₂-intensiven Produkten und Services sowie dem Einsatz von Dekarbonisierungstechnologien in allen Branchen. Der Wärmesektor spielt dabei eine entscheidende Rolle, denn derzeit schlägt die Energie für Wärme und Warmwasser noch mit einem um ein Fünffaches höheren Verbrauch zu Buche als der gesamte Strombedarf. Dieser Sachverhalt zeigt, wie dringend der Handlungsbedarf ist.

Das MOA Berlin ist ein gehobenes Design- und Konferenzhotel der Mercure-Gruppe mit insgesamt 336 Zimmern und über 40 Konferenzräumen, verteilt auf über 7.500 m² Fläche und drei Etagen. Die dort verwendeten fünf Heizkessel mit einer Wärmeleistung von je 314 Kilowatt (kW) haben pro Jahr bis zu 800 t CO₂ ausgestoßen. Soll diese Menge aus der Atmosphäre aufgenommen werden, wären rein rechnerisch mehr als 65.000 Bäume notwendig – ein Viertel mehr Bäume, als im gesamten Berliner Tiergarten stehen.

Die Lösung: Das Plasmalyseverfahren von Graforce

Diese Lösung funktioniert dank des von Graforce entwickelten Methan-Plasmalyseverfahrens. Es spaltet Methan mit sehr geringem Energieaufwand in Wasserstoff und festen Kohlenstoff auf, wobei aus Solar- oder Windenergie ein hochfrequentes Spannungsfeld erzeugt und Methan in seine molekularen Komponenten Wasserstoff (H₂) und Kohlenstoff (C) aufgespalten wird. Aus 4 kg Methan und 10 Kilowattstunden (kWh) Strom entstehen dadurch 1 kg Wasserstoff und 3 kg elementarer Kohlenstoff. Somit gelingt eine emissionsfreie Wärmeherzeugung ohne Verbrennung. Der Wasserstoff kann dann in Wasserstoff-BHKW oder SOFC-Brennstoffzellen direkt für die CO₂-freie Wärme- und Stromgewinnung genutzt werden. Hinzu kommt: Anders als bei der Elektrolyse, bei der Wasser mithilfe von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird, zerlegt die Plasmalyse Molekülverbindungen in unterschiedlichsten Ausgangsstoffen und spart dabei bis zu 75 Prozent an elektrischer Energie ein. Aus dem Wasserstoff produziert das Hotel mit modifizierten Gas-Brennwertkesseln von Viessmann und einem Blockheizkraftwerk emissionsfrei Energie.

Der elementare Kohlenstoff, das sogenannte Carbon Black, ist ein wertvoller Rohstoff, der in Farben und Keramiken, von der Elektroindustrie oder – wie im Fall des MOA Berlin – zur Herstellung von Asphalt genutzt wird. Dabei wird das im Methan enthaltene CO₂ nicht mehr frei, sondern wird dauerhaft in Produkten gebunden. Graforce gelingt somit erstmals eine marktreife Technologie zur CO₂-Reduktion und eine Alternative zur Carbon Capture Storage (CCS)-Speicherung. Kommt bei der Methanplasmalyse Biogas zum Einsatz, bei dem die



Detailaufnahme
der Plasmalyseanlage

Pflanzen vorher der Luft CO_2 entzogen haben, ist die CO_2 -Bilanz sogar negativ.

Die Umsetzung: Grüne Wärme auf Gästewunsch

Für seine neue, ökologische Wärmeerzeugung setzt das MOA Berlin modifizierte Gas-Brennwertkessel ein. Die Methan-Plasmalyse-Anlage reguliert das Mischungsverhältnis für die Heizkessel: Los geht es bei der Wärmeerzeugung mit einer Mischung bis zu 30 Volumenprozent (Vol.-%) Wasserstoff und 70 Vol.-% Biogas oder Erdgas. Das gelingt neben dem Methan-Plasmalyse-Verfahren mit einem Gasgemisch durch die Verbrennungsregelung „Lambda Pro Control“ von Viessmann, welche den Ionisationsstrom direkt in der Flamme misst. Der Strom wiederum zeigt die Verbrennungsgüte an und sorgt so für eine effiziente und emissionsarme Verbrennung. Das MOA betreibt zunächst zwei der fünf Viessmann-Heizkessel mit einem Gemisch aus Erdgas und Wasserstoff. Auf diese Weise sinkt der CO_2 -Ausstoß mit reinem Erdgas um etwa 7 Prozent. Zukünftig soll die Wärmeversorgung allein durch Wasserstoff erfolgen – und damit den CO_2 -Ausstoß auf null gesenkt werden.

Die Benefits

Das Projekt zeigt eindrücklich, dass jeder Einzelne seinen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann: Die Gäste im MOA Hotel können dann beim Check-in wählen, ob ihr Zimmer mit Wasserstoff aus Erdgas oder Biogas geheizt wird und tragen damit aktiv dazu bei, die Atmosphäre um bis zu 800 t CO_2 jährlich zu entlasten. Wegen seines enormen Markt- und Klimapotenzials wurde das innovative Anlagenkonzept im Herbst 2020 mit dem Innovationspreis der deutschen Gaswirtschaft ausgezeichnet.

Kontakt:

Dr. Jens Hanke
Graforce GmbH
Johann-Hittorf-Str. 8
12489 Berlin
E-Mail: info@graforce.de
Internet: www.graforce.de



Die Zukunft findet statt: H₂-Realprojekte

von Ertan Yilmaz & Erik Zindel (Siemens Energy)

Die Abkehr von fossilen Energieträgern im Rahmen der Energiewende wird dafür sorgen, dass Gasturbinen in Zukunft verstärkt mit dem Energieträger Wasserstoff befeuert werden. Der Beitrag stellt in diesem Kontext mehrere H₂-Projekte vor, bei denen schon heute bestehende Turbinen für den Einsatz von Wasserstoff umgerüstet werden.

In den kommenden Jahren gehen Kraftwerke in Betrieb, die mit grünem Wasserstoff befeuert werden und so den Weg in die dekarbonisierte Zukunft weisen. Noch sind es nur einige Pilotprojekte, aber sie demonstrieren die Machbarkeit der Technologie und vermitteln Energieerzeugern wichtige Einsichten, wie die Energiewende gelingen kann. „Hyflexpower“ ist der Name des Projektes, welches ein kommerzielles Kraftwerk als erstes weltweit mit bis zu 100 Prozent Wasserstoff betreiben wird. Es versorgt eine auf die Herstellung von Recyclingpapier spezialisierte Fabrik in Saillat-sur-Vienne in Frankreich. Das modernisierte 12-MW-Kraftwerk soll 2022 erstmals mit grünem Wasserstoff betrieben werden, der zunächst aus erneuerbarer Energie gewonnen, dann gespeichert und bei Bedarf in Energie rückverwandelt wird. Es wird zunächst mit einer H₂-Beimischung zum Erdgas begonnen und dann der Anteil des Wasserstoffes schrittweise auf 100 Prozent angehoben. So sollen jährlich 65.000 t CO₂ eingespart werden.

H₂-Realprojekte weltweit

Mit der Energiewende werden thermische Kraftwerke nicht obsolet. Ganz im Gegenteil: In Phasen, in denen erneuerbare Energien nicht zur Verfügung stehen, braucht es weiterhin Kraftwerke, die einspringen, um den Strombedarf zu decken. Sie sollen aber möglichst keine fossilen Brennstoffe nutzen und letztlich CO₂-neutralen Strom erzeugen. Deshalb ist in den letzten Jahren die Stromerzeugung mittels grünen Wasserstoffs immer mehr in den Blickpunkt geraten. Dieser soll während Dunkelflauten Strom erzeugen, einen Beitrag zur Stabilisierung des Energiesystems leisten und dessen Flexibilität erhöhen. Damit ist Wasserstoff ein wichtiger Baustein für klimaneutrale Energieerzeugung und die Energiewende. Auch, weil er andere Bereiche der Wirtschaft – wie Industrie, Gebäude oder Mobilität – dekarbonisieren kann.



Die Gasturbine im Kraftwerk Donaustadt wird für den Einsatz von Wasserstoff vorbereitet.

Ein Projekt wie Hyflexpower verdient also Aufmerksamkeit. Das spiegelt sich auch darin, dass ein Konsortium aus Siemens Energy und acht anderen Unternehmen und Universitäten mit Unterstützung der EU an seiner Verwirklichung beteiligt ist. Es ist aber bei weitem nicht das einzige Projekt, das demonstriert, wie Gasturbinen mit Wasserstoff betrieben werden können. Es gibt sie etwa in Südamerika, in Deutschland oder auch in Österreich.

Ein Kraftwerk hilft Wien, klimaneutral zu werden

Im Kraftwerk Donaustadt in Wien planen Siemens Energy, RheinEnergie, Wien Energie und das österreichische Energieunternehmen Verbund ab 2023 ebenfalls eine Gasturbine mit einem Wasserstoffgemisch zu befeuern. Dabei werden zunächst 15 Volumenprozent (Vol.-%) grünen Wasserstoffs beigemischt, um jährlich rund 33.000 t CO₂ einsparen zu können. Geplant ist, diese Menge anschließend zu verdoppeln. Es ist das erste Projekt, bei der ein existierendes Gaskraftwerk mit einer Turbine der F-Klasse für den Einsatz von grünem Wasserstoff umgerüstet wird. Damit unterstützt das Projekt den Plan der Stadt Wien, bis 2040 klimaneutral zu sein.

Bis zu 100 Prozent Wasserstoff

Wenn auch das zugrundeliegende Geschäftsmodell noch fossile Energie ist, führt die Verbrennung dieser Gasmischung doch zu einer signifikanten Reduktion von Treibhausgasen.

In Leipzig schließlich werden zwei neue Gasturbinen für das Fernheizkraftwerk Leipzig Süd installiert, die in den kommenden Jahren erst mit bis zu 30 Vol.-% grünem Wasserstoff, langfristig mit bis zu 100 Prozent Wasserstoff betrieben werden sollen.

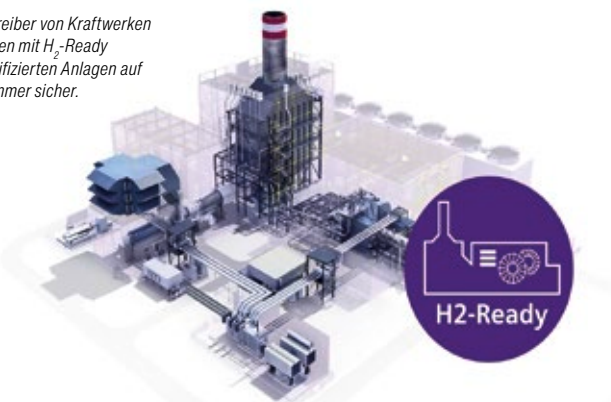
Bei Realprojekten wie den genannten wird es aber sicher nicht bleiben. Alle großen Hersteller von Gasturbinen haben erklärt, bis 2030 Gasturbinen zu liefern, die bis zu 100 Prozent Wasserstoff verfeuern können. Heute sind z. B. bei Siemens Energy je nach Turbinentyp bereits 30 bis 75 Vol.-% möglich. Damit das funktioniert, müssen die Gasturbinen und Kraftwerksanlagen angepasst werden. Jedoch ist die höhere Reaktivität des Wasserstoffs eine Herausforderung: Die erheblich größere Flammgeschwindigkeit von Wasserstoffgemischen führt zu einer Bewegung der Flamme stromaufwärts in Richtung der Brenner. Dadurch steigt das Risiko eines Flammenrückschlags deutlich an. Die Wasserstoffverbrennung kann auch zu höheren Stickoxidemissionen führen. Wasserstoff beeinflusst durch die sogenannte ‚Wasserstoffversprödung‘ auch bestimmte Materialien nachteilig. Das Team von Siemens Energy hat deshalb das Design der Gasturbinenbrenner mithilfe von 3D-Druck für den Einsatz von Wasserstoff optimiert. Auch andere Bestandteile der Gasturbine wie Leitschaufeln oder Hitzeschilder wurden angepasst.

Ausbau des europäischen Verteilnetzes für Wasserstoff

Freilich macht eine optimierte Gasturbine allein noch keinen Wasserstoffsommer. Es braucht Finanzierungsprogramme, die Wasserstoffherzeugung in großem Maßstab fördern. Ein Beispiel dafür ist das REPowerEU-Programm, das die Unabhängigkeit der EU von fossilen Brennstoffimporten herbeiführen und den Ausbau von grünem H₂ fördern will. Bis 2030 sollen deshalb jährlich mindestens 20,6 Mio. t grüner Wasserstoff produziert werden. Der heutige Stand der Wasserstoffwirtschaft ist dabei vergleichbar mit den Anfängen der Wind- und Solarenergie. Damit ausreichend grüner Wasserstoff wie auch andere klimaneutrale Brennstoffe zur Verfügung stehen, muss die Produktion erneuerbarer Energie wie auch der von

Betreiber von Kraftwerken gehen mit H₂-Ready zertifizierten Anlagen auf Nummer sicher.

Quelle: Siemens Energy



Elektrolyseanlagen weiter gesteigert werden, während gleichzeitig Produktionskosten sinken müssen.

Auch die Infrastruktur für die Verteilung und Speicherung von Wasserstoff fehlt heute noch weitgehend. Das zu ändern hat sich etwa die Europäische Wasserstoff-Backbone-Initiative mit über 30 Infrastrukturbetreibern auf die Fahnen geschrieben – sie will das europäische Verteilernetz für Wasserstoff massiv ausbauen. All das wird ohne die Unterstützung durch Regulierungsbehörden nicht funktionieren. Sie müssen Genehmigungsverfahren verkürzen, Dekarbonisierungsziele vorschreiben und Geschäftsmodelle fördern, die finanzielle Anreize für Investitionen schaffen.

H₂-Readiness-Zertifikat

Wer heute ein neues Gaskraftwerk errichtet, wird es nicht von heute auf morgen mit grünem Wasserstoff befeuern können. Bei der typischen Lebensdauer einer solchen Anlage ist aber sehr wahrscheinlich, dass eine spätere Umrüstung auf Wasserstoff erforderlich sein wird. Daher muss man schon beim Bau der Anlage vorsorgen, damit später die Umrüstung technisch und zu akzeptablen Kosten möglich ist. Dabei können sich Betreiber versichern, auf dem richtigen Weg zu sein. Der TÜV SÜD hat ein internationales Zertifikat für „H₂-Readiness“ für neu zu bauenden Gaskraftwerke entwickelt, das sicherstellt, dass sie ihre neue Anlage später auf komplette Wasserstoffverbrennung umrüsten können. Wie die ersten Pilotprojekte zeigen, ist es nicht nur technisch möglich – die Zukunft findet bereits statt.

Kontakt:

Sabine Sill
 Siemens Energy Global GmbH & Co. KG
 Rheinstr. 100
 45478 Mülheim an der Ruhr
 E-Mail: sabine.sill@siemens-energy.com
 Internet: siemens-energy.com



Quelle: Stadt Esslingen



Klimaneutrales Stadtquartier – Neue Weststadt Esslingen

von **Jörg Eckert** (Stadtwerke Esslingen)

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Klimaneutrales Stadtquartier – Neue Weststadt Esslingen“ wird im baden-württembergischen Esslingen am Neckar ein zukunftsweisendes Energiekonzept auf Quartiersebene realisiert. Als Teil des Projektes kann mithilfe eines Elektrolyseurs vor Ort überschüssiger Ökostrom in grünen Wasserstoff umgewandelt werden. Dieser wird gespeichert und für das Quartier, eine emissionsfreie Mobilität und für die Industrie nutzbar gemacht.

Auf dem Gelände der Neuen Weststadt in Esslingen entsteht auf einer Fläche von 100.000 m² ein urbanes Vorzeigequartier mit 450 Wohnungen, Büro- und Gewerbeflächen sowie einem Neubau der Hochschule Esslingen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Neue Weststadt – Klimaquartier“ soll dabei ein zukunftsfähiges Energiekonzept auf Quartiersebene umgesetzt werden. Mit Power-to-Gas (PtG) als Schlüsseltechnologie wird überschüssiger Ökostrom in grünen Wasserstoff umgewandelt und für die Gasnetzeinspeisung, die Nutzung in der Mobilität und der Industrie aufbereitet.

Kernstück des technologisch innovativen Stadtquartiers ist das energetische Versorgungskonzept, das eine Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Kälte und Mobilität vorsieht. Dafür soll in der Quartiersmitte eine zentrale Versorgungsinfrastruktur mit einer Energiezentrale errichtet werden. Das Herzstück dieser Zentrale ist ein Elektrolyseur, der überschüssigen erneuerbaren Strom (aus lokaler und überregionaler Erzeugung) in Wasserstoff (H₂) umwandelt und die Energie auf diese Weise speicherfähig macht. Der erzeugte regenerative Wasserstoff wird dann im Bereich Mobilität und Industrie genutzt und kann zusätzlich



Der H₂-Speicher ist ein wesentlicher Bestandteil der Energiezentrale.

in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden. Hierzu ist die Errichtung einer H₂-Abfüllstation, einer Wasserstoff-Tankstelle und einer Gasnetzeinspeise-Station im Quartier geplant. Wird später wieder Strom im Stadtquartier benötigt, lässt sich Wasserstoff in Blockheizkraftwerken wieder schnell und einfach rückverstromen. Dieser netzstabilisierende Betrieb von Elektrolyseuren gilt als wichtiger Baustein im Kontext der Transformation des bundesdeutschen Energiesystems hin zu einer hin zu einer rein erneuerbaren Energieversorgung.

Neben dem Ziel einer hohen erneuerbaren Eigenversorgung wird zur Steigerung der Gesamteffizienz die beim Elektrolyseprozess anfallende Abwärme in ein Nahwärmenetz eingespeist. Dadurch kann der Nutzungsgrad von rund 55 bis 60 Prozent auf 80 bis 85 Prozent angehoben werden. Diese Infrastruktur deckt den Bedarf für Heizung und Warmwasser der Gebäude und ermöglicht im Sommer über die Einbindung von Adsorptionskälteanlagen die Bereitstellung von Kühlenergie.

Die Anlagengröße des Elektrolyseurs beträgt 1 Megawatt (MW). Bei rund 4.500 Vollbenutzungsstunden und einer systemdienlichen Betriebsweise erzeugt der Elektrolyseur rund 2.800 MWh Wasserstoff pro Jahr (Ø 250 kg/d). Rund 600 MWh pro Jahr nutzbare Abwärme stehen dann aus dem Elektrolyseprozess zur Verfügung. Für die ganzjährige Vollversorgung mit Wärme ist in der Energiezentrale ein bivalentes BHKW (Erdgas: 300 kW, H₂: 138 kW) und zusätzlich ein Erdgas-Spitzenlastkessel geplant. Die einzelnen Blöcke werden aus der unterirdischen Energiezentrale über ein Nahwärmenetz mit Wärme (gesamt ~ 1.400 MWh pro Jahr) versorgt.

Wasserstoffnutzung

Die systemdienliche Verwertung des regenerativ erzeugten Wasserstoffes geschieht über lokale und regionale Vermark-

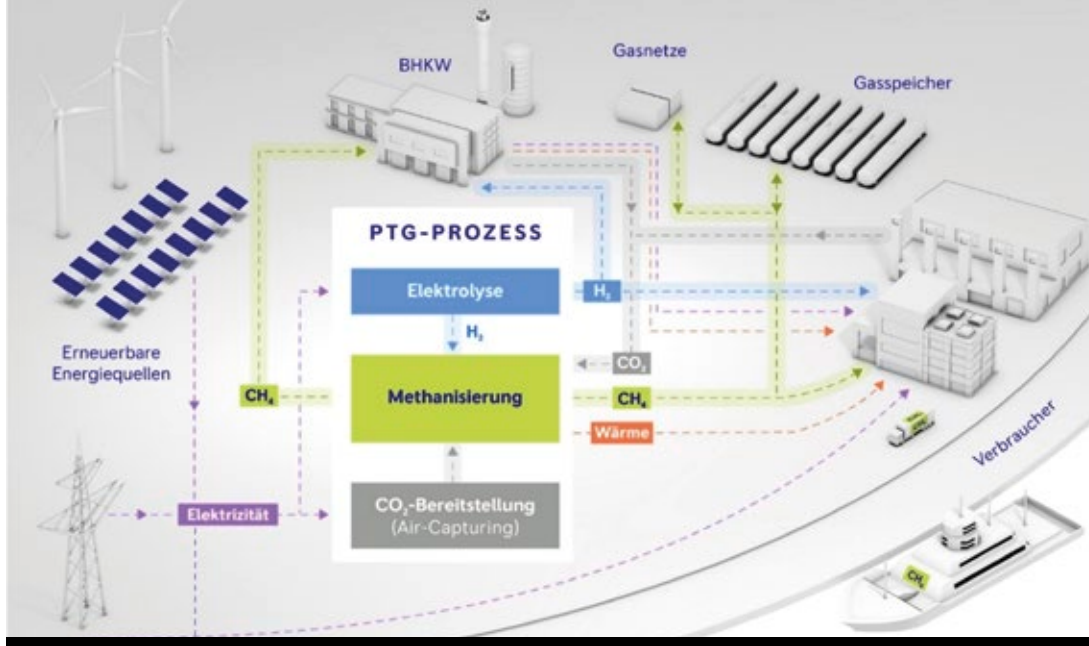
tungspfade. Sie dient der zeitlich und sektoral entkoppelten Nutzung in den Bereichen Wärme, Strom, Mobilität und in der Industrie. Ein kleiner Teil des produzierten Wasserstoffs kann direkt in der Energiezentrale energetisch verwertet werden. Wird in Zeiten ohne ausreichend PV-Strom aus dem Quartier Strom und Wärme in den Gebäuden benötigt, lässt sich der Wasserstoff in der Energiezentrale mit dem bivalenten BHKW (H₂ und Erdgas) wieder schnell und einfach rückverstromen.

Um den grünen Wasserstoff auch Nutzungspfaden außerhalb des Quartiers zuführen zu können, werden in der „Neuen Weststadt“ eine H₂-Abfüllstation und eine Wasserstoff-Tankstelle auf dem bisherigen Gelände der Stadtwerke Esslingen errichtet. In der ersten Ausbaustufe wird der Wasserstoff über eine Leitung aus der Energiezentrale Gasnetz-Einspeisung und der H₂-Abfüllstation transportiert. Der Großteil des Wasserstoffs (100 bis 400 kg pro Tag) soll über eine Abfüllstation in Trailer mit Röhrenbündelspeicher geladen und mit LKWs zu Kunden im Industrie- oder im ÖPNV-Sektor transportiert werden. Ein solcher LKW-Trailer hat, bei einem Betriebsdruck von 200 bar, ein Fassungsvermögen von rund 400 bis 500 kg. Dadurch resultiert in Abhängigkeit von der Elektrolyseur-Betriebsweise eine Abholung der Trailer einmal pro Tag bzw. alle zwei Tage. Nicht über die Trailerabfüllung vermarktbar H₂-Mengen werden in das Erdgasnetz eingespeist.

In der zweiten Ausbaustufe dient eine H₂-Tankstelle ergänzend der Betankung von einzelnen Fahrzeugen. Die Betankung der Pkw erfordert auf der Fahrzeugseite ein Druckniveau von 750 bar. Um hier eine entsprechende Nachfrage zu generieren, muss eine Vielzahl potenzieller Kunden aktiviert werden. Mögliche Abnehmer sind unter anderem Brennstoffzellenfahrzeuge von Privatleuten, von Flottenbetreibern (z. B. Mobility-Sharing-Anbieter, kommunale Fahrzeuge) oder von Unternehmen mit eigenem Fahrzeugpool.

Kontakt:

Jörg Eckert
 Stadtwerke Esslingen
 Fleischmannstr. 50
 73728 Esslingen am Neckar
 E-Mail: J.Eckert@swe.de
 Internet: www.swe.de



Schematische Darstellung eines regionalen Energiesystems



Regionale THG-Null-Strategien am Beispiel der Modellregion Oberschwaben (RegioTransH₂O)

von Dr. Armin Bott (Erdgas Südwest GmbH)

Um die **Energiewende in Deutschland** so effektiv und kostengünstig wie möglich zu gestalten, müssen immer auch bereits vorhandene Infrastrukturen, die lokalen Möglichkeiten von Akteuren sowie regionale Energieerzeugungen beachtet und involviert werden. Das Projekt RegioTransH₂O soll in diesem Zusammenhang das Energiesystem als Modell abbilden, mit dessen Hilfe dann verschiedene Strategien durchgespielt und relevante Entscheidungen getroffen werden können.

Entsprechend des Green Deals und des Klimaschutzgesetzes sind ambitionierte Ziele zur Beschleunigung der Energiewende und zur Eindämmung des Klimawandels von der Politik vorgegeben worden. Diese Ziele sind offen gestaltet und müssen nun in Maßnahmen und in räumlicher Zuordnung umgesetzt werden. Festzuhalten ist, dass die Energiewende für das Gelingen überregionale Lösungen, aber insbesondere auch regionale schnelle Lösungen benötigt, um die zentrale Herausforderung der Energiewende – die Speicherung und die Verteilung in allen Sektoren von regenerativem Strom aus Sonne und Wind sowie daraus hergestellten chemischen Energieträger Wasserstoff – zu meistern. Hier kann die direkte und indirekte EE-Stromspeicherung die Abschaltung von Windkraft und PV-Anlagen in wind- und sonnenreichen Zeiten und somit kostenintensive Redispatchmaßnahmen mit Einsatz von fossilen Brennstoffen zur Stromerzeugung minimieren. Daher wird in diesem Forschungsvorhaben die vielschichtige Aufgabe der Transformation eines fossilen Energiesystems hin zu einem regenerativen Energiesystem von der technischen Seite regional für die Verteilung von Strom, Gas und Wärme untersucht.

Projektziele

Bei der Umsetzung regionaler Maßnahmen zur Erreichung der Energiewende sind die lokalen Möglichkeiten von Akteuren, die vorhandene Infrastruktur und die regionalen Energieerzeugungen zu beachten, um eine versorgungssichere, energieeffiziente sowie kostenminimale Energieversorgung zu gewährleisten. Diese komplexe Aufgabe ist durch eine sparten-spezifische Planung nicht mehr effizient zu gewährleisten. Daher soll in dem Projekt RegioTransH₂O das Energiesystem in einem Modell abgebildet werden und für zukünftige Entwicklungen simuliert werden. Die Simulationmethode hat den Vorteil, dass unterschiedliche Situationen mit unterschiedlichen Entwicklungen verglichen und für Strategieentscheidungen verwendet werden können.

Dies bedeutet, dass aus den Ergebnissen später regionale Strategien zur Beschleunigung der Defossilisierung sowie zur Erreichung der Klimaneutralität der untersuchten Regionen unter Beachtung der existierenden Netzstrukturen und des

Bestands an Verbrauchern unter Einbindung regionaler Potenziale zur Erzeugung erneuerbarer Energien entwickelt werden sollen. Abhängig von den Strategien sollen Geschäftsmodelle für die Akteure wie z. B. Energieversorger und -erzeuger, Stadtwerke und Industrie abgeleitet werden. Der Fokus der Arbeiten wird auf der Einbindung von Biomethan und regenerativem Wasserstoff liegen. Dabei soll auch gezeigt werden, dass eine punktuelle Wasserstoffnutzung als Nukleus für eine Region dienen kann und eine regionale Wertschöpfung generiert. Ein weiterer Schwerpunkt der Untersuchung liegt darin Synergien zur Effizienzerhöhung in der Region zu identifizieren und Vorschläge unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zur Nutzung zu machen.

Modellbeschreibung

Kern dieser Untersuchungen wird eine Modellierung der Region sein. Das Modell wird zum einen den Energiebedarf der Verbraucher und die Erzeuger von Strom, Wärme, Biomethan und Wasserstoff mit z. B. Wetterdaten und Geschäftsmodellen über Strom-, Wärme- und Gasnetze verbinden. Hierzu werden unterschiedliche Modellierungswerkzeuge miteinander über eine Co-Simulationsplattform gekoppelt, um Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher spezialisierter Modellierungswerkzeuge und um die jeweiligen Vorteile zu nutzen. Im Rahmen von RegioTransH₂O ist geplant, Mosaik als Co-Simulationsplattform und die Modellierungswerkzeuge Modelica, Stanet und PandaPower einzusetzen.

Modelica wird für die dynamische Simulation von Energiesystemen, Verbraucher, Erzeuger und Anlagen zur sektorübergreifenden Analyse eingesetzt. Hierbei können träge reagierende mit schnell reagierenden Komponenten einfach und robust gemeinsam simuliert werden. Die Gas- und Wärmenetze werden mit dem kommerziellen Modellierungswerkzeug Stanet und die Stromnetze mit dem open source Modellierungswerkzeug PandaPower abgebildet. Diese auf Energienetze spezialisierten Modellierungswerkzeuge basieren auf GIS-Daten (Geoinformationssystem). Sie können so z. B. die Zeitverzögerungen bei dem Energietransport von realen Gebieten auf die Modellierungsumgebung übertragen und sie sind auf die Abbildung von statischen und dynamischen Netzzuständen spezialisiert. Damit können sie z. B. problematische Netzzustände detektieren, die wiederum über die Steuerung der Modellierungsumgebung zu Maßnahmen im Energiesystem führen können.

Als Simulationsergebnis werden von den Modellen Kosten und Energieströme sowie Netzengpässe bereitgestellt. Daraus können dann Energiespeicherbedarfe und auch u. a. Ausbaubedarfe der Infrastruktur abgeleitet werden.

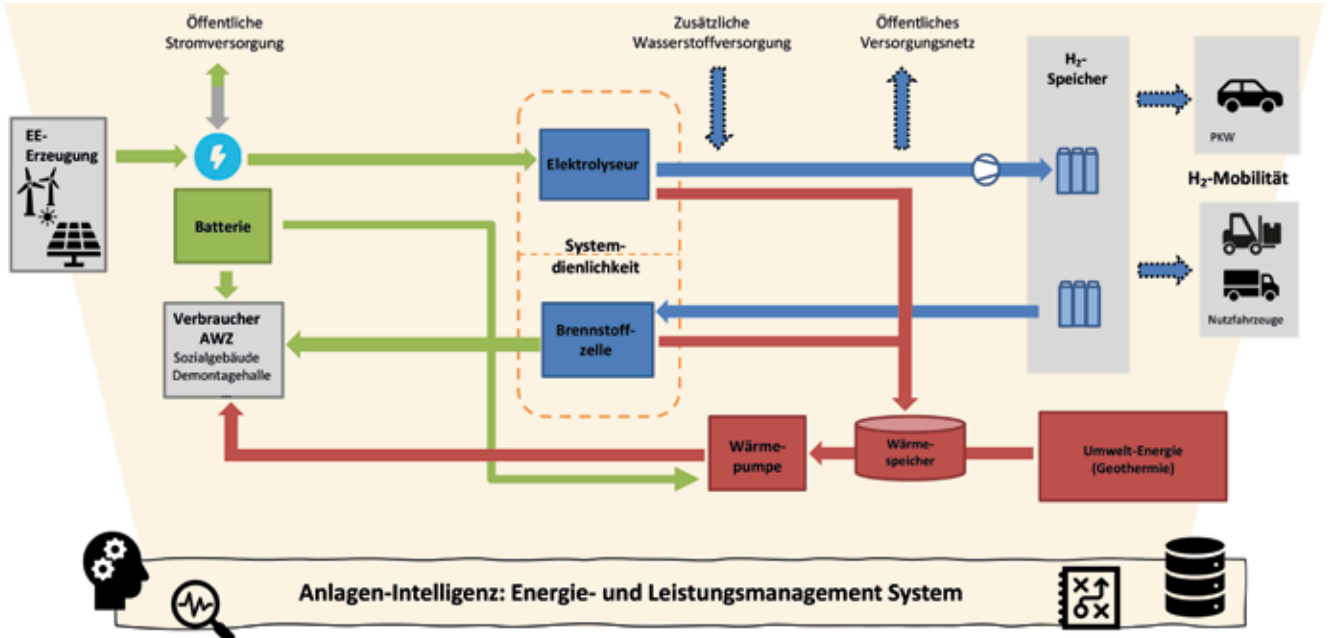
Arbeitsplan

Das Forschungsvorhaben beginnt mit der umfangreichen Bereitstellung der IST-Daten für die zu betrachtenden Landkreise zum jetzigen Zeitpunkt für die Modellerstellung sowie die Parametrierung des Startzeitpunkts und die Modellverifizierung. Hierbei werden drei Landkreise sehr detailliert und sechs Landkreise vereinfacht analysiert. Die Energiesystemmodelle, der zu betrachtenden Landkreise werden parallel dazu erstellt. Die Entwicklungen, die in Szenarien aus der Literatur (z. B. BMWi-Langfristszenarien) auf die Landkreise in RegioTransH₂O regionalisiert werden, implementiert man anschließend in die Modelle.

Nach Abschluss der vorbereitenden Arbeiten erfolgt die Simulation der drei detailliert analysierten Landkreise. Darauf folgend wird einer der drei Landkreise ausgewählt, an dem geprüft wird, welche Eingangsdaten zwingend für eine Modellerstellung und Simulation notwendig sind und welche ohne die Ergebnisqualität stark zu mindern nicht notwendig sind. Auf Basis dieser Vereinfachungsstrategie werden die restlichen sechs Landkreise modelliert und simuliert. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengeführt und ausgewertet, um Maßnahmen und Geschäftsmodelle vorzuschlagen sowie eine Roadmap für die Transformation der Landkreise hin zu einem THG-neutralem Energiesystem vorzustellen.

Kontakt:

Dr. Armin Bott
Erdgas Südwest GmbH
Siemensstr. 9
76275 Ettlingen
E-Mail: a.dr.bott@erdgas-suedwest.de
Internet: www.erdgas-suedwest.de



Quelle: GWI

Wasserstoffbasiertes, integriertes Strom- und Wärmesystem am Standort Gifhorn



Innovative Wasserstoff-Konzepte in Bestandsclustern

von **Wolfgang Köppel** (DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT)
 & **Janina Senner** (Gas- und Wärme-Institut Essen e. V.)

Eine zentrale Herausforderung der Energiewende ist die Speicherung von regenerativ erzeugtem Strom aus Sonne und Wind. Für die optimierte Nutzung dieser Energien ist ein intelligentes und mit ausreichend Speicherkapazität ausgestattetes Energiekonzept z. B. auf Basis von Wasserstoff erforderlich. Auf Quartiersebene besteht deshalb das Bestreben nach systemübergreifenden Energieversorgungskonzepten, die den direkten Einsatz von EE-Strom mit der Nutzung von grünem Wasserstoff kombinieren.

Die Umstellung von Quartieren und dezentralen Unternehmens- sowie Industriestandorten auf erneuerbare Energien ist eine zunehmende Herausforderung, um den steigenden Anforderungen der Emissionsreduktionen und immer höheren CO₂-Kosten zu begegnen. Dabei müssen als Prämisse die Versorgungssicherheit, Bezahlbarkeit und die zeitliche Umsetzung beachtet werden, um eine ganzjährige, integrierte Wärme- und Stromversorgung mit erneuerbaren Energien umsetzen zu können. Um die volatilen Spitzen bei der PV- und Winderzeugung über das gesamte Jahr speicherbar und somit ausgleichbar zu machen, rückt der Einsatz von Wasserstofftechnologien besonders in den Fokus. Der Randbedingung folgend, dass Wasserstoff zumindest am Anfang der Einführung eine Mangelressource ist, sollten einfach und schnell umsetzbare Quartiere mit einem hohen Nutzen gewählt werden. Diese Voraussetzungen erfüllen z. B. Gewerbegebiete, die dann als Nukleus für eine weitere Ausbreitung dienen können.

Projektziele

Im Rahmen des Projekts HyBEST werden unterschiedliche Konzepte einer wasserstoffbasierten Energieversorgung am Beispiel von drei Gewerbeclustern mit dort vorhandenen Anwendungen untersucht. Ziel ist es, Industrie und Gewerbe sowie die angeschlossene Infrastruktur für eine flexible H₂-Bereitstellung tauglich zu machen bzw. zu untersuchen, welche Maßnahmen dafür notwendig sind und wie diese in der Umsetzung performen. Dies wird im Projekt an den folgenden drei Standorten untersucht und in die Praxis umgesetzt:

- Technikum Herten – Wasserstoff auf experimenteller FuE – Plattform: Experimentelle Untersuchungen zur Vorbereitung der Umsetzung und Validierung der Simulationsumgebung

- Gewerbecluster Gifhorn – Wasserstoff im kommunalen Quartier: Umsetzung eines Energiespeicher- und Versorgungssystems im regionalen Abfallwirtschaftszentrum
- Gewerbecluster Karlsruhe – Wasserstoff im Hafenviertel: Konzeptionierung und Umsetzung eines Wärmekonzepts in einem industriell/gewerblich geprägten Bestandsquartier

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung wird die Implementierung der Wasserstoff-Technologien innerhalb der Gewerbecluster begleitet. Hierbei werden u. a. für die Standorte digitale Zwillinge entwickelt, um eine detaillierte techno-ökonomische Analyse der Technologiekombinationen durchzuführen sowie weitere Optionen und Anpassungen, die nicht in die Praxis überführt werden können, zu testen. Ziel ist es, die THG-Minderungen und das Kosten-Nutzen-Verhältnis zu bewerten sowie eine intelligente Anlagenbetriebsstrategie zu entwickeln. Effizienz, Hemmnisse sowie Erfahrungen beim Aufbau und Betrieb der Anlagen werden dokumentiert, sodass mögliche Nachahmer davon profitieren, um die Aktivierung weiterer Akteure zur klimaneutralen Energieversorgung zu forcieren. Ferner werden die umgesetzten Optionen in einer übergeordneten Betrachtung verglichen, ausgewertet und für eine Übertragung auf andere Standorte bzw. insbesondere Gewerbecluster verallgemeinert sowie um weitere Optionen und Szenarien erweitert. Dazu werden Musterquartiere auf Basis von in Deutschland üblichen Gewerbegebieten definiert und mit unterschiedlichen Szenarien und Technologiekombinationen virtuell ausgestattet.

Umsetzungen und Ziele bei den Clustern

Die Hauptintention beim Standort in Landkreis Gifhorn ist die Umsetzung eines wasserstoffbasierten Energiesystems, welches einen nahezu klimaneutralen Betrieb des regionalen Abfallwirtschaftszentrums mit integrierter Strom- und Wärmeversorgung gewährleistet. Durch die PV-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 243 Kilowatt (kW), die Wasserstoffspeicherung und Rückverstromung kann eine hohe Eigenversorgung mit regenerativer Energie erreicht werden. Durch den technischen Aufbau stellt sich der Standort gegenüber potenziellen Kostenerhöhungen für CO₂-Vermeidung oder fossilem Strom- und Gasbezug nachhaltig und zukunftssicher auf. Durch die Umsetzung des geplanten Energiesystems sollen die folgenden Annahmen im Projekt validiert werden:

- Verbesserung der CO₂-Bilanz und Reduktion von Netzstrombezug

- Reduktion der CO₂-Emissionen um 39 t auf ca. 2 t CO₂/a
- Verbesserung der Kosten-/Erlös-Situation vor dem Hintergrund sinkender Einspeisevergütungen für PV
- technische und betriebswirtschaftliche optimale Lösung (Durch konsequente Nutzung sämtlicher Energieströme und dem Einsatz eines ausgefeilten Energie- und Leistungsmanagementsystems wird erwartet, dass der Strom- und Wärmebedarf des Gebäudes mit höchster Effizienz ($\eta > 85\%$) gedeckt werden kann)
- Systemdienlichkeit (Entlastung übergeordneter Stromnetze durch Nichteinspeisung des Stroms in den Peak-Stunden)
- Perspektivisch sind weitere Anwendung und Anschlussmöglichkeiten wie z. B. Mobilitätsanwendungen nutzbar (z. B. H₂-betriebene Gabelstapler)

Für das Gewerbegebiet im Rheinhafen Karlsruhe wurde in dem Forschungsvorhaben MethGrid (Förderkennzeichen: 03EIV045) festgestellt, dass gerade ein Gewerbegebiet sich für die Nutzung von Wasserstoff eignet. Die Bereitstellung von Strom zur Bedarfsspitzendeckung und die Abwärmenutzung weisen ein hohes Potential zur Energieversorgungsoptimierung auf, das gerade durch die sektorenkoppelnde Wasserstofftechnologien noch effizienter gehoben werden könnte. Hierbei muss geklärt werden, wie ein mit Methan versorgtes Bestandscluster im laufenden Betrieb auf Wasserstoff umgerüstet werden kann. Dazu muss ein in einer Übergangsphase flexibler Mischbetrieb mit schwankenden Methan-Wasserstoff-Gemischen eingeplant werden. Diese Aspekte sollen im Gewerbegebiet Rheinhafen Karlsruhe untersucht werden. In diesem Projekt werden folgende Ziele angestrebt:

- Verbesserung der CO₂-Bilanz: Austausch einer konventionellen Erdgas-BHKW durch eine innovative Erzeugungsanlage mit H₂-(Misch-)Betrieb
- Erwartete Reduktion der CO₂-Emissionen um mindestens 24 t CO₂/a (bei 4.000 Volllaststunden/a)
- Systemdienlichkeit zur Entlastung lokaler Stromnetze
- schnelle Umsetzung von THG-Minderungszielen ohne die Notwendigkeit, komplette Energiesysteme umzugestalten.

Kontakt:

Wolfgang Köppel
 DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut
 Engler-Bunte-Ring 1-9
 76131 Karlsruhe
 E-Mail: koepfel@dvgw-ebi.de
 Internet: www.dvgw-ebi.de



Das Wasserstoffnetz im Reallabor SmartQuart

von Dr. Sahra Vennemann (E.ON SE), Jürgen Hammelmann, Dietmar Ewering, Carsten Stabenau & Dr. Stefan Stollenwerk (alle: Westnetz GmbH)

Wie erneuerbare Energie für Wärme, Strom und Industrie intelligent mit dem Mobilitätssektor gekoppelt werden kann, demonstriert das Quartier in Kaisersesch mithilfe von H₂-Technologien. Dort wird ein H₂-basiertes Microgrid für die gesamte Wertschöpfungskette geplant und umgesetzt. Erneuerbarer Strom wird in einer PtG-Anlage in grünen Wasserstoff umgewandelt, gespeichert und an Anwender verteilt, die den grünen Wasserstoff im Mobilitäts-, Wärme- und Industriesektor vor Ort nutzen. Die notwendige Infrastruktur soll bis Ende 2022 errichtet werden, damit ab 2023 zwei Jahre Testbetrieb unter realen Bedingungen folgen können.

Kaisersesch ist eines von drei Quartieren im Reallabor SmartQuart, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert wird, und zeigt das Potenzial von Wasserstoff für die Energiewende auf. Hinter dem Projekt steht die Idee, dass Wasserstoff als multifunktionaler Speicher erneuerbarer Energien eingesetzt werden kann, um die wichtigsten Verbrauchssektoren zu vernetzen. Damit der Energieträger hierbei sein volles Potenzial entfalten kann, müssen neben notwendigen Importen die hiesigen Kapazitäten für erneuerbare Energien produktionsseitig massiv ausgebaut werden. Außerdem müssen sowohl bestehende Gasinfrastrukturen für Wasserstoff oder wasserstoffbasierte Brennstoffe ertüchtigt als auch neue reine H₂-Infrastrukturen geschaffen werden.

Wertschöpfungskette

An diesem Punkt setzt das Projekt SmartQuart in Kaisersesch an. In der Verbandsgemeinde wird durch den Aufbau einer H₂-Infrastruktur die gesamte Wertschöpfungskette von der Erzeugung, Umwandlung und Speicherung bis zur Verteilung sowie Nutzung demonstriert. Ziel ist es, regenerative Erzeugungsanlagen in räumlicher Nähe einzubinden, um die Wertschöpfung in der Region zu halten und ggf. Überschussstrom nutzen zu können. Derzeit werden mehrere Strombezugsoptionen geprüft. Die Überlegungen gehen von der Entwicklung eigener PV-Freiflächen bis hin zum Bezug von Börsenstrom mit geeigneten Herkunftsnachweisen. Dieses Modell könnte durch bestehende PV-Dachanlagen im Gebiet der Verbandsgemeinde, die zeitnah aus der EEG-Förderung fallen, ergänzt werden.

Der erneuerbare Strom wird den Elektrolyseur als essenzielles Bauteil der Wasserstoffinfrastruktur speisen. Die Power-to-Gas-

Anlage wird mit einer Stromanschlussleistung von 1.000 Kilowatt (kW) eine H₂-Produktionsrate von etwa 200 Normkubikmeter pro Stunde erzielen, welches einer Tagesproduktion von rund 400 kg entspricht. Der erzeugte Wasserstoff wird dann eine Transportleitung befüllen, die die verschiedenen Endverbraucher im Gebiet der Verbandsgemeinde erreicht. Die Pipeline wird in Stahl ausgeführt, einen Nenndurchmesser von 250 mm haben und auf eine Druckstufe von 70 bar ausgelegt sein. Damit soll eine Speicherfunktion geschaffen werden, die eine lückenlose Versorgung von Wasserstoff auch bei einer möglichen Dunkelflaute garantiert und damit als Blaupause für künftige Wasserstoffinfrastrukturen dienen kann.

Am südlichen Ende der Pipeline unmittelbar an der Ausfahrt der A48 nach Kaisersesch wird derzeit ein Autohof mit Wasserstofftankstelle geplant, die von der Hauptleitung versorgt werden kann. Seitens des Landkreises Cochem-Zell, der den ÖPNV in der Region organisiert, ist die Umrüstung der örtlichen Buslinie 713 auf Wasserstoff angedacht und könnte damit für eine Grundauslastung der H₂-Tankstelle sorgen. Weitere Planungen zielen auf eine wasserstoffbasierte Notstromversorgung des benachbarten Klärwerks. Außerdem wird das Rathaus der Verbandsgemeinde am nordöstlichen Ende der Transportleitung vom Projektpartner Viessmann mit Wasserstoff-Brennstoffzellen zur Bereitstellung der Grundlast-Wärmeversorgung sowie einer Wasserstoff-Brennwerttherme zur Abdeckung von Spitzenlasten ausgerüstet. Ein in unmittelbarer Nachbarschaft des Rathauses gelegener lokaler BHKW-Hersteller bereitet ein grünes Fernwärmenetz zur Versorgung benachbarter Handwerksbetriebe und Handelsunternehmen auf Basis eines Wasserstoff-BHKW vor. Dazu muss ein bestehendes Erdgas-BHKW auf Wasserstoffbetrieb umgerüstet werden.



Übersicht Wasserstoffinfrastruktur

Zur Versorgung der Endverbraucher sind Niederdruck-Anschlussleitungen in den Werkstoffen PE und in PA12 geplant, um die Eignung verschiedener Materialien und Verbindungstechniken zu testen. Der Einsatz der LOHC-Technologie (Liquid Organic Hydrogen Carrier) des Projektpartners Hydrogenious Technologies wird zudem die Möglichkeit schaffen, den grün produzierten Wasserstoff fernab der Erreichbarkeit der Transportleitung einzusetzen. Das fränkische Start-up hat ein Verfahren entwickelt, mit dem Wasserstoff chemisch in einem Öl gespeichert werden kann und wird in Kaisersesch eine solche Speicheranlage bauen. Per Trailer kann der gebundene Wasserstoff dann zu einer entfernten Freisetzungseinheit transportiert werden, mit der der Wasserstoff dann wieder zurückgewonnen wird. Für eine mögliche Einsatzoption unterstützt E.ON eine Studie, die der zuständige Zweckverband Schienenpersonennahverkehr Rheinland-Pfalz Nord in Auftrag gegeben hat, um die Umrüstung einer Zugstrecke auf Wasserstoff zu prüfen.

Speichersimulation

Für die Auslegung der Transportleitung und zur Bestimmung möglicher Lastprofile der Power-to-Gas-Anlage wurden Simulationen des Microgrids auf Basis verschiedener Abnahmeszenarien erstellt. Dazu wurden sowohl reale Betriebsdaten als auch Standardlastprofile für alle potenziellen Verbraucher herangezogen. Je nach Abnahmeszenario ergeben sich unterschiedliche Auswirkungen auf Speicherstand und Füllgrad der Pipeline im Jahresverlauf. Bei Vollversorgung aller potenziellen Abnehmer wird die Speicherkapazität der Leitung in den Wintermonaten längerfristig den vereinbarten Mindestfüllgrad von 10 Prozent erreichen, obwohl der Elektrolyseur unter Volllast betrieben wird. Hier müsste eine Priorisierung bei der Belieferung erfolgen. Da alle potenziellen Kunden über eine bestehende Energieversorgung verfügen, wäre die Versorgungssicherheit zu keinem Zeitpunkt gefährdet.

Zusammenfassung

Die Errichtung, Genehmigung und der Betrieb der Infrastruktur dient in erster Linie dazu, Erfahrungen mit einer Wasserstoffinfrastruktur inklusive Endanwendungen zu sammeln. Es soll eine Blaupause für die Sektorkopplung in Quartieren und darüber hinaus eine optimierte Energienutzung innerhalb und zwischen den Quartieren geschaffen werden. Im

Rahmen des Projekts SmartQuart wird Kaisersesch mit den anderen beiden Quartieren in Bedburg und Essen vernetzt. Das übergreifende Ziel: Den Einsatz fossiler Energieträger dort weitgehend überflüssig machen durch innovative Lösungen und Produkte. Daran arbeiten bei SmartQuart insgesamt elf Projektpartner und assoziierte Partner: E.ON (Konsortialführer), E.ON Energy Solutions, gridX, Hydrogenious LOHC Technologies, RWTH Aachen University, Stadt Bedburg, Stadt Essen, Verbandsgemeinde Kaisersesch, Viessmann, H₂ Mobility und RWE.

Derzeit sind dazu noch viele Herausforderungen zu bewältigen. Da Power-to-Gas aufgrund der aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen noch nicht wirtschaftlich ist, müssen die zugrundeliegenden potenziellen Geschäftsmodelle auf Basis verschiedener denkbarer EEG-Szenarien erstellt und bewertet werden. Weiterhin sind Regelwerke und Gesetze zur Einspeisung von Wasserstoff zum Teil noch nicht vorhanden bzw. nicht konsistent. Die größte Herausforderung in dem Projekt besteht daher nicht in der Lösung der technischen Aufgaben, sondern tatsächlich in der Bewältigung dieser normativen Herausforderungen.

Kontakt:

Jürgen Hammelmann
Westnetz GmbH
Collingstr. 2
41460 Neuss
E-Mail: juergen.hammelmann@westnetz.de
Internet: www.westnetz.de

IMPRESSUM

Herausgeber:

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. -
Technisch-wissenschaftlicher Verein
Josef-Wirmer-Str. 1-3, 53123 Bonn
Tel.: 0228 9188-5, Fax: 0228 9188-990
E-Mail: info@dvwg.de, Internet: www.dvgw.de

Verlag und Vertrieb:

wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft
Gas und Wasser mbH
Geschäftsführer: Stephan Maul, M.A.
Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn
Tel.: 0228 9191-40, Fax: 0228 9191-498
E-Mail: info@wvgw.de, Internet: www.wvgw.de

Schriftleiter:

Prof. Dr. Gerald Linke

Chefredaktion:

Marcel Pannes (verantwortlich)
Tel.: 0228 9191-451

Redaktion:

Martin Schramm, Eike Bode, Dr. Stefan Gehrman,
Janosch Rommelfanger, Frank Gröschl, Dr. Stefanie Schwarz

Redaktionsassistentz:

Alexandra Thies, Tel.: 0228 9191-443

Gezeichnete Artikel stellen die Ansicht des Verfassers dar, nicht unbedingt die der Schriftleitung und der Redaktion. Industrieberichte unterliegen nicht der Verantwortung der Redaktion. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Gewähr übernommen.

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, des auszugsweisen Nachdrucks, der fototechnischen Wiedergabe und der Übersetzung, liegen beim Verlag.

Gestaltung und Satz:

Andrea Willers, wvgw

Druck:

Siebel Druck & Grafik, ein Unternehmen der Limberg-Druck GmbH

Bildnachweis:

kartoxjm/fotolia.com (Deutschlandkarte), Linde GmbH (S. 5)



 100 % H₂ Linnich

Seite
26-27

Linnich

Jülich

Seite
15-17

 TransHyDE

Jülich

Seite
6-7

 H₂ H₂Giga

 H₂-MiX

Seite
46-47

Erftstadt

 SmartQuart

Seite
64-65

Kaisersesch

Mainz

Seite
8-9

 H₂ Ener

 HyBest

Seite
62-63

Karlsruhe

 TrafoHyVe

Seite
22-23

Karlsruhe

Lam

Öhr

Esslingen

 RegioTransH₂O

Seite
60-61

Ettlingen

 ERZEUGUNG

 INFRASTRUKTUR

 ANWENDUNG

 ENERGIESYSTEM/
SEKTORKOPPLUNG



Erfurt

Seite
24-25



TH2ECO

Technologiepark Mainz

Goldshausen

Seite
39-41



H2ORIZON

Öhringen

Seite
42-43



Wasserstoff-Insel Öhringen

Seite
58-59



Klimaneutrales Stadtquartier -
Neue Weststadt Esslingen



Hohenwart

Seite
50-51



H2Direkt



München

Seite
56-57



Realprojekte der Siemens Energy AG



energie | wasser-praxis **konkret**

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter
www.dvgw.de