



Innovationen made in NRW Power-to-X





Inhalt

Vorwort Prof. Dr. Andreas Pinkwart	4
Vorwort Wolf D. Meier-Scheuven	5
Maschinen- und Anlagenbau ist Treiber der Energiewende VDMA Arbeitsgemeinschaft P2X4A	6
Kompressoren für die Verdichtung von Wasserstoff NEUMAN & ESSER GROUP	8
Mit tkH2steel nachhaltig in die Zukunft thyssenkrupp Steel Europe AG	10
Mit Wasserstoff, Ammoniak und synthetischem Methan umwelt- und klimafreundlich in die Zukunft ZBT GmbH – Zentrum für Brennstoffzellen Technik GmbH	12
Der Startschuss für eine Wasserstoffwirtschaft in Deutschland Open Grid Europe GmbH	14
Neue Perspektiven durch Power-to-X Mitsubishi Power Europe GmbH	17
Nachhaltige Kraftstoffe aus Luft und Wasser Climeworks Deutschland GmbH	20
Hochtemperaturfest – gasdicht – ultrakompakt Hülsenbusch Apparatebau GmbH & Co. KG	22
Kann Nordrhein-Westfalen ein Power-to-X-Pionier werden? MAN Energy Solutions SE	24
Saubere Verbrennung mit Wasserstoffbrenner GoGaS Goch GmbH & Co. KG	26
Hier.Heute.H2 KOMPETENZREGION WASSERSTOFF Düssel.Rhein.Wupper	28
Impressum	30



③: MWIDE NRW/E. Lichtenscheid



Prof. Dr. Andreas Pinkwart Minister für Wirtschaft Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

Liebe Unternehmerinnen. liebe Unternehmer,

Power-to-X-Technologien bergen ein enormes Potenzial, das gerade im Industrie- und Energieland Nordrhein-Westfalen gehoben werden muss. Sie sind ein wichtiger Baustein auf unserem Weg, für den wir uns ein ambitioniertes Ziel gesetzt haben: Nordrhein-Westfalen soll zur modernsten, klima- und umweltfreundlichsten Industrieregion Europas werden.

Im Rahmen der großen Transformationsaufgaben, die Energiewende, Sektorenkopplung und ressourcenschonendere Produktion an Industrie und Energiewirtschaft stellen, kommt Power-to-X eine erhebliche Bedeutung zu. Unter Einsatz von mit erneuerbaren Energien erzeugtem Strom können stoffliche Energieträger und Basischemikalien effizient und zeitlich flexibel produziert werden. Diese technologische Kompetenz ist zentral für eine weiterhin wettbewerbsfähige Industrie, die große Energiemengen und zukünftig klimaneutral erzeugte Rohstoffe für ihre Produktionsprozesse benötigt.

Einen wichtigen Beitrag wird der bereits begonnene Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft leisten, den wir als Landesregierung mit unserer Wasserstoff-Roadmap und einer Fülle von Initiativen vorantreiben. Nordrhein-Westfalen soll zur Wasserstoffregion Nummer Eins in Deutschland werden. Eine Region, in der Anwendungen und Technologien für den Energieträger der Zukunft, der ein wesentliches Element von P2X-Anwendungsketten ist, entwickelt werden.

Innovationen in der Industrie unterstützen wir unter anderem mit der Initiative IN4climate.NRW und dem Spitzencluster Industrielle Innovation (SPIN). Mit innovativen Technologieentwicklungen kann Nordrhein-Westfalen Vorreiter werden – als führender Standort von Power-to-X-Anlagen und -Konzepten und damit auch bei Energiewende und Klimaschutz. Aufgrund der starken industriellen Strukturen liegen hier im Bundesvergleich überproportional hohe Marktpotenziale.

Es gilt, diese Chancen zu nutzen und die Innovations- und Transformationskraft unserer Unternehmen zu stärken.

Herzliche Grüße

Prof. Dr. Andreas Pinkwart

. show -



Wolf D. Meier-Scheuven Sprecher des Komnetenznetzes ProduktionNRW

Liebe Leserinnen. liebe Leser.

in allen Industriebranchen werden Anstrengungen zum Klimaschutz unternommen. So auch im Maschinen- und Anlagenbau. Unsere Branche ist eine Schlüsselindustrie für den Klimaschutz. Als größter industrieller Arbeitgeber und Enabler für zahlreiche andere Industrien ist der Maschinen- und Anlagenbau ein branchenübergreifender Treiber für Innovationen – gerade auch mit Blick auf klimaschonende Technologien.

Die klimaneutrale Industrie bietet der Branche die Chance, ihre Lösungen weltweit zu exportieren, neue Märkte und Geschäftsmodelle zu erarbeiten und ihre Position als leistungsstarker Partner auch in diesem Bereich auszubauen. Gleichzeitig ist der Maschinen- und Anlagenbau nicht nur Lösungsanbieter für neue, nachhaltige Energiesysteme, sondern selbst deren Anwender. Begriffe wie "Klimaneutralität", "grüner Wasserstoff", "Sektorenkopplung", "CCU/CCS" oder "Dekarbonisierung" sind momentan in aller Munde. So auch "Power-to-X", das Thema des vorliegenden Innovationsmagazins.

Power-to-X, also die Produktion von synthetischen Brenn- und Kraftstoffen auf der Basis von erneuerbarem Strom, gilt als wichtiger Baustein der Energie- und Verkehrswende. Der Maschinen- und Anlagenbau ist auch auf diesem Gebiet ein wesentlicher Player. Er liefert viele Komponenten, die für eine erfolgreiche Nutzung von Power-to-X notwendig sind: von der Erzeugung erneuerbarer Energien, über Speicherung und Transport bis hin zu den Abnehmern künstlicher Kraftstoffe.

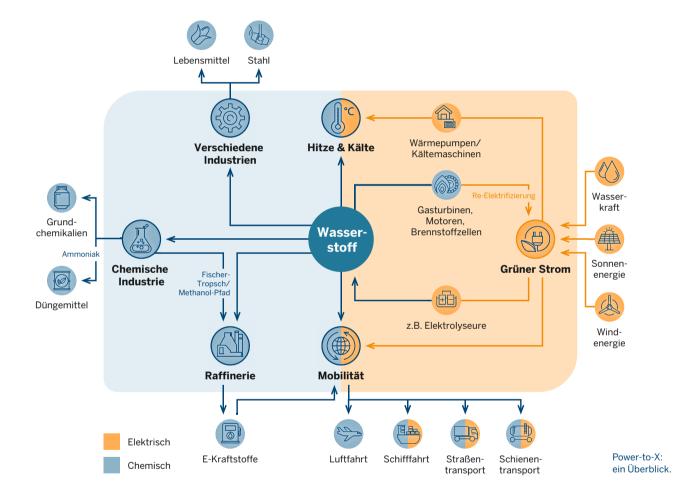
Das Innovationsmagazin stellt nicht nur Anwendungsbeispiele und zukunftsweisende Projekte aus Nordrhein-Westfalen vor, sondern auch die Potenziale entlang der Wertschöpfungskette für die hiesige Branche bei der Umsetzung von Power-to-X-Lösungen.

Den Klimawandel einzudämmen, ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, die wir nur gemeinsam anpacken können. In diesem Sinne: Nutzen Sie unser Netzwerk und profitieren Sie von unserem Netzwerk – für eine positive Klimazukunft!

Wolf D. Meier-Scheuven

Maschinen- und Anlagenbau ist Treiber der Energiewende

Der Maschinen- und Anlagenbau als Technologieanbieter spielt eine herausragende Rolle, wenn es darum geht, die vereinbarten Klimaziele auch tatsächlich zu erreichen.



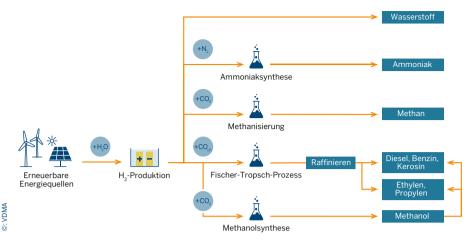
Auf globaler, auf europäischer wie auf nationaler Ebene geht es stets um einen Dreiklang: um den weiteren Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, um die Steigerung der Energieeffizienz und um effektive Sektorkopplung.

In allen drei Bereichen leistet der Maschinenbau wichtige Beiträge. Insbesondere im Flug-, Schiffs- und Straßen-

güterverkehr sowie für Baumaschinen und in der Landtechnik werden auch langfristig flüssige und gasförmige Kraftstoffe benötigt. Wasserstoff kann dabei direkt eingesetzt oder weiterverarbeitet, etwa als E-Fuel, verwendet werden. In industriellen Anwendungen, wie zum Beispiel in der Stahlindustrie, können Produktionsprozesse mittels Wasserstoff klimaneutral gestaltet

werden. Im Energiesektor dienen Wasserstoff oder Wasserstoffderivate wie künstliches Gas dazu, flexible Stromerzeuger als Puffer für Wind- und Sonnenenergie ebenfalls zu defossilisieren.

Power-to-X, kurz P2X, das zentrale Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff und daraus abgeleiteten Folgeprodukten, ist also ein zentraler Bau-



Power-to-X: Produktion und Produkte.

stein. Ohne ihn ist globaler Klimaschutz kaum umsetzbar. Mit dem Schritt in die großtechnische Anwendung ergeben sich für P2X, die Industrie und den Maschinenbau herausragende Chancen. Insbesondere mittelständische Unternehmen könnten als Anbieter von P2X-Technologien und -Anlagen von einem schnellen internationalen Markthochlauf profitieren. Entscheidend ist. ob es nun gelingt, die deutsche Technologieführerschaft für P2X-Anlagen zu etablieren und in Exporterfolge umzumünzen. Dazu müssen in Deutschland bzw. Europa schnell die Rahmenbedingungen geschaffen, P2X-Projekte im industriellen Maßstab realisiert und ein Abnehmermarkt geschaffen werden.

Rahmenbedingungen schaffen, Chancen nutzen

P2X ist reif für den Einsatz in der Praxis. Das hat die Politik erkannt und mit der Nationalen Wasserstoffstrategie in Deutschland bzw. der Europäischen Wasserstoffstrategie in Brüssel wichtige Weichen gestellt, damit die klimapolitische Bedeutung von P2X praktisch realisiert werden kann. Auch zahlreiche andere Länder haben eigene Strategien verabschiedet oder stehen kurz davor. Für Europa gilt: Eine international wettbewerbsfähige, industrialisierte P2X-Produktion ist realisierbar.

Entsprechend sollte durch die Umsetzung weiterer P2X-Projekte im industriellen Maßstab ein Heimatmarkt geschaffen werden, innerhalb dessen dann die Technologien weiterentwickelt und neue Wertschöpfungsketten im Bereich Wasserstoff etabliert werden können. Derzeit sind P2X-Produkte noch zu teuer, um mit fossilen Rohstoffen zu konkurrieren. Das kann sich mit Anlagen im industriellen Maßstab, niedrigeren Stromkosten, einem Kapazitätsausbau bei den erneuerbaren Energien und einem passenden ordnungspolitischen Rahmen schnell ändern.

Damit sich ein echter Markt für P2X entwickeln kann, brauchen wir faire Rahmenbedingungen und marktbasierte Regeln. Hierzu gehört, möglichst viele Sektoren teilhaben zu lassen. Ein teilweiser oder völliger Ausschluss einzelner Bereiche bei der Nutzung von Wasserstoff und P2X-Technologien wäre kontraproduktiv, denn mit der Zahl der Anwendungsmöglichkeiten wächst auch die Nachfrage und sinken, dank größerer Produktionsvolumina, die Herstellungskosten. Wichtig ist zudem ein relevanter CO₂-Preis. Der Maschinenbau spricht sich klar für eine aufkommensneutrale CO2-Bepreisung aus. Energieträger, die CO₂-intensiver sind, sollten teurer sein als die klima-

freundlichen Pendants. Das wäre ein durch und durch marktwirtschaftlicher Anreiz, künftig mehr klimafreundliche Energieträger zu nutzen, weniger fossile Rohstoffe zu verbrauchen und weniger CO₂ zu emittieren – über alle Anwendungsfelder hinweg, von der Mobilität über Gebäudenutzung bis hin zur Stahlerzeugung.

Die Arbeitsgemeinschaft (AG) **Power-to-X for Applications**

Die VDMA AG Power-to-X for Applications (P2X4A) ist die zentrale, branchenübergreifende Informations-, Kommunikations- und Kooperationsplattform für die P2X-Community. Sie wächst rasant - aktuell zählt sie über 110 Mitglieder - und bindet alle wichtigen Stakeholder und Akteure von der Entwicklung der Fertigungsverfahren, über die Herstellung synthetischer Kraft- und Rohstoffe mittels P2X-Technologien, bis hin zum Endabnehmer ein. Mit unseren Aktivitäten fördern wir einen ganzheitlichen, technologieoffenen Ansatz für die Transformation von Energiesystemen und schärfen das Bewusstsein in Politik und Öffentlichkeit für umweltverträgliche Energienutzung und Mobilität. Wir sind fest davon überzeugt, dass P2X den vielversprechendsten Ansatz bietet, regenerativ erzeugten Strom in andere Energieformen zu überführen und so langfristig aus der Nutzung fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Gas auszusteigen.

Peter Müller-Baum Geschäftsführer VDMA e.V. Power-to-X for Applications (P2X4A) Frankfurt https://p2x4a.vdma.org

Kompressoren für die Verdichtung von Wasserstoff

Immer wenn Wasserstoff (H₂) verdichtet, transportiert oder gespeichert werden muss, geht es nicht ohne Kompressoren.



Bei der Energiewende steht unter dem Schlagwort Power-to-X insbesondere der Einsatz von grünem Wasserstoff im Fokus. Dieser wird hauptsächlich in Elektrolyseuren im Power-to-Gas-Verfahren für den Transport, für industrielle Prozesse und als Energiespeicher erzeugt. Die NEUMAN & ESSER GROUP (NEA) kann zahlreiche Referenzen in den Anwendungsbereichen Mobilität (H₂-Tankstellen), Industrie und der Stromerzeugung mittels Brennstoffzelle, die über diese Infrastruktur versorgt werden, aufweisen.

Kompressoren für die Wasserstoffeinspeisung

Für die Versorgung mit Wasserstoff werden neben speziell für den Wasserstofftransport gebauten Pipelines, die sich durch enorme Energietransportfähigkeit auszeichnen, auch bestehende Erdgasleitungsnetze genutzt. Viele große Erdgasleitungen haben einen Nenndruck von bis zu 100 bar und werden zumeist bei etwa 70 bis 85 bar betrieben. Kleinere regionale Erdgasleitungen arbeiten häufig mit 20 bis 30 bar.

Mit zwei einstufigen Membrankompressoren (MKZ) von HOFER, der Premiummarke von NEA für Hochdrucktechnik, ist das Unternehmen an der ersten Anlage der Schleswig-Holstein Netz AG beteiligt, die in Brunsbüttel grünen Wasserstoff in das Erdgasnetz einspeist. Vor der Einspeisung wird getestet, ob die Anforderungen an Reinheit und Feuchtigkeit erfüllt sind. Derzeit liegen die Grenzwerte für die Wasserstoffkonzentration bei bis zu zehn Volumenprozent. Zusätzlich werden diese Messungen verwendet, um sicherzustellen, dass der Heizwert des resultierenden Gasgemisches innerhalb der Pipeline der Gasspezifikation entspricht. HOFER-Membrankompressoren gewährleisten in Brunsbüttel die öl-, leckage- und abriebfreie Verdichtung für höchste Produktreinheit.

Verdichteranlage auf dem größten Kavernenfeld Europas

Auch die Speicherfähigkeit von Kavernen in Salzstöcken ist enorm. Eine durchschnittliche Kaverne mit 60 Metern Durchmesser, 300 Metern Höhe und 175 bar Fülldruck speichert 100 Millionen Normkubikmeter Arbeitsgas. Handelt es sich dabei um Wasserstoff, entspricht dies einer Energiemenge

von 300 Gigawattstunden, die zum Heizen, zur Stahlproduktion, für Mobilität und/oder zur Rückumwandlung in Elektrizität verwendet werden kann. Ein Kavernenspeicher besteht aus mehreren Kavernen.

Bereits seit 2008 tragen NEA-Kolbenverdichter erfolgreich zur Ein- und Ausspeicherung von Erdgas auf dem Kavernenfeld von Epe im westfälischen Gronau bei. Zusammen mit dem deutschen Gasspeicherbetreiber Trianel erarbeitete NEA ein innovatives Anlagenkonzept für Kompressoren für die zweite Ausbaustufe der Gasspeicherung. Das gesamte Arbeitsgasvolumen der Kavernen umfasst 240 Millionen Kubikmeter. Für das Kavernenfeld in Epe wurde ein sechskurbeliger Verdichter der Baugröße 320 mit 700 Kilonewton Stangenkraft für ein zuverlässiges und ökonomisches Gesamtkonzept maßgeschneidert.

Abfüllung von Wasserstoff

Eine weitere Methode zur Speicherung und zum Transport von Wasserstoff ist die Abfüllung in Druckbehälter, die teilweise als Flaschenbatterien oder Tube Trailer auch für den Transport genutzt werden können.

Für Anwendungen mit 250 bar Befülldruck werden zumeist zwei- bis dreistufige Trockenlauf-Kolbenverdichter (TKH) verwendet; bei Druckspeichern und Trailern mit über 300 bar Befülldruck häufig Membrankompressoren, die eine komplett gasdichte Komprimierung der Qualität 5.0 ermöglichen.

Für die Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) ist in Lamtakong ein zweistufiger Membrankompressor im Einsatz. Dort hat EGAT ein Pumpspeicherkraftwerk mit einer Spitzenlast von 1.000 Megawatt modernisiert. Zur Stromerzeugung wird Wasser in Turbinen geleitet, die sich 350 Meter unter dem Wasserspiegel eines Reservoirs befinden. Teil der Modernisierung ist ein PEM*-Elektrolyseur, in dem der erzeugte Strom in Wasserstoff und Sauerstoff umgewandelt werden kann. Dieser grüne Wasserstoff, der dann in Flaschenbatterien gespeichert wird, dient als Energieträger für ein Brennstoffzellensystem, das ein öffentliches Lernzentrum für Stromerzeugungsund Speichertechnologien versorgt.

Role Model Südkorea

Auch in der Mobilität ist Wasserstoff ein großes Zukunftsthema. An Wasser-

stofftankstellen werden Brennstoffzellenfahrzeuge mit gasförmigem Wasserstoff betankt. Für diese Betankung sind Drücke von bis zu 1.000 bar notwendig, die Verdichtung muss ohne Gasunreinheiten und Abrasion erfolgen. Zudem muss der Kompressor ölfrei und leckagefrei arbeiten. Abhängig vom geförderten Volumenstrom und der Betriebsweise ist entweder der 2-stufige hydraulisch angetriebene Kolbenkompressor oder der Membranverdichter die ideale Lösung.

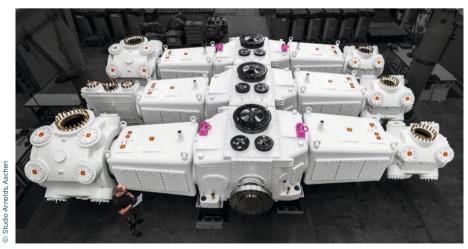
Mit der "Hydrogen Economy Roadmap of Korea" strebt Südkorea bis 2040 die Produktion von 6,2 Millionen Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen und den Ersatz von 40.000 Bussen und 80.000 Taxen durch H₂-betriebene Fahrzeuge sowie den Betrieb von 30.000 Brennstoffzellen-Lkw an. Damit nimmt Südkorea mit Deutschland eine Spitzenreiterposition in der H₂-Mobilität ein.

Seit mehr als 80 Jahren bedient NEA mit API-618-konformen Kompressoranlagen Prozesse bei der Verdichtung von technischen Gasen, insbesondere bei H2 und H2-Mischgasen. Mit der Erweiterung des Portfolios wird die gegenwärtige Transformation des auf fossilen Brennstoffen basierenden Ölund Gassektors zu einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft mit grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energien unterstützt.



Thorsten Vierbuchen Technischer Redakteur

NEUMAN & ESSER GROUP Übach-Palenberg www.neuman-esser.de



6-kurbeliger Kolbenkompressor, liegend.

^{*} Polymerelektrolytmembran

Mit tkH2steel nachhaltig in die Zukunft

Innovatives Konzept zur Integration einer wasserstoffbasierten Direktreduktionsanlage für 1,2 Millionen Tonnen Elektro-Roheisen in ein bestehendes Hüttenwerk – Wie kann effizienter Kapitaleinsatz durch innovativen Anlagenbau zu effektivem Klimaschutz führen?

thyssenkrupp Steel Europe (tkSE) ist ein typisches integriertes Hüttenwerk, auf dem in Duisburg rund 10 Millionen Tonnen Stahl aus Eisenerz pro Jahr erzeugt werden – damit verbunden auch rund 20 Millionen Tonnen CO₂. Um das Eisenerz (Eisenoxid) zu reduzieren, wird Kohlenstoff eingesetzt, der den Sauerstoff vom Eisenerz abspaltet. Hieraus entsteht letztendlich Kohlendioxid und damit eine erhebliche Treibhausgasbelastung. Dieses Verfahren steht für fast 80 Prozent der Weltstahlproduktion von insgesamt 1,8 Milliarden Tonnen

jährlich. thyssenkrupp Steel zeichnet sich dabei durch besonders hochwertige Stahlgüten aus und ist damit ein wichtiger Eckpfeiler hochwertiger Wertschöpfungsketten in Nordrhein-Westfalen, Deutschland und Europa.

Diese Position will thyssenkrupp Steel auch in Zukunft beibehalten, dabei allerdings die Klimabelastung deutlich reduzieren. Auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität im Jahr 2050 sollen bereits 2030 30 Prozent der heutigen Emissionen eingespart sein und dabei gleich-

zeitig den Kunden signifikante Mengen an grünem Stahl zur Verfügung stehen. Damit sichert thyssenkrupp Steel den Industriestandort Nordrhein-Westfalen und die damit verbundenen Wertschöpfungsketten samt ihrer hochwertigen Industriearbeitsplätze.

Wie sieht der Transformationspfad tkH2steel aus?

Die klassische Route basiert auf einem Hochofen, in dem im Gegenstromprinzip oben Eisenerz und Koks sowie unten Luft und Einblaskohle zugeführt

Direktreduktionsanlage mit Einschmelzer

Kernstück der Transformation:
 Direktreduktionsanlage mit Einschmelzer erzeugt "Elektro-Roheisen"

Klassischer Hochofen

Recycling-Prozessgas Verwendung Prozessgas Prozessgas Möller Erz-/ Koks, Möller (Pellets, Sinter, Stückerz) Pelletzufuhr Vorheizzone Wind (O2, N2) Reduktionsgas (Wasserstoff, im Übergang Erdgas) Reduktions-Indirekte Reduktion: Prozessgas Wasserstoff: zone Fe₂O₃ + 3CO → 2Fe + 3CO₂ Fe₂O₃ + 3H₂ → 2Fe + 3H₂O Direkte Reduktion: Prozessgas Erdgas: Aufkohlungs- $Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO$ Fe₂O₃ + ¾ CH4 → 2 Fe + ¾ CO₂ + ¾ H₂O zone Schmelzzone Strom (erneuerbar) flüssiges Eisen, Schlacke Abstich flüssiges Eisen, Schlacke

Vergleich Hochofen und Direktreduktionsanlage mit Einschmelzer.



Das tkH2steel-Konzept wurde am 28. September 2020 in Duisburg vorgestellt (von links) NRW-Ministerpräsident Armin Laschet Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier Vorstandsvorsitzende der thyssenkrupp AG Martina Merz und Vorstandssprecher der thyssenkrupp Steel Europe AG Bernhard Osburg.

werden. Heißluft bildet zusammen mit dem Kohlenstoff aus Koks und Kohle Reaktionsgase, die aufsteigen und im Oberofen das Eisenerz zu Eisen reduzieren. Dieses reduzierte Eisen wird im Unterofen zu Roheisen aufgeschmolzen. Aus dem flüssigen Roheisen können alle Reinheitsgrade und Qualitäten durch metallurgische Behandlung im Stahlwerk erzeugt werden.

Um das Entstehen von Treibhausgasen zu vermeiden, muss der Kohlenstoff durch andere Reduktionsmittel ersetzt werden. Perspektivisch soll dies grüner Wasserstoff werden, während in der Übergangsphase gegebenenfalls Erdgas verwendet wird. Kohlenstoff vollständig durch Wasserstoff (H2) als Reduktionsmittel zu ersetzen ist in einem Hochofen nicht möglich, da Koks entscheidend zur mechanischen Stabilität der sogenannten Möllersäule (Eisenerz und Zuschlagstoffe) im Ofen beiträgt.

Es gibt Direktreduktionsanlagen (DR-Anlagen), in denen das Eisenerz mit Erdgas statt mit Kohle und Koks nach demselben Wirkmechanismus reduziert wird: aufsteigendes Erdgas (CH₄) spaltet sich in H₂ und CO und reduziert das Eisenerz. Damit ist Erdgas ein wichtiger Schritt zur Wasserstoffmetallurgie. Das Eisenerz wird in der DR-Anlage im festen Zustand reduziert und nicht aufgeschmolzen. Traditionell wird das erzeugte DRI (Direct Reduced Iron - direkt reduziertes Eisen) in Elektrolichtbogenöfen (EAF) aufgeschmolzen, wo metallurgisch bedingt nur ein Teil des heutigen Gütenspektrums erzeugt wird. So sind zum Beispiel die für die Energiewende und den Klimaschutz entscheidenden Produkte wie Elektrobleche als Grundlage der Elektrifizierung bisher der Hochofenroute vorbehalten.

Hieraus ergeben sich zwei Herausforderungen für den Prozess: Zum einen braucht man DR-Anlagen, die nicht nur mit Erdgas, sondern auch mit 100 Prozent H2 arbeiten, um Kohlenstoff völlig zu eliminieren. Gleichzeitig bildet die DR-Anlage nur den Oberofen des Hochofens ab: es fehlt der Unterofen und das flüssige Roheisen zur Erzeugung aller Güten.

Der innovative Weg von thyssenkrupp Steel ist die Koppelung der DR-Anlage mit einem nachgeschalteten neuartigen Einschmelzer. Dieser übernimmt die Funktion des Unterofens, sodass ein technologisch völlig gleichwertiges flüssiges "Elektro-Roheisen" allerdings mit deutlich geringeren CO₂-Emissionen – entsteht, das wie gewohnt in Stahlwerken eingesetzt werden kann. So können die bisherigen Güten weiter hergestellt und die Wertschöpfungsketten unbeeinträchtigt versorgt werden.

Wo liegen die Hürden?

Diese dargestellte Transformation ist eine enorme Herausforderung, Weder ist bisher im großtechnischen Dauereinsatz Wasserstoff genutzt worden, noch ist ein solcher Einschmelzer bisher in der Stahlindustrie betrieben worden. Kleinere Varianten sind allerdings in der Nichteisenmetallurgie Standard.

Auch die technologisch und betriebswirtschaftlich sinnvolle Integration der neuen Anlage in eine bestehende Werkinfrastruktur ist eine Herausforderung, zugleich aber eine große Chance für den Anlagenbau. Dieser kann so die Transformation der Stahlindustrie mit innovativen Konzepten begleiten.

Der Kapitalbedarf ist erheblich. Neben milliardenschweren Investitionen sind es vor allem die laufenden Betriebskosten, die noch auf Jahre höher als bei der klassischen Hochofenroute liegen werden. Entsprechende Förderprogramme und regulatorische Rahmenbedingungen können aber diese Zukunft bereits heute in Nordrhein-Westfalen Wirklichkeit werden lassen. Das war auch die Botschaft von Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier und NRW-Ministerpräsident Armin Laschet bei ihrem Besuch am 28. September 2020 in Duisburg, bei dem dieses zukunftsweisende Konzept tkH2steel vorgestellt wurde.

Dr.-Ing. Hans-Jörn Weddige **Head of Climate Funds Strategy** thyssenkrupp Steel Europe AG Duisburg www.thyssenkrupp-steel.com

Mit Wasserstoff, Ammoniak und synthetischem Methan umwelt- und klimafreundlich in die Zukunft

Unsere Mobilität und unsere Energieversorgung stehen vor einem tiefgreifenden Wandel: Saubere, am besten C-freie, mindestens aber CO₂-neutrale Energieträger sind notwendig für eine umwelt- und klimafreundliche Energiewelt. Das Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH, ZBT, stellt sich den technologischen Herausforderungen bei der Herstellung und Nutzung dieser Energieträger.



Auf dem Wasserstofftestfeld am ZBT werden Elektrolysesysteme und Komponenten für Wasserstofftankstellen erprobt.

Unsere Energiewelt wird sich verändern. Von fossilen Energieträgern werden wir zu künstlichen, aus erneuerbaren Quellen produzierten Brenn- und Kraftstoffen wechseln. Unter dem Begriff "Power to X" lassen sich verschiedene Prozessrouten mit vielen möglichen Produkten zusammenfassen: Das ZBT entwickelt hierfür die Technologien zur Wasserstofferzeugung, zur Herstellung von Methan sowie zur Synthese und Umwandlung von Ammoniak. Diese Stoffe lassen sich in der Mobilität als Kraftstoffe, in der Industrie als Rohstoffe sowie als Brennstoffe zur Strom- und Wärmeerzeugung verwenden.

Elektrolyse im großen Maßstab

Die Elektrolyse von Wasser zu Sauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂) ist ein seit Jahrzehnten bekannter Prozess. Der Betrieb mit fluktuierender, regenerativ erzeugter elektrischer Energie stellt die Technologie jedoch vor neue

Herausforderungen. In den aktuell diskutierten Anwendungsszenarien sind Investitionskosten, Effizienz, Stabilität und Wartungsaufwand wichtige Bewertungskriterien, auf deren Basis die Auswahl geeigneter Technologien erfolgt. Im Projekt Carbon2Chem® wurde am ZBT mit Förderung des BMBF ein Versuchsfeld für unterschiedliche Elektrolysetechnologien aufgebaut. Ein alkalisches, ein PEM- und ein SOEC-System wurden dort mit dem Ziel installiert,

Bewertungsparameter im dynamischen Betrieb zu ermitteln. Die Elektrolysesysteme stellen reinen Wasserstoff (5.0) in einem Druckbereich zwischen 10 und 35 bar zur Verfügung.

Infrastruktur der Tankstellen testen

Wasserstoff als Kraftstoff für die Mobilität erfordert den Aufbau eines flächendeckenden Tankstellennetzes. In Deutschland sind derzeit 85 Tankstellen in Betrieb. Die Wasserstoffabgabe an diesen Tankstellen ist jedoch noch energieintensiv und der apparative Aufbau komplex. Mit dem Ziel der Entwicklung und Erprobung optimierter Prozesse und Komponenten sowie innovativer Tankstellenkonzepte wurde in dem vom BMWi geförderten Projekt "H2TestOpt" eine Testplattform für Wasserstofftankstellen ausgelegt und aufgebaut.

Das Testfeld umfasst unter anderem 480, 500 und 900 bar Speichertanks unterschiedlicher Tanktypen, einen Kompressor zur Verdichtung auf die Druckniveaus bzw. zur Boosterbetankung sowie verschiedene Vorkühlverfahren. Darüber hinaus gibt es zwei Dispenser, jeweils mit Abgabe von Wasserstoff bei 350 und 700 bar, eine Leitwarte und einen Prüfraum zur Qualifizierung von Komponenten wie Ventile, Sensoren etc.

Synthetisches Methan

Auch regenerativ hergestelltes Methan wird neben dem Einsatz von reinem Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem eine große Rolle spielen. Gründe dafür sind die Weiternutzung bestehender Infrastrukturen und Endanwendertechnologien sowie die Flexibilisierung des zunehmend regenerativen Energiesystems.

ZBT erforscht im Auftrag des Landes Nordrhein-Westfalen im Virtuellen Ins-



Testung von Elektrolysestapeln im ZBT-Labor.

titut - Strom zu Gas und Wärme - die Herstellung von Methan aus Wasserstoff und Kohlendioxid in einer eigens entwickelten Demonstrationsanlage. Dabei wird die Anlage, die den Prozess der katalytischen Methanisierung nutzt und ein einspeisefähiges Erdgassubstitut (SNG) produziert, unter realistischen Lastprofilen betrieben, um Optimierungsansätze zur Steigerung der Anlagenflexibilität, Robustheit und Lebensdauer zu erarbeiten und technisch umzusetzen.

Ammoniak als C-freier Energieträger

Ammoniak wird als kohlenstofffreier Träger großer Wasserstoffmengen diskutiert und besitzt großes Potenzial als Brenn- und Kraftstoff für Anwendungen mit hohem Energiebedarf. Dabei rücken sowohl mobile Anwendungen wie die Schiff- und Luftfahrt als auch stationäre Anwendungen zur Stromund Wärmeversorgung in den Fokus. Für den Betrieb von Brennstoffzellen, Motoren und Gasturbinen nimmt die Wasserstofferzeugung aus Ammoniak eine Schlüsselposition ein. Im Projekt "NH3toH2" wird mit Förderung des Landes Nordrhein-Westfalen und der EU ein Ammoniak-Cracker zur Erzeu-

gung eines wasserstoffreichen Gasgemischs für den Einsatz in stationären Brennstoffzellensystemen weiterentwickelt.

Die vorgestellten Projekte geben einen kleinen Einblick in die Vielfältigkeit der Technologien, die in Zukunft für die Wandlung unseres Energie- und Rohstoffsystems zum Einsatz kommen müssen. Die Bandbreite, mit der der Maschinen- und Anlagenbau daran partizipieren kann, erstreckt sich von der Zulieferung spezieller Fertigungsmaschinen bis zum Aufbau komplexer Erzeugungs- und Umwandlungsanlagen für Wasserstoff, Methan, Ammoniak oder andere Energieträger und Produkte. Als unabhängiges Forschungsinstitut unterstützt das ZBT als Knowhow-Träger in diesem Themenfeld die Industrie bei der Entwicklung neuer Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen kompetent.

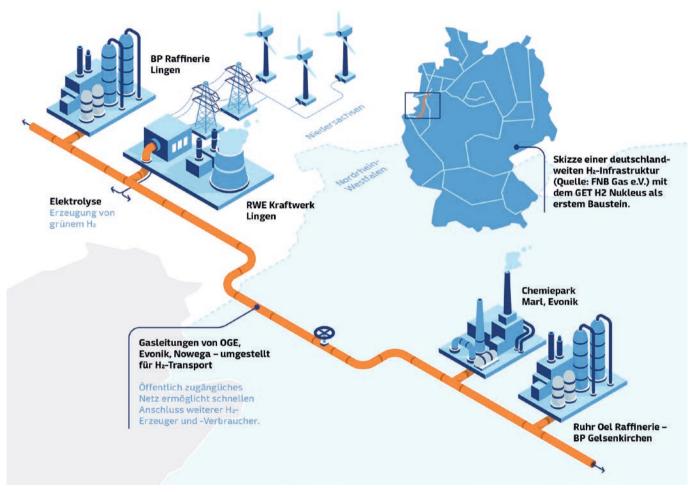
Michael Steffen

Abteilungsleiter Energieträger und Prozesse Zentrum für Brennstoffzellen-Technik GmbH Duisburg

www.zbt.de

Der Startschuss für eine Wasserstoffwirtschaft in Deutschland

Der Fernleitungsnetzbetreiber für Erdgas, Open Grid Europe GmbH (OGE) mit Sitz in Essen, hat bereits begonnen, mit innovativen Wasserstofflösungen und -projekten zum Gelingen der Energiewende beizutragen.



Skizze der deutschlandweiten H₂-Infrastruktur mit dem Get H2 Nukleus als erstem Baustein.

Wasserstoff ist der Schlüssel für das Gelingen der Energiewende. Spätestens mit der verabschiedeten Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) der Bundesregierung ist das offensichtlich. Wer (grünen) Wasserstoff jedoch zuverlässig und in den geforderten (Industrie-) Mengen herstellen will, benötigt dazu den entsprechenden Windund Sonnenstrom. Hierzu müsste also der heimische Ausbau der erneuerbaren Energien wieder Fahrt aufnehmen.

Dafür sieht die Bundesregierung im Detail bis 2030 einen Wasserstoffbedarf von circa 90 bis 110 Terrawatt-

stunden vor. Dafür sollen bis zum Jahr 2030 in Deutschland Erzeugungsanlagen von bis zu 5 Gigawattstunden Gesamtleistung, einschließlich der dafür erforderlichen Offshore- und Onshore-Energiegewinnung, entstehen. Für den Zeitraum bis 2035 werden nach Möglichkeit weitere 5 Gigawattstunden

Energiesystem heute

Trotz des Ausbaus von Erneuerbaren Energien speist sich das Energiesystem in Deutschland nach wie vor zu großen Teilen aus nicht regenerativen Quellen.

zugebaut, spätestens jedoch bis 2040. Um den Importbedarf zu decken. sollen zudem europäische und internationale Partnerschaften für eine Wasserstoffwertschöpfungskette geschlossen werden.

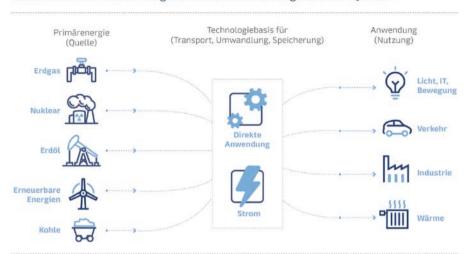
Leistungsfähige Infrastruktur für Wasserstoff

Ein Projektbeispiel dafür ist das Projekt GET H2 Nukleus. Die Projektpartner BP, Evonik, Nowega, OGE und RWE Generation wollen gemeinsam die erste öffentlich zugängliche Wasserstoffinfrastruktur aufbauen. Das Projekt GET H2 Nukleus verbindet die Erzeugung von grünem Wasserstoff mit industriellen Abnehmern in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Ein rund 130 Kilometer langes Netz von Lingen bis Gelsenkirchen soll das erste H₂-Netz im regulierten Bereich mit diskriminierungsfreiem Zugang und transparenten Preisen werden. Diskriminierungsfrei bedeutet, dass jeder Marktteilnehmer gleich behandelt wird. Der grüne Wasserstoff soll im niedersächsischen Lingen aus Windstrom erzeugt werden. Hierzu soll an dem RWE Kraftwerksstandort Lingen eine Elektrolyseanlage mit einer Leistung von mehr als 100 Megawatt errichtet werden.

Entscheidend ist hier, dass die Elemente der Wertschöpfungskette nicht einzeln betrachtet werden, sondern als Ganzes. Produktion, Transport und Verbrauch werden als Einheit gesehen sowie entsprechend geplant und umgesetzt.

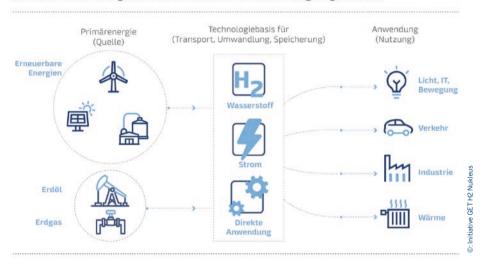
Transport und Speicherung in bestehenden Infrastrukturen

Das Prinzip der Wertschöpfungskette besteht aus vier Schritten:



Energiesystem morgen

Unsere Vision ist es, Wasserstoff als zweite zentrale Technologiebasis zu etablieren. Der Großteil der Energie wird dabei aus Erneuerbaren Energien gewonnen.



Status Quo und Zukunft der Energiesysteme in Deutschland.

- 1. Grüner Wasserstoff wird aus Windstrom am Kraftwerksstandort des RWE im niedersächsischen Lingen über einen Elektrolyseur mit einer Leistung von mehr als 100 Megawatt erzeugt. Es besteht ein Ausbaupotenzial ie nach Abnahmebedarf.
- 2. Bestehende Gasleitungen von Evonik, Nowega und OGE werden auf den Transport von 100 Prozent Wasserstoff umgestellt. Zusätzlich wird es einen Teilneubau von Evonik geben.
- 3. Der Wasserstoff wird über diese Infrastruktur mit insgesamt 130

Kilometern Länge zu den Chemieparks und Raffinerien in Lingen, Marl und Gelsenkirchen transportiert.

4. Der grüne Wasserstoff wird in Produktionsprozessen eingesetzt. Als Folge reduzieren sich die CO₂-Emissionen erheblich.

GET H2 Nukleus als erster Baustein eines deutschlandweiten Wasserstoffnetzes

Mit der Kopplung aus kontinuierlicher Erzeugung von grünem Wasserstoff im industriellen Maßstab, Transport und Speicherung in vorhandener Infrastruktur sowie kontinuierlicher Abnahme durch die Industrie legt der GET H2 Nukleus den Grundstein für eine verlässliche, nachhaltige Wasserstoffwirtschaft in Deutschland. Bereits 2023 sollen die Produktion des grünen Wasserstoffs und die Belieferung der Kunden starten.

Erste Schritte wurden bereits umgesetzt, zum Beispiel die Baufeldvorbereitung und die technische Planung der 100 Megawatt Elektrolyseanlage in Lingen, die Machbarkeitsstudie für die Errichtung einer Wasserstoffeinspeisestation, die Vorbereitung von ersten Maßnahmen zur Umstellung bestehender Erdgasleitungen auf Wasserstoff oder das Vorlegen einer TÜV-Studie für die erste der umzustellenden Leitungen. Als nächster Schritt sind die Anbindung bestehender Kavernenspeicher sowie weiterer H2-Erzeugungen und -Abnehmer bereits angedacht.

Erfreulich ist auch, dass das Projekt Bestandteil einer deutschlandweiten Initiative namens GET H2 ist. Diese Initiative sieht sich als Plattform von Unternehmen, Institutionen, Verbänden und Verwaltungen. Das Ziel der mittlerweile 40 Partner ist der Aufbau einer deutschlandweiten H₂-Infrastruktur. Darüber hinaus wollen alle die Umsetzung der dafür notwendigen regulatorischen Änderungen unterstützen.

Elenor und Optimus

Der Einsatz eines mobilen Verdichters ist eine innovative Technologie innerhalb der Erdgastransportbranche, die nachhaltig zum Umweltschutz und zum verantwortungsbewussten Um-

Der Einsatz eines mobilen Pipeline Verdichters ermöglicht es, den Gasinhalt aus dem betroffenen Sperrabschnitt in einen angrenzenden Abschnitt umzupumpen. Somit werden der Verlust des ungenutzten Erdgases und die Freisetzung des Klimagases vermieden. Die Druckabsenkung erfolgt bis auf minimale Restdrücke.



Die mobilen Verdichter "Elenor" und "Optimus" im Einsatz.

gang mit Primärenergie beiträgt. Ihr Einsatz vermeidet Erdgasverluste und klimaschädliche Methanemissionen

Bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten von Erdgastransportleitungen, wie auch bei der Erstellung von Neuanschlüssen und Netzausbau-Maßnahmen, müssen die betreffenden Pipelineabschnitte häufig außer Betrieb genommen werden. Dies geschieht in der Regel mittels Absperren eines Pipelineabschnittes durch Schließen der Hauptabsperrarmaturen. Der betroffene Sperrabschnitt wird anschlie-Bend druckentspannt und vollständig entgast. Dabei kommt es zur Freisetzung großer Mengen an Erdgas (Methan) in die Atmosphäre.

Dadurch werden bis zu 95 Prozent des Erdgases zur Weiternutzung gesichert und das Klima geschont. Ein mobiler Pipelineverdichter kann einzeln oder in einem hocheffizienten Parallelbetrieb verwendet werden.

Carolin Kielhorn Pressesprecherin Open Grid Europe GmbH Essen www.oge.net

Neue Perspektiven durch Power-to-X

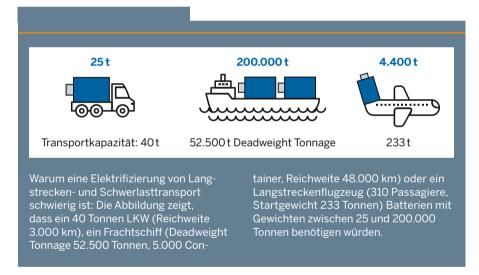
Wie strombasierte synthetische Brennstoffe (E-Fuels) als Energiespeicher zu klimafreundlichen Brückenbauern werden und gleichzeitig erlauben, bewährte Technologien und bestehende Infrastrukturen für ein kosteneffizientes Gesamtsystem zu nutzen.

Obwohl der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtbruttostromverbrauch in Deutschland im Jahr 2019 auf ca. 42,6 Prozent (243 TWhal) angestiegen ist und zukünftig weiterwachsen wird, wird der Speicherung von erneuerbarer Energie insbesondere in Form von Langzeitenergiespeichern eine bedeutende Rolle zukommen, um temporäre Versorgungslücken angesichts der hohen Volatilität von elektrischer Energie aus Wind und Sonne entgegenzuwirken und zur Netzdienstleistung beizutragen.

Es stellt sich die Frage, wie 85,3 Prozent des Gesamtprimärenergiebedarfs bis 2050 klimafreundlich, gesichert und bezahlbar bereitgestellt werden, wenn heute erst circa 14,7 Prozent (2019) durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Eine umfassende, schnelle Elektrifizierung setzt einen umfassenden Ausbau der erneuerbaren Energien und der Stromnetze sowie ausschließlich rein elektrische Anwendungen in allen Sektoren voraus. Allerdings wird dies kaum möglich sein wird. Allein der erforderliche Stromnetzausbau würde am Beispiel von Nord-Süd-Verbindungen wahrscheinlich mindestens 15 Jahre benötigen, ganz abgesehen von der dafür notwendigen gesellschaftliche Akzeptanz.

Mit dem aus erneuerbaren Energien, die aus Wind, Sonne oder Biomasse bestehen, erzeugten Strom wird Wasser per Elektrolyse in Sauerstoff (O2) und Wasserstoff (H₂) gespalten. Entweder wird H₂ als Brennstoff eingesetzt oder aber er wird in einem weiteren Schritt mit Kohlendioxid (CO₂), der aus anderen industriellen, biogenen Prozessen oder der Umgebungsluft kommt, zu synthetischen Brennstoffen wie Methan, Methanol, Benzin oder Kerosin umgewandelt.

Ruhrgebiet und in der Region Leuna-Bitterfeld-Wolfen existieren zur Versorgung der dortigen Chemiestandorte Transportnetze für Wasserstoff. In den Niederlanden will die Gasunie NV stillgelegte Erdgasleitungen für Wasserstoff kosteneffizient und schnell realisierbar als Beitrag zur großskaligen Wasserstoffwirtschaft nutzen, Beson-



Momentan erfolgt die Herstellung in Deutschland nur in geringen Mengen von rund 1.000 Tonnen pro Jahr, etwa in Pilotprojekten wie im norddeutschen Werlte. Benötigt werden großindustrielle Anlagen.

Nutzung bestehender Infrastruktur

Für Wasserstoff oder Methan können bestehende unterirdische Kavernen und Erdgasnetze genutzt werden. Im

ders für reinen Wasserstoff ist die Nutzung solcher Leitungen vorteilhaft. Eine Zumischung zu Erdgas ist möglich, kann aber infolge schwankender Heizwerte zu Problemen zum Beispiel in industriellen Fertigungsprozessen führen.

Wo Erdgasleitungen fehlen und Umrüstmöglichkeiten nicht möglich sind, ist für eine flächendeckende Wasserstoffversorgung ein umfangreicher Neubau von entsprechenden Wasserstoffleitungen erforderlich. Wenn heute Erdgasleitungen neu gebaut oder bestehende Erdgasleitungen in Stand gesetzt werden, werden diese Erdgasleitungen oftmals bereits für einen zukünftigen Einsatz mit Wasserstoff vorbereitet.

Potenziale von Abfall nutzen

Die Kombination von vorhandener thermischer Abfallbehandlung im Rahmen von Power-to-X (P2X) ist eine weitere Option mit großem Investitionspotenzial, zumal circa 50 Prozent des Abfalls als biogen gelten.

In Deutschland sind circa 267.000 Menschen in der Abfallwirtschaft beschäftigt. Das dortige Umsatzvolumen liegt bei circa 70 Milliarden Euro. Mit einem Anteil von mehr als 30 Prozent an der gesamten deutschen Kreislaufwirtschaft und einem Umsatzvolumen von circa 24.5 Milliarden Euro 2016 ist Nordrhein-Westfalen die bedeutendste Region für Kreislaufwirtschaft in Deutschland und hält ein riesiges Potenzial für Investitionen in eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft bereit.

Blick über die Grenzen

Bestandsgaskraftwerke, die für eine nachhaltige und verlässliche Energieversorgung weiterhin wichtig bleiben, können schon heute mit minimalen Investitionen von Erdgas auf Wasserstoff umgerüstet werden. Im niederländischen Projekt H2M beschäftigt sich beispielsweise Mitsubishi Power mit der Umrüstung der Gasturbinen des 1.300 Megawatt Gaskraftwerks Magnum auf 30 Prozent Wasserstoff bis zum Jahr 2025 und anschließend auf eine Umrüstung auf 100 Prozent Wasserstoff.

Bei der Umstellung von Erdgas- auf Wasserstoffbetrieb ist zu beachten, dass Wasserstoff andere Verbrennungseigenschaften als Erdgas hat. Dies erfordert angepasste Verbrennungssysteme, die in der Lage sind, flexibel Gemische aus Erdgas und Wasserstoff möglichst vollständig, ohne Flashback und bei sehr niedrigen Stickoxid-Emissionen zu verbrennen. Ein hoher Gasturbinen- und Kraftwerksgesamtwirkungsgrad, lange Lebensdauer der Bauteile, Wartungsfreundlichkeit und minimale Umrüstungskosten sind weitere wichtige Voraussetzungen, um einen wirtschaftlichen Erfolg zu ermöglichen.

Durch die Regional Greenhouse Gas Initiative sind in den USA Projekte wie das Advanced Clean Energy Storage in

klimafreundliche Energieversorgung mit elektrischer Leistung von bis zu 840 Megawatt um.

Mittelfristig wird für eine flächendeckende Versorgung in Europa blauer Wasserstoff aufgrund seiner um bis 40 Prozent niedrigeren Herstellungskosten (AURORA Studie 2020) und seiner Verfügbarkeit grünen Wasserstoff ergänzen. Das schafft Anreize zur Errichtung einer Wasserstoffinfrastruktur, die später von grünem Wasserstoff schrittweise bis 100 Prozent genutzt werden kann.

Komplexe Energiesysteme erfordern Digitalisierung: Gesammelte Daten werden mit künstlicher Intelligenz ana-



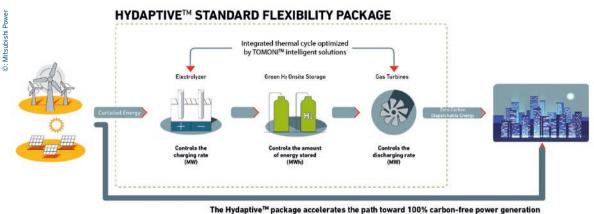


CCU-Demoanlage im Projekt ALIGN CCUS in Niederaußem.

Utah entstanden: Grün erzeugter Wasserstoff soll in bis zu 70 Salzkavernen gespeichert werden. Eine Kaverne speichert Wasserstoff zur Stromerzeugung von bis zu 100 Gigawattstunden. Langzeitenergiepeicherung ist über Monate hinweg möglich.

Ab 2025 rüstet Mitsubishi Power ebenfalls in Utah - auch das Kohlekraftwerk der Intermountain Power Agency auf Erdgas und schrittweise auf 100 Prozent Wasserstoff für eine lysiert, um das Zusammenspiel zwischen Erzeugung, Speicherung und Verbrauch zu optimieren. Tomoni™, als eine solche digitale Lösung, ist ein Bestandteil des Hydaptive™ Standard Flexibility Package von Mitsubishi Power. Es soll beispielsweise in Großprojekten der Kraftwerke Danskammer Energy (New York) oder EmberClear (Ohio) eingesetzt werden.

Zur Bereitstellung von CO2 steht heute Abscheidetechnologie, wie die von



Technology adapts as the grid needs larger amounts of energy storage

- Standard packages reduce the cost and complexity of decarbonization
- Integrated technology adds flexibility to existing dispatchable power generation

Hydaptive™ Standard Flexibility Package von Mitsubishi Power.

Mitsubishi Heavy Industries in Petra Nova (Texas) mit fast 5.000 Tonnen pro Tag bereit: Es ist die weltweit größte kommerzielle Anlage.

Energie- und klimafreundliches Europa

An der stofflichen Nutzung von Kohlendioxid wird international intensiv gearbeitet, so zum Beispiel im Projekt ALIGN-CCUS (Accelerating Low-Carbon Industrial Growth through Carbon Capture Use and Storage), das bis November 2020 lief und an dem sich 30 Industrieunternehmen und Forschungsinstitute aus fünf Ländern beteiligt hatten. Am Standort Niederaußem wurde beispielsweise eine vollständige CCU-Kette unter anderem mit dem Ziel aufgebaut, Dimethylether herzustellen. Es kann Diesel und LPG ersetzen und als Vorstufe zur Olefinund Kerosinsynthese dienen.

Europa wird wahrscheinlich seinen Primärenergiebedarf klimafreundlich und ohne den Import erneuerbarer Energien in Form von E-Fuels – transportiert in Pipelines und mit Schiffen - kaum decken können. Mit einem globalen Marktvolumen für E-Fuels von bis zu 41.000 Terrawattstunden gemäß dem Weltenenergierat Deutschland 2018 kann ein Elektrolysebedarf von bis zu 6.000 Gigawatt entstehen. Allein der US-Markt für Wasserstoff wird vom Wirtschaftsmagazin Forbes bis zum Jahr 2050 auf bis zu 170 Milliarden US-Dollar jährlich geschätzt.

Lernen aus "first-of-its-kind"-Anlagen

Power-to-X eröffnet Chancen für den Maschinen-und Anlagenbau: Es werden Elektrolyseure, Rohrleitungen, Armaturen, neue Werkstoffe, Verdichter, Expander, Reaktoren, Gas- und Dampfturbinen, Wärmeübertrager, Brennstoffzellen, Pumpen, Wärmepumpen, Elektrik, Elektronik, Steuerungen, Behälter und noch viel mehr benötigt. Schlüsseltechnologien wie CO2-Abscheidung, Elektrolyse, Aufreinigungsund Syntheseverfahren, Lager- und Transportmöglichkeiten sind oft schon verfügbar.

Aber im Zusammenwirken entstehen oft "First-of-its-Kind"-P2X-Anlagen mit erhöhten technisch-kommerziellen Risiken, die zum "Lessons Learned"-Prozess beitragen. Vor Anwendung eines E-Fuels muss geprüft werden, ob gültige Zulassungsspezifikationen erfüllt werden. Andernfalls sollten früh-

zeitig Regelwerke angepasst werden. Life-Cycle-Analysen sind erforderlich, da monetäre Bewertungsvorgaben von CO₂-Emissionen Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit beeinflussen.

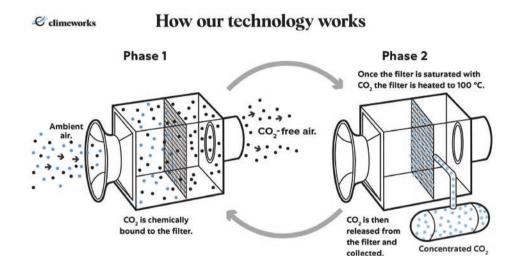
P2X braucht Planungs- und Investitionssicherheit, verlässliche regulatorische Rahmenbedingungen, langfristige Wirtschaftlichkeit, niedrige Energiekosten (zum Beispiel niedrige Strombezugskosten für Elektrolyseure), geeignete Finanzierungsrahmen und gesellschaftliche Akzeptanz. Großprojekte wie in den USA oder Niederlanden können für Deutschland zur Blaupause für einen erfolgreichen, nachhaltigen Wirtschaftsstandort werden.

Gerade eine Region wie Nordrhein-Westfalen kann mit P2X für die Zukunft fit gemacht werden. Regionale Unternehmen erhalten die Chance, sich an globalen Wertschöpfungsketten zu beteiligen.

Dr. Arthur Heberle Vice President and Head of Innovation Mitsubishi Power Europe GmbH Duisburg https://emea.power.mhi.com

Nachhaltige Kraftstoffe aus Luft und Wasser

Es klingt in der heutigen Zeit, mit den zunehmenden Diskussionen um die Energiewende und den weltweit nach wie vor steigenden CO₂-Emissionen, zu schön, um wahr zu sein: synthetische, nachhaltige Kraftstoffe nur mithilfe von Luft und Wasser herzustellen. Diesel, Benzin, Kerosin – direkt aus der Umgebungsluft. Dahinter steckt als Ausgangsprozess die Direct Air Capture (DAC) Technologie, also die direkte Entnahme des CO₂ aus der Luft.



In dem Schema ist der **DAC-Prozess vereinfacht** dargestellt. Dieser besteht immer aus einer Adsorptions- und Desorptionsphase, die sich zyklisch abwechseln.

Die DAC-Anlagen sehen von außen betrachtet wie große Lüftungsanlagen aus und doch steckt mehr dahinter. Hinter den großen Ventilatoren befindet sich unter anderem ein besonderes Filtermaterial (Sorbent), das in der Lage ist, selbst geringste Mengen an CO₂ aus der Luft herauszufiltern. Auch wenn das Treibhausgas CO₂ den größten Einfluss auf den Klimawandel besitzt, so kommt es mit circa 0,04 Volumenprozent nur zu einem geringen Teil in der Umgebungsluft vor.

Wie in vier Schritten aus Luft und Wasser Kraftstoff entsteht

Im Rahmen des Kopernikus-Projektes "Power-to-X (P2X)" wurden zu Beginn des Jahres 2019 erstmals weltweit im Verbund mehrerer Firmen alle notwendigen Prozessschritte an einem Ort und in einer kompakten Anlage zusammengeschlossen.

Mithilfe der DAC-Anlage wird das CO₂ zunächst aus der Luft herausgefiltert: Während der sogenannten Adsorptionsphase, also der ersten Phase, wird Umgebungsluft durch den Filter angesaugt. Das CO2 lagert sich an der Oberfläche an. Sobald der Filter mit CO₂ gesättigt ist, beginnt die zweite Phase, die sogenannte Desorptionsphase. Hierbei wird die Kammer geschlossen und ein Unterdruck erzeugt. Gleichzeitig wird die Kammer auf circa 100 Grad Celsius erwärmt, so dass sich das CO₂ wieder vom Filtermaterial löst. Nun kann es gesammelt, gespeichert und weiterverwendet werden. Da das

CO2 weltweit nahezu gleichmäßig in der Atmosphäre verteilt ist, kann der DAC-Prozess theoretisch an jedem beliebigen Standort eingesetzt werden.

Im zweiten Schritt findet eine Hochtemperatur-Co-Elektrolyse der Firma Sunfire GmbH statt, die das CO2 in Kohlenstoffmonoxid und gleichzeitig das Wasser in Wasserstoff aufspaltet. So entsteht ein Synthesegas, das die Grundlage für vielfältigste Verfahren in der chemischen Industrie ist. Im dritten Schritt wird das Synthesegas in einem mikrostrukturierten Reaktor in langkettige Kohlenwasserstoffe umgewandelt. Die aus dem sogenannten Fischer-Tropsch-Verfahren gebildeten langkettigen Kohlenwasserstoffe bilden die Rohprodukte für Kraftstoffe. Im

vierten Schritt wird mittels Hydrocracken die Qualität des Kraftstoffes hin zu den Zielprodukten Kerosin, Diesel und Benzin optimiert und dabei auch die Ausbeute erhöht.

In der ersten Phase des Kopernikus-Projektes wurden mit der durch Proiektpartner entwickelten Anlage zwar nur zehn Liter pro Tag hergestellt, jedoch soll in der nun laufenden zweiten Phase des Kopernikus-Projektes der Prozess auf 200 Liter pro Tag skaliert werden. Danach sollen vorindustrielle Demonstrationsanlagen im Megawattbereich signifikante Mengen an Kraftstoff liefern. Hiermit könnten Wirkungsgrade von um die 60 Prozent erzielt werden. Damit würden 60 Prozent des eingesetzten Ökostroms als chemische Energie im Kraftstoff speicherbar.

CO₂-neutrale und CO₂-negative **Anwendungen**

Die Climeworks AG, die 2009 als Spinoff der ETH Zürich gegründet worden ist, konzentriert sich mit ihren nunmehr über 120 Mitarbeitern im Wesentlichen auf zwei Bereiche. Die 100-prozentige Tochter Climeworks Deutschland GmbH mit Sitz in Köln betreut zu einem großen Teil die CO2-neutralen Anwendungen.

• CO₂-neutrale Anwendungen:

Durch die oben beschriebene Entnahme des CO₂ direkt aus der Atmosphäre und der anschlie-Benden Nutzung, wird dieses CO₂ wieder frei und kann von der Atmosphäre erneut eingefangen werden. Ein Anwendungsbeispiel hierfür wäre der Luftfahrtsektor, da es hier, zumindest für den Langstreckenluftverkehr, keine echten Alternativen zu nachhaltigen, synthetischen Kraftstoffen gibt.

CO₂-negative Anwendungen:

Der zweite Bereich nennt sich Carbon Dioxid Removal (CDR). Hier wird das CO₂ beispielsweise auf Island zusammen mit Wasser in Basaltgesteinsschichten unter die Erde gepumpt und so permanent und sicher aus der Atmosphäre

entfernt. Bilanziell betrachtet wird der Atmosphäre CO2 entzogen, da es aus der Atmosphäre zurück unter die Erdoberfläche gebracht wird (Direct Air Capture and Storage, DACS). Hiermit könnten der Atmosphäre in Zukunft erhebliche Mengen an CO₂ entzogen werden und der Klimawandel langfristig gestoppt und sogar rückgängig gemacht werden. Im Unterschied dazu kann das häufig diskutierte fossile CCS (Carbon Capture Storage) maximal eine CO₂-Neutralität erreichen, weil neues, aus der Erde stammendes CO₂ zwar aufgefangen wird, jedoch kein CO2 der Atmosphäre entzogen wird.

André Bechem Senior Product Engineer

Dr. Dirk Nuber Head of Climeworks Deutschland

Climeworks Deutschland GmbH Köln www.climeworks.com



Die DAC-18 Anlage im schweizerischen Hinwil war die erste kommerzielle Anlage weltweit.



In dem Container sind alle vier Prozessschritte der Partner Climeworks, Sunfire, Ineratec und Kit in einer Anlage gekoppelt.

Hochtemperaturfest – gasdicht – ultrakompakt

Die Energiewende erfordert viele neue Prozesse für energetische Umwandlungen und Nutzungen wie Power-to-X (P2X). Damit sind die Entwicklung und die Umsetzung von innovativen Lösungen für den Apparate- und Anlagenbau verbunden.

Die Nutzung von Überschussstrom und EE in industriellen Prozessen und mobilen Anwendungen als P2X erfordert neue Anlagenkonzepte mit zum Teil sehr hohen Anforderungen an die Apparate in Bezug auf Baugröße, Hochtemperaturfestigkeit und Betriebssicherheit. Die definierte Erwärmung und Abkühlung von Medien in Rekuperatoren ist bei vielen Prozessen ein weit verbreiteter und wichtiger Prozessschritt. Für besonders anspruchsvolle Anwendungen der Wärmeübertragung hat die Hülsenbusch Apparatebau GmbH & Co. KG einen kompakten, hochtemperaturfesten und gasdichten Hochleistungs-Rekuperator entwickelt.

Die geplanten P2X-Anwendungen erfordern vielfach die Entwicklung und Fertigung neuer Anlagen und Apparate. Wie bei konventionellen Anlagen sind auch bei P2X die definierte Erwärmung und Abkühlung von gasförmigen und flüssigen Medien an vielen Stellen notwendig. Durch den verstärkten Einsatz von Wasserstoff werden sehr hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit gestellt. Leckagen und Undichtigkeiten müssen vermieden werden, um Brände, Explosionen oder sonstige Gefährdungen auszuschließen. Des Weiteren wird durch Leckagen der Wirkungsgrad der Anlagen gesenkt und die eingesetzte Energie nicht optimal genutzt. Die Gasdichtheit muss auch bei sehr hohen

Temperaturen und Drucken garantiert werden. Darüber hinaus werden bei mobilen Anwendungen hohe Anforderungen an die Kompaktheit der Apparate gestellt. Die verfügbaren Räume sind klein und das Gewicht der Anlage soll möglichst gering sein. Demzufolge müssen die Rekuperatoren sehr hohe Leistungsdichten aufweisen, um große Wärmeströme bei einer geringen Baugröße und einem geringen Gewicht zu übertragen.

Die Rolle der Rekuperatoren

Rekuperatoren werden seit langer Zeit zur Wärmeübertragung in zahlreichen Anlagen und Prozessen eingesetzt. Für die unterschiedlichen Einsatzbe-

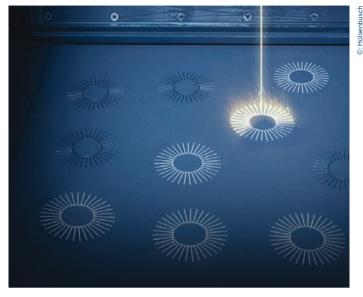




Neuer Hochleistungs-Rekuperator: gleiche Leistung bei 25-fach geringerer Baugröße.

dingungen wurden verschiedene Bauarten mit spezifischen Eigenschaften entwickelt, wie zum Beispiel Rohrbündel-, Platten- oder Heat-Pipe-Rekuperatoren. Als wichtigste Bauart werden Rohrbündelrekuperatoren vorwiegend in der Industrie eingesetzt. Durch die stabile Bauweise haben sie eine hohe Betriebssicherheit und einen großen Platzbedarf. Im Vergleich haben Plattenrekuperatoren einen geringeren Platzbedarf. Aufgrund der geringen Wandstärken und der teilweise kritischen Schweißverbindungen sind sie zumindest im Hochtemperatureinsatz aber mit einem höheren Risiko für Leckagen verbunden.

Zur Erzielung eines hohen energetischen Wirkungsgrades an P2X-Anlagen, speziell bei Wasserstoff- und Brennstoffzellenanwendungen sowie mobilen Einsätzen, sind innovative Rekuperatoren mit besseren Leistungswerten notwendig. Im Rahmen der Entwicklung von Wasserstoffreformermodulen für die dezentrale Stromversorgung auf Schiffen hat Hülsenbusch Apparatebau gemeinsam mit Partnern einen neuen Hochleistungs-Rekuperator entwickelt. Dieser bietet viele technische Verbesserungen wie Hochtemperaturfestigkeit bis 1.000 Grad Celsius bei gleichzeitiger Gasdichtheit und eine sehr kompakte Bauweise. Er erreicht spezifische Leistungswerte von bis zu acht Megawatt pro Kubikmeter, diese liegen 25-fach höher als bei konventionellen Rohrbündelrekuperatoren. Die hohe Betriebssicherheit der Rekuperatoren bleibt erhalten.



Fertigung im 3D-Drucker mittels Selective Laser Melting.

Leistungssteigerung durch **konstruktive Optimierung**

Diese Leistungswerte werden durch die Verwendung von wärme- und strömungstechnisch optimierten Rohrbündeln aus der 3D-Druck-Fertigung (SLM) erreicht. Die Strömung wird gezielt um die Rohre und innerhalb der Rohre geführt, um einen sehr hohen Wärmeübergang zu erzielen. Die spezifische Heizfläche wird durch die Einbauten ebenfalls erhöht. Die Strömung im gesamten Rekuperator wird durch zusätzliche Einbauten gleichmäßig verteilt, sodass die Heizfläche im Rekuperator vollständig genutzt wird. Diese Maßnahmen sind aufeinander abgestimmt und sind in dieser Form erst durch die zielgerichtete Fertigung im 3D-Drucker möglich. In Summe tragen sie zur großen Leistungsfähigkeit des Hochleistungs-Rekuperators bei.

Neben der Wasserstofferzeugung im Reformermodul ist dieser Hochleistungsrekuperator auch für viele andere anspruchsvolle Anwendungen geeignet. So können zum Beispiel bei der Erwärmung und Kühlung explosi-

ver und brennbarer Gase Plattenrekuperatoren größengleich ersetzt und gleichzeitig das Risiko für Leckagen deutlich gesenkt werden. Erreicht wird dieses durch die stabile Ausführung der einzelnen Komponenten des neuen Hochleistungs-Rekuperators und die belastbaren Schweißverbindungen mit einer ausreichenden Materialstärke. Die 3D-Druck-gerechte Konstruktion und die hohe Fertigungsqualität im 3D-Druck garantieren gleichfalls die hohe Sicherheit der Anlagen. Die wärmetechnischen Dehnungen und die Belastung der Schweißnähte werden durch den optimierten Gesamtaufbau minimiert. Mit diesem neuen Hochleistungs-Rekuperator sind viele neue Anwendungen mit geringem Platzbedarf und hohen Sicherheitsanforderungen im Rahmen von P2X-Anlagen realisierbar.

Dr.-Ing. Wolfgang Bender Technischer Leiter Hülsenbusch Apparatebau GmbH & Co. KG Kempen www.huelsenbusch.de

Kann Nordrhein-Westfalen ein Power-to-X-Pionier werden?

Power-to-X und grüner Wasserstoff werden eine entscheidende Rolle auf dem Weg in eine klimaneutrale Zukunft spielen – da sind sich die Experten aus Wirtschaft, Politik und Industrie einig.



Potenzial, all jene Sektoren von klimaschädlichen Emissionen zu befreien, für die Batterien technisch nicht infrage kommen, wie zum Beispiel Industrie, Gebäudeheizung und auch die Schifffahrt. Langfristig wird sich also ein globaler Markt für E-Fuels etablieren, der industriepolitische Chancen - sowohl für Technologiehersteller als auch Produzenten - bietet. Mit dem heutigen Stand hat der deutsche Maschinenund Anlagenbau eine weltweit führende Position bei der Entwicklung von Powerto-X (P2X). Denn Technologie und Kompetenz für eine industriell skalierte Produktion synthetischer Kraftstoffe wurden von deutschen Maschinenbauern entwickelt und Spezialisten wie MAN Energy Solutions am Standort Oberhausen stehen längst bereit.

Das Unternehmen ist ein Pionier der P2X-Technologie in Deutschland und

hat bereits 2013 den Methanisierungsreaktor für die erste – und mit 6 Megawatt lange Zeit größte – Power-to-Gas-Anlage Europas in Betrieb genommen. Bis heute versorgt die e-Gas-Anlage der Audi AG in Werlte jährlich 1.500 gasbetriebene Fahrzeuge mit klimaneutralem Kraftstoff.

MAN hat die P2X-Technologie seither konsequent entwickelt und bietet heute schlüsselfertige Anlagen mit einer Kapazität von 50 Megawatt und mehr an. Eine solche Anlage kann 14.500 Tonnen synthetisches Erdgas (SNG) pro Jahr produzieren. 470 erdgasbetriebene Nahverkehrsbusse können mit dieser Treibstoffmenge je 60.000 Kilometer CO₂-neutral zurücklegen.

Power-to-X braucht industrielle Skalierung

Doch obwohl Power-to-X technisch längst möglich ist, stehen E-Fuels am Markt noch immer nicht flächendeckend zur Verfügung. Zwar sind die jüngst vorgestellten Wasserstoffstrategien von Bundesregierung und Europäischer Union vielversprechend, aber die bestehenden regulativen Rahmenbedingungen erschweren den dringend notwendigen Markthochlauf synthetischer Kraftstoffe aktuell noch immer.

Soll der deutsche Maschinen- und Anlagenbau seinen Vorsprung auch weiterhin halten, brauchen wir aber nun Power-to-X-Anlagen in industrieller Größenordnung, um endlich den nächs-



Die e-Gas Anlage der Audi AG in Werlte versorgt jährlich 1.500 gasbetriebene Fahrzeuge mit klimaneutralem Kraftstoff. Kernstück der Anlage ist ein Methanisierungsreaktor von MAN.

ten Schritt zu machen. Ohne heimische Produktion wird Deutschland den Anschluss verlieren - technologisch und wirtschaftlich. Für industriestarke Regionen wie Nordrhein-Westfalen bietet sich nun die Chance, zum Technologievorreiter zu werden und sich darüber hinaus als starker und attraktiver Wirtschaftsstandort klimaneutral zu entwickeln.

Nordrhein-Westfalen als Power-to-X-Pilotland

Bei der Standortwahl für den Bau einer P2X-Anlage sind drei Faktoren entscheidend: Erstens braucht es Strom aus erneuerbaren Energien, um in der Elektrolyse grünen Wasserstoff zu erzeugen. Zweitens benötigt es eine CO₂-Quelle, um grünen Wasserstoff in synthetisches Erdgas umzuwandeln. Drittens braucht es Abnehmer für klimaneutrale Kraftstoffe. Nordrhein-Westfalen erfüllt alle drei Voraussetzungen.

• Erneuerbare Energien auf dem Vormarsch

Als Energieland treibt Nordrhein-Westfalen den Ausbau erneuerbarer Energien konsequent voran: In Summe produzierten Wind und

Sonne in Nordrhein-Westfalen 2019 23.304 Gigawattstunden Strom. Die Ambitionen sind hoch: Bis 2030 will die Landesregierung den Anteil erneuerbarer Energien am Strommix verdoppeln.

Nordrhein-Westfalen als Vorreiter einer CO₂-Kreislaufwirtschaft

CO₂ wird benötigt, wenn aus grünem Wasserstoff synthetisches Erdgas entstehen soll. Um kostspieligen und aufwändigen Transport zu vermeiden, sollte die CO₂-Quelle in unmittelbarer Nähe der P2X-Anlage angesiedelt sein. Ein idealer Lieferant könnten etwa die 16 in Nordrhein-Westfalen angesiedelten Müllverbrennungsanlagen sein. Rund ein Viertel der deutschen Anlagen sind hier vertreten und jede von ihnen emittiert genug CO₂, um P2X-Anlagen mit einer Kapazität von rund 800 Megawatt auszulasten. Ebenso nutzbar sind die Emissionen aus Industrieprozessen.

Vielzahl von Anwendungsfeldern Nirgendwo sonst in Deutschland ist die Industriedichte so hoch wie in Nordrhein-Westfalen. CO₂-neutrale

Energieträger werden mittelfristig in großen Mengen benötigt. Sei es, um die Prozesse in der Stahlherstellung und der chemischen Industrie CO₂-neutral zu gestalten oder um der Binnenschifffahrt auf dem Rhein die dringend benötigte Perspektive auf Dekarbonisierung zu eröffnen. Und auch im öffentlichen Personennahverkehr können F-Fuels ihren Beitrag leisten und Millionen von Berufspendlern CO₂-neutral an ihre Arbeitsplätze befördern.

In Nordrhein-Westfalen schlug einst das Kohle-Herz Europas. Kein anderes Bundesland musste mehr Strukturwandel bewältigen, um sich als hochmoderner Industriestandort neu zu erfinden und zu behaupten. Mit Hilfe von Power-to-X kann das Land als grüner Industriestandort auch in Zukunft weiterwachsen und eine führende Rolle einnehmen..

Holger Kube **Head of Business Development** MAN Energy Solutions SE Oberhausen www.man-es.com



MAN Energy Solutions bietet heute schlüsselfertige Power-to-X-Anlagen mit einer Kapazität von 50 Megawatt und mehr an.

Saubere Verbrennung mit Wasserstoffbrenner

Wasserstoff als Energieträger kann nahezu schadstofffrei verbrannt werden. Treibhausgase werden dabei nicht freigesetzt. Die Porenbrenntechnologie kann hierbei helfen, die Nullemission zu realisieren. Auf der anderen Seite gibt es aber auch Wege, den Ausstoß zu reduzieren. Solare Luftkollektoren sind hierzu ein probates Mittel.

CO₂-reduziertes Gebäude mit solarem Luftkollektor, der mit einem hohen Wirkungsgrad Sonnenenergie über das Medium Luft in Wärme umwandelt.

P2X stellt eine der Kerntechnologien zur Senkung der globalen CO2-Emission dar. Strom aus regenerativen Quellen wird im ersten Schritt genutzt, um in einem Elektrolyseur Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Der Wasserstoff kann in entsprechenden Wasserstoffbrennern direkt wieder in Energie umgewandelt werden.

Der Dortmunder Spezialist für Wärmetechnik GoGaS Goch GmbH & Co. KG hat einen Wasserstoffbrenner entwickelt, der unter Nutzung der Porenbrenntechnologie eine extrem saubere Verbrennung möglich macht. Diese erfolgt in einem porösen Keramikschaum, wobei jede Pore im Schaum eine eigene Reaktionszelle darstellt. Außer Wasser entstehen Stickoxide als Verbrennungsprodukt nur noch im Spurenbereich. Gegenüber einem Erdgasbrenner hat der Wasserstoffbrenner einen mehr als doppelt so hohen Wärmeübergangskoeffizient, das heißt, der Aufheizvorgang dauert nur noch halb so lange. Diese Technologie ist bereits jetzt geeignet, um Stahlwerke weitestgehend CO₂-neutral zu gestalten. Aber nicht nur Erwärmungs- oder Umform-

prozesse im Stahlbereich können damit nachhaltig und klimaschonend abgebildet werden.

Technologie zur Brennstoffunabhängigkeit

In einem weiteren ZIM-Forschungsprojekt gemeinsam mit dem KIT (Karlsruher Institut für Technologie) wird an einem umschaltbaren Brenner gearbeitet, der sowohl mit Erdgas als auch mit Wasserstoff arbeiten kann. Diese neue Technologie macht den Brenner unabhängig vom angebotenen Brennstoff.

Diese neuartige Brennertechnik steht darüber hinaus im Fokus des EU-Forschungsprojektes ECCO. Hierbei wird

der Prozess der Bandbeschichtung deutlich nachhaltiger gestaltet. Das Verfahren der Bandbeschichtung wird in einem großen Teil der industriellen Stahl- und Metalllegierungsproduktion angewandt und ist mit großen Anlagen und einem hohen Primärenergieverbrauch verbunden. Im Rahmen des EC-CO-Projektes wird der Energiebedarf um circa 80 Prozent, die CO₂-Emission um circa 65 Prozent und der Platzbedarf der neuen Technik um 50 Prozent gesenkt. 2021 geht eine Demonstrationsanlage in Italien beim Projektpartner für Walzwerktechnologie Globus SRL im Produktionsmaßstab in Betrieb. Ziel hierbei ist, das neue Verfahren im Produktionsmaßstab zu testen und

nachzuweisen, dass im Vergleich zu den heutigen anerkannten Verfahren keine Qualitätseinbußen erfolgen. Das neue Verfahren soll so "salonfähig" und anerkannt werden.

Darüber hinaus können die Brenner nicht nur in der Prozesswärme, sondern in Dunkelstrahlern auch als Strahlungssieren, die im Betrieb komplett CO₂neutral sind. Diese nachhaltigen Gebäude werden beispielsweise von GoGaS komplett geplant und realisiert. Voraussetzung ist, dass die Gebäudehülle bereits entsprechend energieeffizient gestaltet ist. Mithilfe von solaren Luftkollektoren wird eine regenerative Grundlast ins Gebäude eingebracht.

Sowohl solare Luftkollektoren als auch HVLS-Ventilatoren können ohne Probleme in bestehenden Gebäuden zur energetischen Sanierung nachgerüstet werden. Die Spitzenlast kann entweder über Photovoltaik auf dem Dach in Verbindung mit Wärmepumpen abgedeckt werden oder aber mit unserer patentierten Brennwerttechnik für Dunkelstrahler. Früher wurden die Abgase der Verbrennung bei 200 Grad Celsius in die Umgebung geführt. Die heutige Brennwerttechnik ermöglicht Temperaturen von 30 bis 40 Grad. Darüber hinaus wird CO2-neutrales Erdgas aus P2X eingesetzt. Durch den Einsatz von Erdgas aus P2X wird der gesamte Prozess CO₂-neutral, da das bei der Verbrennung entstehende CO2 vorher bei der Erzeugung des CH₄-Moleküls aus der Atmosphäre entnommen wurde.



Stahlbandtrockner mit Porenbrenner. der eine höhere Energiedichte bietet und den Wärmeübergang in die Warenbahn beschleunigt ohne Beeinträchtigung der Produktqualität.

heizung für Industriehallen eingesetzt werden. Offen bleibt die Frage, ob Wasserstoff als Energieträger zu wertvoll ist, um in reiner Form für die Beheizung eingesetzt zu werden.

CO₂-neutrale Gebäude

Geht man bei P2X einen Schritt weiter, kommt man zur Reaktion des Wasserstoffes mit CO2 aus der Umwelt. Hierbei wird, wiederum unter Zuhilfenahme regenerativen Stromes, Methan - also im wesentlichen Erdgas - hergestellt. Das so erzeugte Methan ist CO2-neutral, das heißt, bei der Verbrennung wird im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen, kein zusätzliches CO₂ emittiert.

Im Bereich der Gebäudetechnik gibt es die Möglichkeit, Gebäude zu realiJe nach Nutzung kann das im Bereich 25 bis über 50 Prozent des gesamten Jahresenergiebedarfes ausmachen.

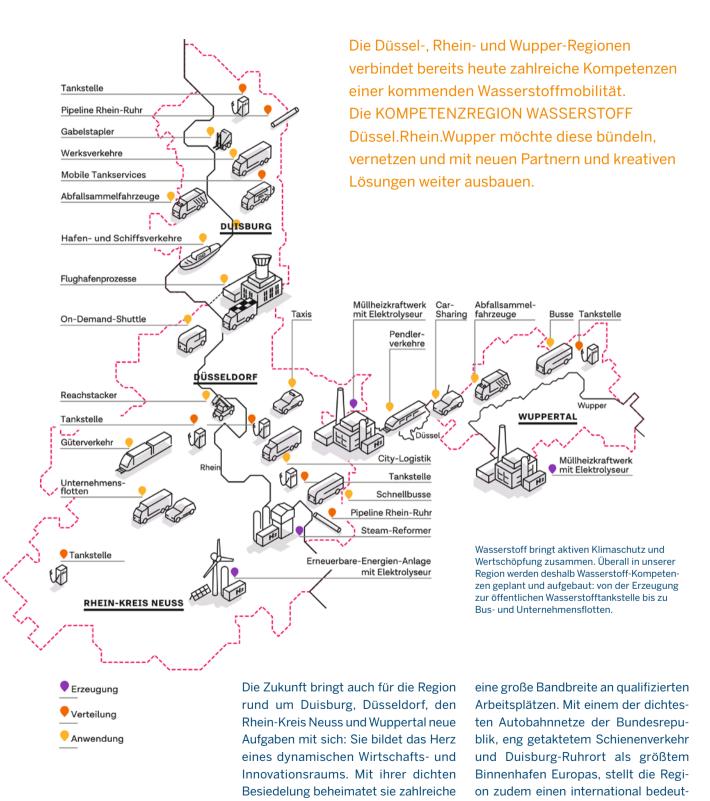
Die solaren Luftkollektoren verwenden die Außenwand eines Gebäudes als Solarkollektor. Über eine speziell gestaltete, perforierte Platte wird Umgebungsluft angesaugt. Die in das Gebäude geleitete solar vorgewärmte Außenluft kann maximal 45 Grad Celsius über die Umgebung annehmen. Das heißt, im Winter wird bei -5 Grad Außentemperatur Luft mit +40 Grad ins Gebäude geleitet, ohne fossile Brennstoffe eingesetzt zu haben. HVLS (High Volume Low Speed)-Ventilatoren vermeiden Wärmepolster unter der Innendecke des Gebäudes und sparen somit weiter Energie ein.

Klimaschutz braucht kürzere Genehmigungszeiten

Wünschenswert wäre, dass sich die Politik der Innovationsgeschwindigkeit des Mittelstandes anpasst. Der Elektrolyseur als Ausgangspunkt der P2X-Technologie ist genehmigungspflichtig nach BIMSCHG. Hierbei gibt es aktuell Genehmigungszeiten von zwei bis fünf Jahren. Zum wirksamen Klimaschutz muss die Zeit vom Planungsbeginn bis zur Gebäudeübergabe deutlich verkürzt werden!

Heiko Schneider Geschäftsführer GoGaS Goch GmbH & Co. KG Dortmund www.gogas.com

Hier.Heute.H2



kleinere, mittlere und große Unter-

nehmen von Weltrang - und bietet so

samen Knotenpunkt für Verkehr und

Logistik dar.

Lösung: lokale H₂-Wirtschaft

Dieser besondere Standort steht aber auch vor großen Aufgaben. So beeinträchtigt eine überdurchschnittliche Verkehrsbelastung die Umwelt und Lebensqualität in der Region. Es gilt zudem, neue Antworten auf die Herausforderungen des Strukturwandels zu finden – allen Erfolgen auf den Weltmärkten zum Trotz.

Das Entstehen einer lokalen H2-Wirtschaft kann hier Antworten liefern. Dies zeigt ein Feinkonzept, das die Städte Düsseldorf, Wuppertal, Duisburg und der Rhein-Kreis Neuss gemeinsam mit den Stadtwerken Düsseldorf, den Wuppertaler Stadtwerken und Air Liquide erarbeitet haben.

Die Ergebnisse: Über die unterschiedlichen Anwendungsklassen (PKW, Sprinter, leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie Busse) können bis 2025 knapp 1.500 Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb in der Region unterwegs sein, bis 2030 rund 6.000. Schon während der Erstellung des Konzepts gründete sich ein Beschaffungscluster, um diese Potenziale zu heben. Bereits heute fahren in Wuppertal zehn Busse mit Brennstoffzellen - im nächsten Jahr soll die Flotte auf 20 Fahrzeuge erweitert werden. Auch ein erster Brennstoffzellen-LKW wird ab Herbst dieses Jahres in der Modellregion unterwegs sein bei der Düsseldorfer ABC-Logistik.

Auch bei der Produktion von Wasserstoff hat die Region Potenzial: Mindestens sechs Megawatt Elektrolyseleistung an sechs Müllheizkraftwerken bilden das Rückgrat der Wasserstofferzeugung. 130 Megawatt installierte regenerative Leistung fällt bis 2030 in der Region aus der EEG-Vergütung und kann über die Elektrolyse klimapolitisch und wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden. Müllheizkraftwerke und erneuerbare-Energien-Anlagen können bis 2030 über 5.000 Tonnen Wasserstoff im Jahr erzeugen, das entspricht über 90 Prozent des in der Region nachgefragten Wasserstoffs im Mobilitätsbereich. Zur Hebung dieser Potenziale - aus EE-Anlagen und MHKW - wurde ein Erzeugungscluster gegründet.

Klimapolitisch kommt der Brennstoffzellen-Mobilität eine große Bedeutung zu: Der Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor hat in der Region das Potenzial, zwischen 2025 und 2035 rund 750.000 Tonnen CO₂ einzusparen.

Der Wettbewerb

Die "Kompetenzregion Wasserstoff Düssel.Rhein.Wupper" hat sich im Rahmen eines Förderwettbewerbs des nordrhein-westfälischen Wirtschaftsund Energieministeriums gegründet. Gesucht wurde die "Modellkommune/ -region Wasserstoffmobilität NRW". Der Förderwettbewerb war als zweistufiges Wettbewerbsverfahren angelegt.

Im November 2018 wurden die Grobskizzen eingereicht. Die erste Runde gewannen neben der Region um Düsseldorf der Kreis Steinfurt und H2Rheinland (Köln mit Brühl, Hürth und Wesseling, dem Rheinisch-Bergischen-Kreis und dem Rhein-Sieg-Kreis). In der zweiten Wettbewerbstufe ist die "Kompetenzregion Wasserstoff Düssel.Rhein.Wupper" als Sieger hervorgegangen.

Erfolg durch Kooperation

Zentral für die Arbeit in der Kompetenzregion war und ist der enge Austausch mit der Praxis. Denn das Entstehen eines Wasserstoffökosystems wird nicht ohne Kooperation funktionieren. In diesem Sinne haben sich neben dem Konsortium mehr als 50 Unternehmen beteiligt und als assoziierte Projekt-

partner ihre Ideen und konkreten Projekte in das Konzept eingebracht.

So entsteht ein offenes Umfeld, in dem Anwender und Hersteller, Kommunen und Unternehmen zu gegenseitigem Nutzen die Zukunft der Mobilität gemeinsam gestalten. Durch die Auszeichnung zeigen sich die Akteure nun zusätzlich motiviert, die im Konzept skizzierten Projekte bald in die Tat umzusetzen – ganz nach ihrem Motto ..Hier.Heute.H2".

Dabei soll auch der Austausch in Richtung Steinfurt und Köln ausgeweitet werden. Denn das Thema Wasserstoff erfordert Akteurs-Vielfalt - das gilt gleichermaßen für Wasserstofferzeugung wie für Anwendung und Verteilung. Gemeinsam arbeiten sie daran, H₂-Anwendungen auf Straßen, Schienen und Wasserwege zu bringen. Dafür suchen sie auch weitere Unternehmen und Institutionen mit Proiekten und Ideen in der Region. Das Bilden von Netzwerken und der Erfahrungsaustausch ist dabei eine Investition, die sich für die Akteure der Kompetenzregion Wasserstoff Düssel.Rhein.Wupper schon heute ausgezahlt hat.

Judith Litzenburger Kommunikation Energiewirtschaft Stadtwerke Düsseldorf AG Düsseldorf www.kompetenzregion-wasserstoff-drw.de

Impressum

Herausgeber

ProduktionNRW Kompetenznetz Maschinenbau/Produktionstechnik c/o VDMA e. V. Nordrhein-Westfalen Grafenberger Allee 125 40237 Düsseldorf Telefon + 49 211 687748-0 Fax + 49 211 687748-50 info@produktion.nrw.de www.produktion.nrw.de

Verantwortlich für den Inhalt

Hans-Jürgen Alt

Redaktion

Ina Grothof

Layout und Satz

DTP-Service Suche

Produktion

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG

Titelseite

© shutterstock | MoVille

Copyright 2020

Veröffentlichungen in jeder Form, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung von ProduktionNRW und unter ausführlicher Quellenangabe.

ProduktionNRW
Kompetenznetz Maschinenbau/Produktionstechnik
c/o VDMA e. V.
Nordrhein-Westfalen
Grafenberger Allee 125
40237 Düsseldorf
www.produktion.nrw.de

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen Berger Allee 25 40213 Düsseldorf www.wirtschaft.nrw.de

ProduktionNRW ist das Kompetenznetz des Maschinenbaus und der Produktionstechnik in Nordrhein-Westfalen und wird vom VDMA NRW durchgeführt. ProduktionNRW versteht sich als Plattform, um Unternehmen, Institutionen und Netzwerke untereinander und entlang der Wertschöpfungskette zu vernetzen, zu informieren und zu vermarkten. Wesentliche Teile der Leistungen, die ProduktionNRW erbringt, werden aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.



