

Menschen bewegen Industrie

VAIS

VAIS Verband für Anlagentechnik
und IndustrieService e.V.



Im Fokus: Wasserstoff

Die Webinarreihe des VAIS 2021

Information zum VAIS e.V.

Der VAIS Verband für Anlagentechnik und IndustrieService e.V. vertritt die Interessen der Branchen des Anlagenbaus, der Anlagentechnik und des Industrieservice. Er ist durch die Verschmelzung der Verbände FDBR e.V., SET e.V. und WVIS e.V. entstanden.

Mehr Informationen zum Verband und seinen Aktivitäten finden Sie unter:

www.vais.de

Inhalt

Vorwort: Wasserstoff.....	3
Der Einsatz von Wasserstoff in der Industrie.....	4
Drei Fragen zum Thema Wasserstoff.....	7
Drei Fragen zum Thema Wasserstoff.....	9
Veranstaltungsreihe „Im Fokus: Wasserstoff“	11
Wasserstoff in der Stahlerzeugung.....	11
<i>Wasserstoff – Zukunftsfrage der heimischen Stahlerzeugung</i>	11
<i>Einsatz von Wasserstoff in der Stahlerzeugung</i>	11
Wasserstoff in der Chemischen Industrie.....	12
<i>Bedarf an synthetischem Naphtha Treiber des Wasserstoffbedarfs</i>	12
<i>Chemie als Innovationstreiber bei Materialien</i>	12
Wasserstoff in der Energiewirtschaft.....	13
<i>Energiewirtschaft als integrierter „Prosumer“</i>	13
<i>Regulatorische Hürden aus Sicht der Energiewirtschaft</i>	13
Wasserstofftransport und -verteilung.....	13
<i>Wasserstoffimporte in Zukunft erforderlich</i>	14
<i>Prüfung der Wasserstofftauglichkeit</i>	14
Wasserstoff – kommunale und dezentrale Lösungen.....	14
<i>Kommunale und dezentrale Erzeugungs- und Anwendungsoptionen</i>	15
Wasserstoff im industriellen Maßstab	15
<i>Anlagenbau und Elektrolyse</i>	16
Wasserstoff in der Glasindustrie	17
<i>Erdgassubstitution in der Glasindustrie</i>	17

Vorwort: Wasserstoff

Im Zuge der Umsetzung der Energiewende werden die Wasserstofftechnologien als Schlüsseltechnologien für den Einsatz im industriellen Umfeld überzeugen. Mit dem Element Wasserstoff kann die allmähliche Transformation der kompletten Industrie auf klimaneutrale Energieträger umgesetzt werden.

„Das Wasser ist die Kohle der Zukunft. Die Energie von morgen ist Wasser, das durch elektrischen Strom zerlegt worden ist. Die so zerlegten Elemente des Wassers, Wasserstoff und Sauerstoff, werden auf unabsehbare Zeit hinaus die Energieversorgung der Erde sichern.“ Jules Verne (Die geheimnisvolle Insel, 1870)

Wasserstoff ist als Bestandteil des Wassers und fast aller organischen Verbindungen das häufigste chemische Element auf der Erde und im Universum. Entdeckt wurde der Wasserstoff vom englischen Chemiker und Physiker Henry Cavendish im Jahre 1766. Wasserstoff lässt sich als Energieträger sowohl speichern als auch transportieren sowie zur Energieumwandlung einsetzen und ist somit hervorragend geeignet, in die Energieinfrastruktur der deutschen Industrie eingebunden zu werden.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, den Wasserstoff aus einem Ausgangsstoff wie Erdöl, Erdgas, Biomasse oder Wasser abzuspalten. Für eine klimaneutrale Nutzung kommt hierfür nur der Einsatz chemischer, elektrischer, thermischer oder solarer Energie in Frage, um ungebundenen Wasserstoff zu erzeugen. Zahlreiche Konzepte und Pilotprojekte der Industrie fokussieren sich derzeit auf eine Wasserstoffgewinnung mit Hilfe Erneuerbarer Energiequellen.

So soll die Lücke zwischen der schwankenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der Nachfrage nach grünem Strom geschlossen werden, um fossile Energieträger vollständig zu ersetzen.

Die nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung verfolgt das Ziel, Deutschland zur Nr. 1 der wasserstoffbasierten Industrienationen zu machen. Wasserstofftechnologien werden langfristig die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen stärken und deren Exportaktivitäten aufrechterhalten. Aber auch für die heimische Produktion wird die nationale Erzeugung eine entscheidende Rolle spielen, um die zukünftige Versorgung mit grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten zu sichern.

Der VAIS hat im Jahr 2021 die bereits laufenden Aktivitäten der Prozessindustrien im Anlagenbau- und Industrieservice vorgestellt und mit einem breit aufgestellten Fachpublikum aus Industrie, Wirtschaft, Politik und Verbänden zur Diskussion gestellt. Den Status Quo der betroffenen Branchen Stahl, Chemie, Energiewirtschaft sowie Aspekte aus dem Bereich von Logistik, Transport und dem Einsatz im kommunalen Bereich finden Sie auf den folgenden Seiten kompakt dargestellt.

Ergänzt wird die Bestandsaufnahme durch fachlich-empirische Erklärungen seitens des Verbands VAIS e.V., der Wissenschaft und der Industrie.

Der Einsatz von Wasserstoff in der Industrie

Klimaschutz, der demographische Wandel und die weitere Digitalisierung bestimmen die Zukunft des Industriestandorts Deutschland maßgeblich.

Klimaschutz bedeutet für die Industrie Herausforderung und Chance gleichermaßen. Das novellierte Klimaschutzgesetz hat die Zielvorgabe noch einmal verschärft und den Zeitraum für die Erreichung von Klimaneutralität erheblich verkürzt.

Diese Klimaziele sind nur dann erreichbar, wenn auch die energie- und rohstoffintensive Industrie emissionsneutral wirtschaftet. Die Lösung ist klimaneutral erzeugter Wasserstoff.

Klimaneutral hergestellter Wasserstoff ermöglicht es, die CO₂-Emissionen immer dann zu verringern, wenn Energieeffizienz und die direkte Nutzung oder Verfügbarkeit von Strom aus Wind und Sonne allein nicht ausreichen bzw. nicht möglich sind. Für die unmittelbar notwendigen Investitionen in geeignete Technologie und qualifizierte Menschen benötigt die Industrie Planungssicherheit, Finanzmittel und Fairness im globalen Wettbewerb, aber vor allem ein schnelles Handeln. Nur dann kann die Vision der deutschen Technologieführerschaft Wirklichkeit werden.

Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft beschleunigen

Berücksichtigt man den verkürzten Zeitplan und die Zeiten für den Aufbau bzw. die Erneuerung der Infrastruktur, so müssen Investitionsentscheidungen unverzüglich getroffen werden. Für den Aufbau einer globalen Wertschöpfungskette für grünen Wasserstoff gilt es, verlässliche Rahmenbedingungen und regulative Voraussetzungen für einen marktwirtschaftlichen Einsatz von Wasserstofftechnologien in der Industrie zu schaffen. Nur mit gesicherten Absatzmärkten, z. B. durch Quotenregelungen und mit einem ausreichenden Angebot von grüner Elektrizität kann der beabsichtigte Hochlauf umgesetzt werden.

Durch technologischen Fortschritt und Mengeneffekte kann dann die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff schon im laufenden Jahrzehnt wichtige prozesstechnische Anwendungsbereiche abdecken. Hierfür bieten sich insbesondere und prioritär Industrien an, die sich prozess- oder produktbedingt nicht anders defossilisieren lassen, wie zum Beispiel die Stahl- und die Chemieindustrie.

Bei höherer Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff und damit verbunden sinkenden Preisen wird mit dem Regulativ der CO₂-Besteuerung und geeigneten CO₂-Ausgleichsmechanismen ein schrittweiser Übergang ermöglicht. Das Instrument der „Carbon Contracts for Difference“ kann diese Transformation wirkungsvoll begleiten. Allerdings ist bei alledem auch dann ein internationaler Konsens zur Notwendigkeit und zum Zeitablauf von Klimamaßnahmen auf multilateraler Ebene wie im Rahmen der G20 erforderlich.

Übergangsphase effizient nutzen, Technologieneutralität bewahren

Europa benötigt immense Mengen an Wasserstoff, um die Energiewende zu bewältigen.

Technologieoffenheit sollte dabei die Grundlage der Diskussion sein. Es geht um die anwendungs- und branchenspezifisch jeweils beste technische Lösung, die in kürzester Zeit und im Rahmen zeitlicher und wirtschaftlicher Machbarkeit die größte messbare Reduktion von Treibhausgasen ermöglicht. Auch in der Elektromobilität wurde nicht gewartet, bis 100 Prozent grüner Strom zur Verfügung stehen.

Zur Beschleunigung müssen daher für die Erzeugung von Wasserstoff auch Übergangslösungen zulässig sein, wie beispielsweise der Einsatz von blauem und türkisem Wasserstoff.

Selbst durch den Einsatz von Erdgas, z. B. bei der Direktreduktion von Stahl, sind schnell signifikante CO₂-Minderungen möglich. Die neue oder modifizierte Anlagentechnik ist dann bereits heute H₂-ready, d. h. zukunftssicher.

In der Energiewirtschaft können moderne Gaskraftwerke auf Basis von Kraft-Wärme-Kopplung hierbei den Weg zur beschleunigten Klimaneutralität in bester Weise begleiten und maßgeblich zur auch zukünftig in den Netzen benötigten Regelleistung beitragen.

Verfügbarkeit und Versorgungssicherheit sicherstellen

Deutschland wird auch in Zukunft eine Energieimportnation bleiben. Allein mit dem hierzulande kurzfristig verfügbaren grünen Wasserstoff kann dem Gesamtbedarf nicht entsprochen werden.

Zur Deckung des nationalen Wasserstoffbedarfs in grüner Form werden, unabhängig vom Erzeugungsstandort, bis 2045 zwischen 137 und 275 GW Elektrolyseleistung benötigt. Allein die Investitionen in die Anlagentechnik zur Wasserelektrolyse werden auf jährlich 5-10 Mrd. Euro ab dem Jahr 2030 geschätzt.

Wenn Deutschland in der neuen Wasserstoffwelt zukünftig tatsächlich eine führende Rolle einnehmen soll, dann müssen entsprechende Produktionsanlagen in nennenswertem Umfang auch mit hoher Wertschöpfung im eigenen Land entstehen, weit über die bisher in der nationalen Wasserstoffstrategie genannten 5 GW Elektrolysekapazität hinaus. Darüber hinaus bieten sich noch zu schaffende internationale Handelsplattformen für grünen Wasserstoff zur Absicherung des zukünftigen Bedarfs an.

Die Investitionen in Neubau bzw. Umrüstung des bestehenden Erdgasnetzes zur zukünftigen Nutzung mit Wasserstoff sind mit geschätzten 800 Mio. EUR überschaubar. Wasserstoffimporte können hierüber analog zu heutigen Erdgasimporten verteilt werden.

Grüne Energie ausbauen und bezahlbar machen

Um Wasserstoff im industriellen Maßstab zu erzeugen, sind gewaltige Mengen an elektrischer Energie erforderlich. Im Jahr 2020 lag der Stromverbrauch in Deutschland bei ca. 550 TWh, bis 2050 wird der Verbrauch auf bis zu 1.800 TWh geschätzt. Für 2030 rechnet man wegen zunehmender Elektrifizierung bereits mit einem Wert von ca. 655 TWh, also einer Steigerung von 20% innerhalb von 10 Jahren. Diese Differenz muss durch Neuanlagen zur Erzeugung von grünem Strom gedeckt werden.

Dazu sind Genehmigungsprozesse zum Bau entsprechender Anlagen und der erforderlichen Transportnetze signifikant zu vereinfachen und zu beschleunigen. Langfristiger Klimaschutz muss hier Vorrang vor den Interessen einzelner Gruppen haben.

Gleichzeitig sind Strom- und Wasserstoffpreise auf erneuerbarer Basis zu ermöglichen, welche die Wettbewerbsfähigkeit unserer Industrien sicherstellen, u. a. durch Wegfall der EEG-Umlage. Dies gilt im Übrigen auch für private Haushalte; Energie muss für jeden bezahlbar sein.

Die Schlüsselindustrien benötigen weiterhin kostenlose CO₂-Zertifikate in ausreichendem Umfang, da erhöhte Kosten die Investitionen in Klimaneutralität verhindern. Im Hinblick auf ungehinderten internationalen Handel kann ein Grenzausgleichsmechanismus (Carbon Border Adjustment) nur ein unterstützender und in der Höhe begrenzter Baustein sein.



„Für 2030 rechnet man wegen zunehmender Elektrifizierung bereits mit einem Stromverbrauch von ca. 655 TWh“

Die Menschen mitnehmen

Ein nicht zu unterschätzender Nebeneffekt der Investitionen in die neue Anlagentechnik zur Erzeugung und weiteren Verwendung von Wasserstoff ist die Modernisierung der betroffenen Industriestandorte, insbesondere in den Bereichen Automatisierung und Digitalisierung zukünftiger Produktionsprozesse. Neben dem Anlagenbau kommen auch auf den Betrieb und den Service in der neuen Wasserstoffwelt besondere Herausforderungen an die Ausbildung und Qualifikation der Menschen in den beteiligten Industrien zu. Bei allen Maßnahmen zur Förderung der Technologien und der Anlagentechnik dürfen die erforderlichen Investitionen in die Menschen nicht vergessen werden. Technologieführerschaft und internationale Wettbewerbsfähigkeit können nur dann erreicht werden und Bestand haben, wenn die dauerhafte Förderung der Aus- und Weiterbildung der planenden und ausführenden Menschen Priorität hat und junge Menschen für die neuen Technologien begeistert werden. Denn: Menschen bewegen Industrie!

Drei Fragen zum Thema Wasserstoff...

...an Prof. Klaus Görner, InPro-Consult GmbH, Gesellschafter und Geschäftsführer; Universität Duisburg-Essen / LUAT, Institutsleiter; Gas- und Wärme-Institut Essen e.V., wissenschaftlicher Vorstand; Vorsitzender des Fachbereich 4 im VAIS e.V.



Die Industrie hat den Wasserstoff für sich entdeckt. Worin liegen die Vorteile dieses chemischen Elements?

Der offensichtlichste Vorteil von Wasserstoff liegt in dem Umstand, dass mit seinem Einsatz kein CO₂-Footprint verbunden ist. Dies gilt unabhängig davon, ob er letztendlich eine stoffliche oder energetische Nutzung erfährt.

Sollen nun aber kohlenstoffhaltige Energieträger oder Rohstoffe durch Wasserstoff ersetzt werden, dann führt dies zu einem immensen zusätzlichen Bedarf, der nur durch einen hohen energetischen und damit wirtschaftlichen Aufwand gedeckt werden kann.

Der „erneuerbare, der gute, der grüne“ Wasserstoff wird aus erneuerbar erzeugtem Strom hergestellt und steht damit direkt in wirtschaftlicher und technologischer Konkurrenz zu den direkten Stromeinsatz – in der Industrie, genauso wie beim Einsatz in anderen Sektoren wie der Energiewirtschaft, dem Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, den Haushalten und der Mobilität.

Die Industrie hat sehr wohl den Wasserstoff im Blick, es muss aber in jeder Branche und in jedem Prozess bzw. bei jedem Verfahren kritisch geprüft werden, ob ein Brennstoff- oder Rohstoffwechsel möglich ist, ohne allerdings die Produktqualität negativ zu beeinflussen, oder ob der direkte Stromeinsatz schneller und evtl. kostengünstiger zu realisieren ist. Meist ist bei beiden Vorgehensweise ein aufwändiger Ersatz der bestehenden Anlagen notwendig.

Wirtschaftlich gegengerechnet werden kann der Wasserstoffeinsatz dann mit den zu vermeidenden CO₂-Zertifikatekosten, die mittel- und langfristig als Steuerungselement der Politik deutlich ansteigen werden.

National wie international werden die Randbedingungen und Zielwerte für einen forcierten Klimaschutz meist ohne Berücksichtigung der technischen Machbarkeiten kontinuierlich verschärft. Dies ist grundsätzlich auch der einzig gangbare Weg, nur müsste die Politik durch langfristige Zielwerte für CO₂-Zertifikatepreise, die Besteuerung von Wasserstoffherzeugung, -transport und dessen -einsatz u.v.a.m. klare Leitplanken schaffen, damit in der Industrie auch belastbare Investitionsentscheidungen getroffen werden können.

Wie kann die Wasserstoffwirtschaft die drei K's „Kostspielig, Kurzlebig, Kohlelastig“ (bei Herstellung aus fossilen Energieträgern) langfristig bewältigen?

Heute wird Wasserstoff zu einem hohen Prozentsatz z.B. mit einem Steam-Reforming-Verfahren aus fossilem Erdgas hergestellt. Dieser Wasserstoff wird als **grauer Wasserstoff** bezeichnet und verbessert den CO₂-Footprint des Prozesses, in dem er alternativ zu fossilem Erdgas eingesetzt wird, nicht, da ja bei seiner Herstellung der Kohlenstoff als CO₂ freigesetzt wird – also nur an anderer Stelle.

Trennt man das freigesetzte CO₂ ab und speichert es als Gas, dann spricht man von **blauem Wasserstoff**. Für die Abtrennung und Speicherung wird aber zusätzlich Energie benötigt und es entstehen zusätzliche Kosten – blauer Wasserstoff ist teuer als grauer.

Wird der Wasserstoff wieder aus Erdgas, aber über einen Pyrolyseprozess erzeugt, dann fällt der Kohlenstoff in fester Form an und man kann ihn relativ leicht lagern. Dieser wird als **türkiser Wasserstoff** bezeichnet. Der technische Umwandlungsprozess ist noch auf einem niedrigen TRL-Niveau von 3-4, so dass sich über Gesteungskosten in großtechnischem Maßstab noch keine verlässlichen Aussagen machen lassen.

Damit kann festgehalten werden, dass die „farbigen“ Varianten des Wasserstoffs teurer sein werden als sein grauer Urvater. Anreize, ihn dennoch einzusetzen, liegen in Kostenreduzierungen beim CO₂-Zertifikateerwerb oder bei staatlichen Subventionen. Hier hat das BMWi mit dem Modell **Carbon Contracts for Difference** für die nächsten Jahre (perspektivisch 10) sichergestellt, dass die Differenzkosten zwischen der Angebots- und Nachfrageseite für grünen Wasserstoff und Folgeprodukte staatlich abgedeckt werden und hofft damit, globale Importe aus Regionen dieser Erde, in denen z.B. Wind und Sonne in hohem Umfang zur Verfügung stehen, zu forcieren. Dies ist nicht nur aus ökonomischer Sicht sinnvoll, sondern trägt auch dem Umstand Rechnung, dass Deutschland nicht über ein ausreichendes Angebot an erneuerbarem Strom aus Wind und Sonne verfügt.

Wasserstoff wird bereits in gut und schlecht qualifiziert (grau, blau, grün, türkis). Gelingt langfristig die Fokussierung auf die „guten“ Varianten?

Die wirklich gute Variante kann nur die grüne sein. Diese langfristig in den Markt und in die Prozesse einzuführen, wirft aber ein klassisches „**Henne-Ei-Problem**“ auf:

- ist noch nicht genügend Wasserstoff im Markt, wird sich kein Unternehmen auf eine Investitionsentscheidung einlassen *und andererseits*
- gibt es zu wenig industrielle Abnehmer für den Wasserstoff, dann wird kein Unternehmen in Erzeugungs- und/oder Transport-Kapazitäten investieren.

Aus meiner Sicht kann hier nur die subventionierte Verschiebung von grauem über blauen zu grünem Wasserstoff Abhilfe schaffen. Kritiker und Gegner dieser Strategie befürchten allerdings, dass damit Strukturen und Märkte bei blauem Wasserstoff „hängenbleiben“ und damit der langfristig notwendige Switch zu grünem Wasserstoff nicht oder nicht rechtzeitig gelingt.

Dieses Problem muss die Politik antizipieren und in der Folge steuernd eingreifen – nicht nur auf nationaler, sondern auf europäischer und globaler Ebene. Die Politik ist aber schon an kleineren Problemen gescheitert.

Drei Fragen zum Thema Wasserstoff...

...an Dr. Jens Reichel, thyssenkrupp Steel GmbH, Leiter Technical Services and Energy, Stellv. Vorsitzender des Fachbereich 5 im VAIS e.V.



Die Industrie hat den Wasserstoff für sich entdeckt. Worin liegen die Vorteile dieses chemischen Elements?

Tatsächlich ist Wasserstoff die heute einzig vorliegende verfahrenstechnische Alternative, die im industriellen Maßstab verfügbar ist. Allein für unseren Standort im Duisburger Norden bedeutet dies ein Investitionsvolumen zwischen 6 und 8 Mrd. Euro, das in den kommenden 20 Jahren realisiert werden muss.

Im Unterscheid zu vielen anderen Anwendungen, nutzen wir den Wasserstoff nicht vornehmlich energetisch, sondern stofflich. D.h. in unseren verfahrenstechnischen Prozessen ersetzt Wasserstoff die Kohle.

Das ist der Grund dafür, warum der Umstieg in der Stahlindustrie so aufwändig ist. Man muss nämlich die entsprechenden Aggregate, die wir heute nutzen komplett ersetzen.

In unserem Fall bedeutet das, wir müssen die Hochöfen, in denen heute das Roheisen gewonnen wird, durch eine Kombination auf Direkt-Reduktionanlage und elektrischem Einschmelzer, der dann natürlich mit grünem Strom betrieben werden muss, ersetzen.

Es gibt noch weitere Verfahren, wie die plasmabasierte Eisengewinnung oder die Direkt-Eisen-Elektrolyse. Diese Verfahren befinden sich aber am Beginn ihrer Entwicklung und sind nur im Labormaßstab verfügbar.

Wie kann die Wasserstoffwirtschaft die drei K's „Kostspielig, Kurzlebig, Kohlelastig“ (bei Herstellung aus fossilen Energieträgern) langfristig bewältigen?

Die Umgestaltung der Energieerzeugung im industriellen Kontext ist eine große gesellschaftliche Herausforderung, die von uns allen viele Ideen und vor allem den Willen zur Umsetzung fordert. Dennoch ist es eine spannende Herausforderung diesen Wandel aktiv mitgestalten zu dürfen.

Der Weg hin zu einer CO₂-neutralen Gesellschaft wird nicht mit einer Veränderung in kleinen Schritten möglich sein. Hierbei geht es einerseits darum, liebgewonnene Gewohnheiten

und Vorgehensweisen in Frage zu stellen, aber auf der anderen Seite auch neue Technologien zu schaffen die die kohlebasierte Energienutzung durch neuen Formen der Energiegewinnung ersetzen.

Dabei wird eine große Rolle spielen, dass diese auf natürlicher Basis (Sonne, Wind und Wasser) nicht überall gleich verteilt zu gewinnen ist. Deutschland war in der jüngeren Vergangenheit ein Energieimportland auf Basis von Öl und Gas und wird es auch in Zukunft bleiben. Nur werden eben keine fossilen Energieträger mehr importiert, sondern auf Basis erneuerbarer Energiequellen erzeugte Energieträger wie Wasserstoff, Ammoniak oder auch gegebenenfalls Synthesegas und -strom.

Wir können festhalten, dass zumindest auf der nördlichen Halbkugel nicht genügend erneuerbare Energieträger zur Verfügung stehen. D.h. Nordeuropa wird in jedem Fall Energieimporteur bleiben. Wenn Südeuropa ein hohes Maß an Industrialisierung behalten will, werden auch hier Energiemengen, mindestens temporär, zugekauft werden müssen. Ob langfristig darin die Nutzung von Atomstrom eine Rolle spielen wird, ist eine politische Frage und wird auch auf dieser Ebene entschieden.

Wasserstoff wird bereits in gut und schlecht qualifiziert (grau, blau, grün, türkis). Gelingt langfristig die Fokussierung auf die „guten“ Varianten?

Der Übergang auf eine wasserstoffbasierte Energiegewinnung wird nur gelingen, wenn der Übergang technologieoffen gestaltet wird. D.h. bis zu dem Zeitpunkt, zu dem ausreichend grüner Wasserstoff zur Verfügung steht, werden alle Brückentechnologien gebraucht werden. Dazu gehört selbstverständlich der Einsatz von Erdgas, und blauem Wasserstoff.

Erst wenn ausreichend erneuerbare Energien ausgebaut sind, wird auch der ausschließliche Einsatz von grünem Wasserstoff möglich sein. Zahlreiche Staaten setzen auf diesem Weg auch auf die Renaissance der Atomenergie. In der Bundesrepublik ist derzeit eine solche Diskussion jedoch nicht ergebnisoffen zu führen.

Eine konkrete zeitliche Prognose ist nicht seriös, aber thyssenkrupp hat zwischenzeitlich Projekte und Studien in alle Richtungen aufgesetzt, um Lösungen zu erarbeiten, weil für den erforderlichen Ausbau erneuerbarer Energien noch kein zentraler Umsetzungshebel vorhanden ist.

Veranstaltungsreihe „Im Fokus: Wasserstoff“

Im Rahmen seiner Webinarreihe „Im Fokus: Wasserstoff“ organisierte der VAIS von Januar 2021 bis Oktober 2021 Webinare zum möglichen Einsatz von Wasserstoff in den Kundenbranchen des Anlagenbau und -service sowie des Industrieservice. Mit einem Dreiklang von unternehmerischer Vision, technischer Darstellung und politischen Forderungen verfolgte der Verband das Ziel, seinen Mitgliedsunternehmen sowie anderen interessierten Unternehmen aus Anlagenbau und Service ein umfassendes Bild der Herausforderungen und Chancen von Wasserstoff nicht zuletzt auch in Hinblick auf die Entwicklung der eigenen Produkte und Dienstleistungen zu vermitteln.

Wasserstoff in der Stahlerzeugung

Die Stahlerzeugung in Deutschland ist mit 58,3 Mio. t CO_{2a} einer der größten Einzelemittenten und verantwortet allein ein Drittel der Gesamtemissionen der emissions- und energieintensiven Industrien. Der Anteil an den Gesamtemissionen Deutschlands beträgt somit 6,7 Prozent.

Wasserstoff – Zukunftsfrage der heimischen Stahlerzeugung

Als Grundstoffindustrie kommt der heimischen Stahlerzeugung sowohl eine hohe volkswirtschaftliche als auch in Hinblick auf Abhängigkeiten von internationalen Lieferketten industriepolitische Bedeutung bei.

Nichtsdestotrotz bewegt sich die Stahlindustrie in einem internationalen Wettbewerbsumfeld mit einem Weltmarktpreis für Stahl. Eine klimaneutrale Stahlerzeugung verteuert nach Einschätzung der **Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl)** die Produktion, die nach heutigem Stand bei 300 bis 400 EUR über dem Preis der konventionellen Stahlerzeugung liegt.

Aus Sicht der Stahlindustrie sind daher regulatorische Maßnahmen erforderlich, welche zum einen eine ausreichende Menge an verfügbarem Wasserstoff und zum anderen einen wirtschaftlichen Wasserstoffpreis sicherstellen. Um die benötigten Volumina an Wasserstoff bereitzustellen, setzt die Stahlindustrie auf eine Technologieoffenheit bei Wasserstofferzeugung und Erzeugungsverfahren sowie auf eine Diversifizierung der Bezugsquellen. Signifikanten Bedarf sieht die Branche darin, die Wasserstofferzeugung wirtschaftlicher zu gestalten. Hierfür ist eine umfassende EEG-Umlage-Befreiung von Elektrolyseuren notwendig. Der Bundesgesetzgeber ist dem durch die Revision der EEG teilweise nachgekommen.

Einsatz von Wasserstoff in der Stahlerzeugung

Unter den emissions- und energieintensiven Branchen bietet die Stahlerzeugung einen besonderen Hebel zur CO₂-Vermeidung: 26 t CO₂ können pro eingesetzter Tonne Wasserstoff vermieden werden.

Der Bedarf der heimischen Stahlerzeugung liegt bei umgerechnet 2,2 Mio. t Wasserstoff. Ein Schlüssel zur Defossilisierung der Stahlproduktion liegt in der Substitution von Koks als Reduktionsmittel durch gasförmigen Brennstoff: Übergangweise bieten sich hierzu Erdgas und Koksofengas, bis mittelfristig absehbar Wasserstoff die Funktion als Reduktionsmittel in der Stahlproduktion übernehmen kann. Durch den Einsatz von Wasserstoff lassen sich Prognosen zufolge bis zu 95 Prozent der CO₂-Emissionen in der Stahlproduktion einsparen.

Für die deutsche Stahlindustrie und die **thyssenkrupp Steel Europe AG** ist die Umstellung auf den Energieträger Wasserstoff essenziell, um die Produktionsstandorte in Deutschland sowohl dekarbonisieren als auch in Zukunft halten zu können. Im Rahmen des als IPCEI

(Important Project of Common European Interest) geförderten Projektes *tkH2Steel* am Standort Duisburg arbeitet der Konzern an der Dekarbonisierung der Hochofenroute. Statt des heutigen Hochofens mit Kohlenstoff als Reduktionsmittel und Energieträger wird eine Direktreduktionsanlage (Wasserstoff als Reduktionsmittel) mit integriertem Einschmelzer zur Anwendung kommen.

Derzeit rüstet das Unternehmen am Standort den Hochofen 9 auf den Wasserstoffeinsatz um. Dazu hat das Unternehmen bereits im Jahr 2020 erste Tests durchgeführt, die Ergebnisse werden aktuell konsolidiert. Bei der Umstellung soll Wasserstoff den Kohlenstoff substituieren.

Wasserstoff in der Chemischen Industrie

Die Chemische Industrie emittierte im Jahr 2020 120 Mio. t CO₂ und war damit größter Einzulemittent. Bereits heute ist die Chemische Industrie größte Abnehmerindustrie von Wasserstoff, der jedoch aktuell mittels Dampfreformierung aus fossilem Erdgas erzeugt wird („grauer Wasserstoff“). Dieser Wasserstoff dient in erster Linie der Herstellung von Grundchemikalien wie Ammoniak und Methanol, die unter dem Einsatz heutiger Produktionsverfahren für 75 Prozent der Gesamtemissionen der chemischen Industrie in Deutschland verantwortlich sind.

Bedarf an synthetischem Naphtha Treiber des Wasserstoffbedarfs

Dreh- und Angelpunkt der Dekarbonisierung der chemischen Industrie wird nach Darstellung des **Verbandes der Chemischen Industrie** (VCI) die Substitution von Erdölfraktionen und die Bereitstellung synthetischen Naphthas sein. Naphtha dient als wichtigste organische Ausgangsbasis für die Produktion von Grundchemikalien und kann im Fischer-Tropsch-Verfahren aus Kohlendioxid und Wasserstoff synthetisiert und gewonnen werden. Nach Einschätzung der Branche werden hier in Zukunft große Investitionen in neue Fischer-Tropsch-Synthesen-Anlagen notwendig sein. Während die Chemie den Löwenanteil aus mittels Wasser-Elektrolyse gewonnenem Wasserstoff („grüner Wasserstoff“) decken will, wird der Bedarf auch durch mittels Dampfreformierung gewonnenem Wasserstoff mit CO₂-Abscheidung bzw. Nutzung/Speicherung („Blauer Wasserstoff“) oder auch mittels Biomasse- und Abfallvergasung gedeckt werden müssen.

Bis 2030 wird der heutige Wasserstoffbedarf von 1 Mio. t/a auf 1,7 Mio. t zunehmen und die Chemische Industrie infolge der Substitution von Rohöl als Feedstock bis schließlich 2050 einen jährlichen Bedarf von bis zu 7 Mio. t aufweisen.

Als alternativer Rohstoff für den Cracker bietet sich daneben im chemischen Recycling gewonnenes Pyrolyseöl an. Hier eröffnen sich interessante Perspektiven im Zusammenspiel von chemischer Industrie und Abfallwirtschaft.

Chemie als Innovationstreiber bei Materialien

Während die Chemische Industrie somit eine Hauptanwenderindustrie von Wasserstoff sein wird, positionieren sich zudem Unternehmen der Chemie als Technologienanbieter im Bereich Wasserstoff. Insbesondere stehen hierbei Fragen der Optimierung von Werkstoffen im Zentrum der Betrachtung, um weitere Kostendegressionen in der Wasserstoffproduktion zu erreichen. Wie höhere Wirtschaftlichkeit der Wasserstofferzeugung konkret erreicht werden kann, zeigt das Unternehmen **Evonik**. Die „Technologieschmiede“ des Unternehmens **Evonik Creavis** arbeitet derzeit an der Weiterentwicklung der anionenleitenden Membran (AEM). Die AEM kombinierte die Vorteile der sauren Elektrolyse mit der PEM-Technologie. Im Aufbau mit einer PEM identisch, ermöglicht die AEM eine hohe Stromdichte und hohe Effizienz, zeichnet sich jedoch durch die Möglichkeit des Einsatzes für eine alkalische Umgebung geeigneter und günstigerer edelmetallfreier Materialien aus. Mit der Weiterentwicklung der Membrantechnologie will das Unternehmen nicht zuletzt sowohl Investitionskosten- als auch betriebskostenseitige Einsparungen realisieren: Gegenüber der PEM-Technologie könnten bereits nach heutigem Kenntnisstand 10 Prozent an Betriebskosten eingespart werden.

Anfang 2020 nahm eine 20-kW-Demonstrationselektrolyseanlage ihren Betrieb auf, um den Einsatz der anionenleitenden Membran zu testen. Das Projekt „CHANNEL“ zusammen mit Shell (Anwender), Enapter (OEM), FZ Jülich, NTNU und SINTEF soll bis Ende 2023 dauern.

Wasserstoff in der Energiewirtschaft

Während unter heutigem Vorzeichen – trotz der technischen Machbarkeit – der Einsatz von Wasserstoff in der Stromerzeugung allein erst mittelfristig und bei ausreichender Verfügbarkeit wirtschaftlich darstellbar erscheint, bestehen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in der Kraft-Wärme-Kopplung und in der Erzeugung von Wasserstoff. Die Energiewirtschaft wächst dabei immer stärker in die Rolle eines **integrierten Wasserstoff-„Prosumers“** hinein, in dem Erzeugung, Umwandlung, Anwendung und Speicherung gebündelt sind.

Energiewirtschaft als integrierter „Prosumer“

Auch das Unternehmen **Uniper SE** befindet sich auf dem Weg zu einem integrierten Wasserstoff-Konzern, der die gesamte Wasserstoffkette von Erzeugung über Transport bis Umwandlung abdeckt. Das Unternehmen will bis 2022 2,3 Mrd. EUR investieren, wovon allein zwei Drittel auf wasserstoffbezogene Projekte entfallen. Derzeit betreibt Uniper kleinere Wasserstoff-Anlagen: In Deutschland zählen hierzu zwei PtG-Demonstrationsanlagen, am Standort Falkenhagen auf Grundlage der Chlor-Alkali-Elektrolyse (2 MW_{el}) und am Standort Hamburg mit PEM-Elektrolyse (1,5 MW_{el}).

Jedoch plant das Unternehmen hochskalierte Projekte wie die anvisierte Umrüstung des stillzulegenden Steinkohlekraftwerks Scholven auf grünen Wasserstoff bis 2030, Elektrolyse im Hafen von Maastricht oder die Entwicklung eines „Hubs“ für grünen und blauen Wasserstoff im nordenglischen Humber.

Regulatorische Hürden aus Sicht der Energiewirtschaft

Indes bestehen aus Sicht des Unternehmens für die Entwicklung des PtG-Zielmarktes regulatorische Hürden: Der netzdienliche Betrieb von PtG-Anlagen bzw. die Befreiung von PtG-Anlagen vom Steuer-, Abgaben- und Umlagensystem (EEG).

Auch der **Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)** mahnte an, regulatorische Hürden beim Aufbau eines PtG-Zielmarktes abzubauen. Der BDEW betrachtet Wasserstoff im Zusammenspiel mit anderen klimaneutralen Gasen (Wasserstoff, synthetisches Methan). Die Kernbotschaft des Verbandes ist, dass alle Erzeugungspfade klimaneutraler Gase zur Dekarbonisierung und die bestehende Gasinfrastruktur dabei massiv zur Transformation beitragen können. Erforderlich seien jedoch neben dem EE-Ausbau und einer Reform des Abgaben-, Steuer- und Umlagensystems die jeweilige regulatorische Anerkennung sowohl der Treibhausgasminde rung durch klimaneutrale Gase wie in der bevorstehenden Revision der Erneuerbare Energien-Richtlinie („RED II“) sowie der Gasinfrastruktur, für die es einer zu Gasnetzen analogen Regulierung von Wasserstoffnetzen bedürfe.

Wasserstofftransport und -verteilung

Deutschland wird seinen Wasserstoffbedarf nicht zur Gänze aus mittels Elektrolyse erzeugtem „grünem Wasserstoff“ decken. Angesichts eines zukünftig immensen Wasserstoffbedarfs und begrenzter inländischer Erzeugungskapazitäten wird Deutschland weiterhin auf Energieimporte auch bei Wasserstoff angewiesen sein.

Wasserstoffimporte in Zukunft erforderlich

Nach Darstellung des Essener Beratungsunternehmens **evety GmbH**, einem Joint-Venture von Open Grid Europe, TÜV SÜD und Horváth & Partner mit Wasserstoffexpertise, wird bei einem prognostizierten Wasserstoffbedarf von 399 TWh im Jahre 2050 nur gut ein Drittel klimaneutral in Deutschland erzeugt werden können. Der überwiegende Anteil wird indes entweder über Pipelines (CGHC) transportiert bzw. verflüssigt und bei -243°C gekühlt (LH_2), chemisch gebunden (LOHC) oder gebunden in Ammoniak (NH_3) über den Seeweg importiert und über Schiene und Schwerlast transportiert werden.

Aus Sicht von evety wird die Entwicklung zu einem globalen Wasserstoffmarkt phasenweise voranschreiten. Derzeit entstünden erste Wasserstoff-lokale Ökosysteme mit ersten Anwenderindustrien, die sich allmählich zu verbundenen Systemen fortentwickelten. Zum Jahre 2030 werde es einen großflächigen Einsatz von Wasserstoff durch günstige Importe geben, bevor zum Zieljahr 2050 ein internationaler mit dem heutigen Erdölmarkt vergleichbarer Wasserstoffmarkt entstehe.

Auch der **Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW)** stellt mit seinem Innovationsprogramm *Stoffwechsel* Wasserstoff ins Zentrum, der in den kommenden Jahren nach Darstellung des Verbandes sukzessive in Deutschland zur Verfügung stehen wird: Über den *Hydrogen Backbone* wird sich so eine Wasserstoffinfrastruktur in drei Phasen 2030, 2035 und 2040 vom nordwestdeutsch-niederländischen Industrieballungsgebiet ausgehend vollziehen.

Prüfung der Wasserstofftauglichkeit

Zugleich stellt der DVGW derzeit Forschung, Regelwerk, Zertifizierung, Aus- und Weiterbildung auf den Prüfstand. Der Verband plant so zum einen ein Forschungsprogramm entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette wie zu anderen ein virtuelles Wasserstoff-Institut der Deutschen Energiewirtschaft.

Als gesetzlich anerkannter Regelsetzer überarbeitet der DVGW derzeit schließlich sein Regeln, die den Eigenschaften von Wasserstoff geschuldet sind: Die geringe relative Dichte und die unteren Explosionsgrenze unterstützen das bestehende Explosionskonzept für den Normalbetrieb, die geringere molekulare Dichte von Wasserstoff erfordert hingegen eine Prüfung der Dichtheit nach DVGW-Regelwerk. Schließlich müssen Schutzmaßnahmen bei Maßnahmen, bei denen Wasserstoff in Kontakt mit Luft kommt, angepasst werden. Für 2021 plant der DVGW die Umsetzung eines „Leitfaden[s] *H₂-Readiness Infrastruktur*“ sowie eines „Leitfaden[s] *H₂-Readiness Gasanwendung*“.

Im Fokus der Beurteilung der Frage, ob die heutige Gasinfrastruktur umgewidmet werden kann, steht die Wasserstofftauglichkeit (*H₂-Readiness*) der bestehenden Leitungen. Hierzu prüfte die **Open Grid Europe** ihre Assets hinsichtlich Materials und Funktion. Dabei stellte sich heraus, dass Kohlenstoffstähle bis zu einer minimalen Streckgrenze von 360 N/mm^2 und warmfeste, austenitische Stähle wasserstofftauglich sind. Einer Materialprüfung bedürfen die an sich tauglichen Leitungsbaustähle bis zu Mindeststreckgrenzen von 550 N/mm^2 . Kunststoffdichtungen erwiesen sich als wasserstoffbeständig, zeigten aber bei PTFE, PP und Silikonkautschuk eine erhöhte Permeabilität.

Wasserstoff – kommunale und dezentrale Lösungen

Deutschlandweit haben sich kommunale Unternehmen in den vergangenen Jahren als Taktgeber für konkrete Projekte mit dem Einsatz oder der Erzeugung von Wasserstoff mit Sektorenkopplung hervor getan. Dies umfasst zum einen Großprojekte wie das geplante *HydrOxy Hub Walsum* der STEAG GmbH mit einer geplanten 500-MW-Elektrolyse (Versorgung des Stahlstandortes Duisburg, Wasserstoffeinspeisung, Abwärme für Endverbraucher), aber auch zum anderen Projekte mittlerer Größe wie die Kopplung einer mit ungenutztem EE-Strom gespeisten PtG-Anlage mit einem Wasserstoff-BHKW bei den Stadtwerken Haßfurt oder wie bei

den Stadtwerken Wuppertal: Hier liefert ein Müllheizkraftwerk zusätzlich zu der Wärmeversorgung Energie für einen 1-MW-Elektrolyseur, der genügend grünen Wasserstoff für eine städtische Brennstoffzellen-Busflotte erzeugt.

Kommunale und dezentrale Erzeugungs- und Anwendungsoptionen

Der **Verband der kommunalen Unternehmen** (VKU) sieht im Energieträger Wasserstoff eine gewaltige Chance für kommunale Unternehmen und plädiert daher dafür, auch gerade solche dezentralen Anwendungen und Erzeugungsoptionen verstärkt in den Blick zu nehmen. Aus Sicht des VKU ist dafür eine Modernisierung der Ferngas- und Gasverteilnetze erforderlich. Insbesondere für Infrastruktur im kommunalen Besitz verhindert dies, dass bestehende Infrastruktur nicht zu einem „*stranded investment*“ wird.

Wie dezentrale Lösungen im ländlichen Raum aussehen können, zeigt auch das durch das Bundeswirtschaftsministerium als „Reallabor der Energiewende“ geförderte Projekt **Smartquart Kaisersesch** der **Westnetz GmbH** in der rheinland-pfälzischen Gemeinde Kaisersesch. Das Ziel des Unternehmens ist, eine modulare Blaupause für eine dezentrale Energie- und Wärmewende auf Quartiersebene zu entwickeln. Das Projekt, das den Aufbau eines *Microgrids* verfolgt, hat einen gewerblich-industriellen Fokus und soll die gesamte Wasserstoff-Wertschöpfungskette von Erzeugung bis Endanwendung abdecken. Hierzu zählen u.a. ein Elektrolyseur mit einer Leistung von 1 MW_{eL} und einer nominalen Produktion von 200 Nm³/h, eine Versorgungspipeline, ein von Erdgas auf Wasserstoff umgerüstetes BHKW (50 kW_{eL}/100 kW_{therm}) und eine Wasserstofftankstelle.

Das Augsburgener Unternehmen **H-TEC SYSTEMS GmbH** stellte dezentrale Lösungen zur Wasserstofferzeugung vor. Das Produktportfolio des Unternehmens umfasst PEM-Elektrolyseure mit einer Leistung von 225 kW bis 2 MW und einer Produktion von 100 kg/d bis hin zu 900 kg/d. Darüber hinaus bietet das Unternehmen Elektrolyse-Stacks mit einer Nominallast von 1 kW für häusliche Lösungen an. Die Elektrolyseure dieser Leistungsklassen bieten sich für regionale Projekte / Insellösungen an wie beim Projekt *eFarm* im Kreis Nordfriesland an, bei dem an fünf Produktionsstandorten (Gesamtleistung 1,125 MW) Wasserstoff für Linienbusse erzeugt wird, oder für einen netzdienlichen Betrieb wie beim Projekt *Windgas Haurup*, wo mittels überschüssigem EE-Strom von aus der EEG-Förderung fallenden Alt-Windanlagen grüner Wasserstoff erzeugt und über eine Stichleitung ins Ferngasnetzleitung DEURAN einspeist wird.

Wasserstoff im industriellen Maßstab

Für die in den Anwenderindustrien benötigten großen Volumina von langfristig grünem Wasserstoff bedarf es einer industriell skalierten Erzeugung grünen Wasserstoffs stehen. Zur Deckung des Bedarfs bietet sich neben Import auch die Erzeugung am Industriestandort Deutschland selbst oder in Energiepartnerländern an. So ist der **Deutsche Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband e.V. (DWW)** Träger des Förderprogramms H2Global, um die Einführungsphase von Wasserstoff zu begleiten. Durch einen doppelten Auktionsmechanismus werden global langfristige Abnahmeverträge geschlossen, während Anwenderindustrien kurzfristig Wasserstoff beziehen können. Dahinter steht eine mit 1,5 Mrd. EUR ausgestattete Stiftung und eine Gesellschaft als Intermediär, welche die Differenz zwischen den Preisen durch einen CCfD-ähnlichen Mechanismus ausgleichen soll. Neben einer Sicherstellung des Wasserstoffbezugs soll so auch die Nachfrage nach Elektrolyseuren und Komponenten in den Energiepartnerländern angereizt werden.

Anlagenbau und Elektrolyse

Neben der Bedeutung der Versorgung der Anwenderindustrien ergibt sich nämlich für den Anlagenbau ein immenses Exportpotenzial durch den Aufbau einer globalen Wasserstoffwirtschaft. Im Elektrolyse-Anlagenbau sind deutsche Unternehmen weltweit führend und decken sämtliche heute technologisch ausgereiften Verfahren ab. Diese umfassen die Chlor-Alkali-Elektrolyse, die nach heutigem Stand der Technik als am stärksten ausgereiftes und meist erprobtes Elektrolyse-Verfahren gilt, die Hochtemperaturelektrolyse und die PEM-Technologie.



thyssenkrupp Carbon2Chem

Die Anbieter von Elektrolyse setzen hierbei ihren Schwerpunkt auf unterschiedliche Verfahren. Das Dortmunder Unternehmen **thyssenkrupp Uhde Chlorine Engineers** bietet insbesondere Elektrolyseure auf Grundlage der Chlor-Alkali-Elektrolyse an. Derzeit verfügt das Unternehmen über Elektrolyseure in der Leistungsklasse 20 MW. Angesichts einer weltweit massiven Nachfrage nach Elektrolyse-Anlagen ist das Unternehmen derzeit an diversen Projekten beteiligt: Zu nennen sind unter anderem eine Elektrolyse im GW-Bereich zur Bereitstellung grüner Feedstocks für die Ammoniakproduktion im saudi-arabischen Neom oder eine bereits im Bau befindliche 88-MW-Elektrolyse im kanadischen Varennes mit Strombezug aus einem Wasserkraftwerk am Sankt-Lorenz-Strom.

Die **Sunfire GmbH** aus Dresden setzt neben der alkalischen Elektrolyse stark auf das SOEC-Hochtemperatur-Elektrolyse-Verfahren (Solid oxide electrolyzer cell, dt. Festoxid-Elektrolyseurzelle), die den Wasserstoff mit Hilfe von Dampfeinsatz erzeugt. Auch Sunfire profitiert von einer starken Nachfrage nach Elektrolyseuren: Als prominentestes Beispiel ist das Projekt *GrInHy2.0* der Salzgitter Flachstahl AG zu nennen, das Ende 2020 den Zuschlag als erstes aus dem Förderprogramm „*Dekarbonisierung in der Industrie*“ des Bundesumweltministeriums erhielt und den Bau einer 720kW_eL-Hochtemperaturelektrolyse zur Versorgung des Hüttenwerks Salzgitter mit grünem Wasserstoff vorsieht.

Wasserstoff in der Glasindustrie

Die Glasindustrie steht stellvertretend für die Anwendung von Wasserstoff bei Hochtemperaturprozessen, wie sie auch in anderen energieintensiven Industrien zum Einsatz kommt, z.B. in Schmelzprozessen und in der Wärmebehandlung.

Erdgassubstitution in der Glasindustrie

Die Glasherstellung zeichnet in Deutschland für 5,4 Mio. t CO₂-Emissionen verantwortlich, wovon 1 Mio. t prozessbedingt sind. 74 Prozent des Endenergiebedarfs werden heute durch Erdgas gedeckt. Der Bedarf des eigentlichen Schmelzprozesses beträgt allein hieran 85 Prozent.

Die Glasindustrie hat ihre konventionellen Endenergie-Einsparpotenziale weitestgehend ausgeschöpft. Emissionsminderungspotenziale ergeben sich somit in der Industrie durch den Einsatz von CCU/CCS oder durch EE-Energieträger. Die vollständige Elektrifizierung der Glasherstellung ist hierbei noch nicht möglich, da zum einen Elektro-Glaswannen nicht für die großtechnische Glasherstellung erprobt sind. 95 Prozent der zum Einsatz kommenden Glaswannen werden darüber hinaus heute mit Erdgas und elektrischer Zusatzheizung betrieben: Auf dem Weg zur Dekarbonisierung der Branche setzt der **Bundesverband der Glasindustrie** deswegen seine Hoffnungen auf die Substitution von Erdgas durch Wasserstoff bzw. synthetische Brennstoffe in Kombination mit elektrischen bzw. Hybrid-Lösungen.

Technikums-Schmelzanlage mit Wasserstoff-Betrieb

Die **SCHOTT AG** stellt Spezialgläser her, die Schmelztemperaturen von bis zu 1700°C erfordern. Wie dieser Prozess von der heutigen Erdgasverbrennung auf Wasserstoff umgestellt werden kann, untersucht das Unternehmen in seiner Technikums-Schmelzanlage im Rahmen des BMBF-geförderten *Kopernikus-Projektes PtX*. Fraglich war, wie sich der Wasserstoffein-satz auf Korrosion, NO_x-Emissionen, Flammenbild und die Abgaseigenschaften der reinen Wasserdampf-atmosphäre auswirken würden. Die Versuche ergaben, dass der Ersatz von Erdgas grundsätzlich möglich ist, aber weitere Erfahrungen hinsichtlich Eigenschaften des Endproduktes erforderlich sind. Durch die derzeit hohen und für die Zukunft noch nicht absehbaren Einsatzkosten für grünen Wasserstoff ergeben sich nach derzeitigem Stand um ca. 30 bis 40 Prozent höhere Herstellkosten, der wesentlich von den zukünftigen Preisen für grünen Wasserstoff abhängt.

Forschungsvorhaben HyGlass

Welche Effekte der Erdgas-Ersatz durch Wasserstoff auf die Glasherstellung hat, ist auch Gegenstand des Forschungsprojektes HyGlass, an dem neben dem BV Glas das **Gas- und Wärme-Institut Essen** beteiligt ist. Das Projekt, das zeitlich und räumlich auf die Glasstandorte in Nordrhein-Westfalen begrenzt ist, untersucht dabei konkret die Auswirkungen verschiedener Wasserstoffbeimischungsraten bis hin zu 100 Prozent auf Emissionen, Schadstoffe, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit wie aber auch auf die Produktqualität des Glases selbst. Erste Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung und Attraktivität von grünem Wasserstoff als Option zur Dekarbonisierung der Glasindustrie, zeigen aber auch auf, dass es mit höheren Wasserstoff-Konzentrationen zu erheblichen, aber technisch beherrschbaren Veränderungen der Anlageneigenschaften und Auswirkungen auf physikalische Größen wie lokale Flammentemperaturen und NO_x-Emissionen kommt.

Impressum

Die vorliegende Veröffentlichung entstand auf Basis der Webinarreihe „Im Fokus: Wasserstoff“, die der VAIS e.V. im Februar 2021 ins Leben gerufen hat. Wir danken den Vortragenden aus den folgenden Unternehmen für die fachliche Unterstützung:

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

BVG Bundesverband Glasindustrie e.V.

DWV Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband e.V.

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

evety GmbH

Evonik Operations GmbH

Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

H-TEC SYSTEMS GmbH

Open Grid Europe GmbH

SCHOTT AG

Sunfire GmbH

thyssenkrupp Steel Europe AG

thyssenkrupp Uhde Chlorine Engineers GmbH

Uniper SE

VCI Verband der Chemischen Industrie e.V.

Verband der kommunalen Unternehmen VKU

Westnetz GmbH

Wirtschaftsvereinigung Stahl (WV Stahl)

Programm und Vortragsunterlagen zu der Webinarreihe können über die VAIS-Webseite www.vais.de eingesehen und in der VAIS-Geschäftsstelle angefordert werden.

Herausgeber: VAIS e.V.

Redaktion: Dr. Dietmar Kestner (verantwortlich), Arne Harrendorf

Redaktionsmanagement: Linda Kaiser

Autorinnen und Autoren: Prof. Dr.-Ing. Klaus Görner, Dr. Jens Reichel, Dr.-Ing. Dietmar Kestner, Arne Harrendorf, Linda Kaiser

Layout: Arne Harrendorf

Druck: Karin Weeland

Bezug: VAIS e.V., Sternstraße 36, 40479 Düsseldorf, www.vais.de

Copyright 2021 by VAIS e.V., Düsseldorf



VAIS Verband für Anlagentechnik
und IndustrieService e.V.

Sternstraße 36
40479 Düsseldorf

T: +49 211 4 98 70-0
F: +49 211 4 98 70-36
info@vais.de
www.vais.de

Menschen bewegen Industrie