



WASSERSTOFF@IWU

Vollgas im neuen strategischen Forschungsfeld

Dr.-Ing. Ulrike Beyer, Leiterin TaskForce Wasserstoff@IWU, ulrike.beyer@iwu.fraunhofer.de

Geht es um Wasserstoff, sind die Hoffnungen und Erwartungen aktuell sehr groß. Er soll die zukünftige Energieversorgung der Gesellschaft sichern, das Klima und die Umwelt schützen, die Überwindung der wirtschaftlichen Folgen der Corona-Pandemie unterstützen und sogar ein einigendes Bindeglied für die Europäische Union darstellen.

Dabei ist die Idee, Wasserstoff als Energielieferant zu nutzen, nicht neu. Schon 1874 beschrieb der Franzose Jules Verne in seinem Roman »Die geheimnisvolle Insel« eine solche Vision für die Welt der Zukunft: »Wasserstoff und Sauerstoff werden zur unerschöpflichen und bezüglich ihrer Intensität ganz ungeahnten Quelle der Wärme und des Lichts werden – und dies mit einer Intensität, zu der Kohle nicht fähig ist.«

Wasser als Kohle der Zukunft? Nicht nur Vernes imaginärer Wissenschaftler, sondern auch Forscher, wie z. B. Chemienobelpreisträger Wilhelm Ostwald sahen bereits Mitte des 19. Jahrhunderts das große Potenzial einer Energieerzeugung durch Wasserstoff mittels Brennstoffzelle: »Die Brennstoffzelle ist eine größere zivilisatorische Leistung als die Dampfmaschine und wird schon bald den Generator in das Museum verbannen.«

Doch warum hat der Wasserstoff immer wieder Zyklen exzessiver Erwartungen, gefolgt von tiefen Desillusionen durchlaufen und weshalb wird jetzt der Aufschwung und die internationale sektorenübergreifende Aufmerksamkeit bleiben? Die Antwort ist $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$. Bestechend einfach und in Anbetracht der Klimapolitik einfach alternativlos!

Wasserstoff ist nicht nur das häufigste Element im Universum – er hat auch eine deutlich höhere Energiedichte als gängige fossile Brennstoffe und ist dazu noch vielseitig einsetzbar. So kann man Wasserstoffgas direkt verbrennen und damit Hitze erzeugen oder Fahrzeuge antreiben. Das Gas lässt sich aber auch zur Gewinnung von Strom nutzen, als Energiespeicher oder als Ausgangsstoff für eine Vielzahl von Prozessen und Verfahren, anderer energiereicher Verbindungen bzw. Kraftstoffe.

Jedoch gilt weiter, was schon lange für den Wasserstoff bzw. die Brennstoffzelle gilt: »Ja, aber.«

Ja: Die Erreichung der Klimaziele erfordert einen tiefgreifenden Umbau unserer Energiesysteme, und Wasserstoff kann hierbei zukünftig eine zentrale Rolle einnehmen. Aber: Die Ökobilanz bei der Herstellung des Wasserstoffs ist nur dann gut, wenn dieser mithilfe von erneuerbaren Energien gewonnen wird.

Ja: Die Brennstoffzellen-Technologie bietet die Chance für die Industrie, Wertschöpfung wieder in den nationalen Kompetenzbereich zurückzuholen. Aber: Die Branche ist meilenweit entfernt von einer industriellen Massenproduktion und steht derzeit vor großen produktionstechnischen Herausforderungen.

Ja: Die Brennstoffzelle ist als Antrieb für Lkw und Pkw attraktiv, verspricht emissionsfreie Mobilität. Aber: Sie ist zu teuer und wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig zum fossilen Wettbewerb.

Zurück zu Jules Vernes »geheimnisvoller Insel«, der dem Wasserstoff eine große Zukunft als Energieträger voraussagt. Hat er nun Recht? Allen »Abers« zum Trotz liegt es an uns Forschenden, Entwicklerinnen und Entwicklern, den Wasserstoff und die Brennstoffzelle in neue technologische Sphären zu katapultieren, dort zu etablieren und sie wirtschaftlich salonfähig zu machen. Die Möglichkeiten sind schier unendlich und der Weg ist vom Fraunhofer IWU bereits mit Vollgas eingeschlagen.

Taskforce Wasserstoff@IWU

Vielfältige ungelöste Herausforderungen und der industrielle Bedarf bieten ideale Rahmenbedingungen für eine ganzheitliche Entwicklung des strategischen Forschungsfeldes Wasserstoff am und durch das Fraunhofer IWU. Um verschiedene Einzelaktivitäten thematisch zu bündeln, methodisch zu untersetzen und strategisch auszurichten, wurde die Taskforce Wasserstoff@IWU eingerichtet. Ziel war es, am Fraunhofer IWU eine herausragende Grundlage zu schaffen, um für die immensen systemischen Herausforderungen der Industrie nachhaltig neue interdisziplinäre Lösungen zu generieren.

Bei der Entwicklung der spezifischen IWU-Wasserstoffstrategie wurden auf Basis der vorhandenen Kompetenzen und Infrastrukturen eine wissenschaftliche und wirtschaftliche Einordnung vorgenommen und unter Berücksichtigung operativer und strategischer Bedarfe der Industrie und Gesellschaft ein Zielbild entworfen. Dieses hat Schwerpunkte in den Forschungsfeldern Wasserstoffherzeugung und Brennstoffzellen- bzw. Elektrolyseur-Produktion. Darüber hinaus werden verschiedene innovative Wasserstoffnutzungskonzepte für den stationären und mobilen Einsatz entwickelt.

Darüber hinaus ist eine Intensivierung der aktiven Mitarbeit bzw. Präsentation der IWU-Kompetenzen in Wasserstoff-Netzwerken ein wichtiges Handlungsgebiet der TaskForce. In verschiedenen Wirkungsbereichen wird national, u.a. im

Fraunhofer-Wasserstoff-Netzwerk, und regional, u.a. im Sächsischen Innovationscluster HZwo für Brennstoffzellen und Wasserstoff, für die Notwendigkeit der Entwicklung von neuartigen Produktionstechnologien sensibilisiert, und zunehmend werden Projekte zur Erforschung und Realisierung initiiert. Darüber hinaus bietet die Verankerung im Fraunhofer-Wasserstoff-Netzwerk die einzigartige Möglichkeit, von der langjährigen, vielfältigen Wasserstoffverfahrensexpertise zu partizipieren und die eigenen produktionstechnischen Spezifika einzubringen. Damit kann ein interdisziplinäres Fundament als wesentliche Voraussetzung für nachhaltige Forschungs- und Industrieprojekte generiert werden.

Hydrogen Lab Görlitz

Eine Säule im Wasserstoffkonzept des Fraunhofer IWU befindet sich in Görlitz. Am dortigen Hydrogen Lab wird in Kooperation mit dem Fraunhofer IMWS gemeinsam mit der Siemens AG und dem Freistaat Sachsen ein nationales Prüf- und Zertifizierungszentrum aufgebaut und an der Entwicklung von innovativen Lösungen für Wasserstoffherzeugung und Speichertechnologien geforscht. Aktuell läuft die Konzeptionsphase, in der die Anlagenplanung und die Detaillierung der Forschungsthemen erfolgt. Die erste Realisierungsphase soll ab 2021 starten. Diese wird mit Dauer- und Profiltests von Siemens-Elektrolyseuren und einer Intensivierung der Forschungsaktivitäten zu den Schwerpunktthemen Erzeugen, Speichern und Nutzung von Wasserstoff einhergehen.

Mit dieser frühzeitigen Planung und Investition in das Forschungsgebiet wurde ein erheblicher Technologievorsprung gegenüber vergleichbaren Vorhaben in Europa und Deutschland erarbeitet. Darüber hinaus bestehen immense Synergieeffekte zu den Forschungskompetenzen der Hochschule Zittau/Görlitz und dem Fraunhofer IWU in Zittau, die zur Ansiedlung weiterer Technologieunternehmungen aus dem Wasserstoffsektor genutzt werden sollen. Somit kann nicht nur der Strukturwandel in der Lausitz massiv unterstützt, sondern auch zur

Etablierung dieser Zukunftsbranche in Görlitz und der Region beigetragen werden. Dies zeigten auch eindrucksvoll die Ergebnisse der vom Fraunhofer IWU erarbeiteten Studie zum Thema »Einsatzpotentiale von Wasserstoff in der Lausitz«.

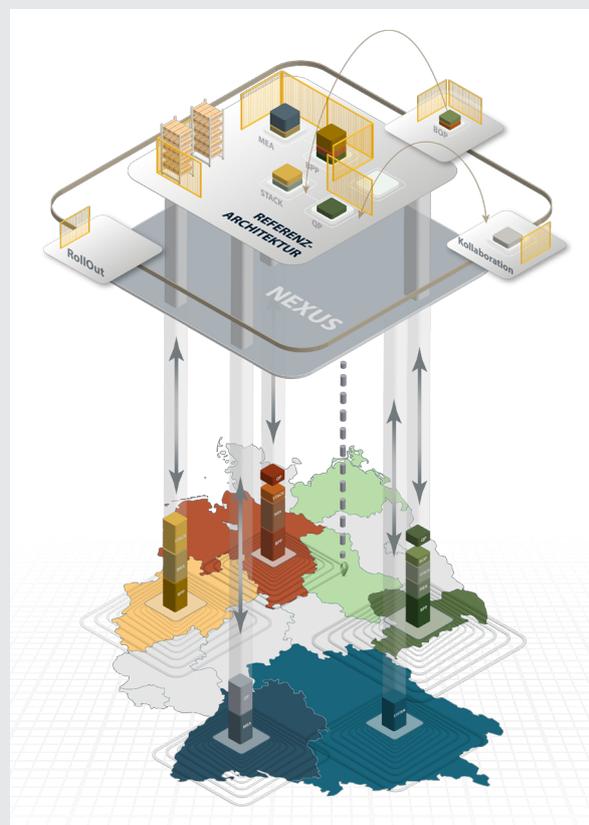
Nationale Forschungsplattform Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Produktion

Wasserstoff kann beim tiefgreifenden Umbau unserer Energiesysteme zukünftig eine zentrale Rolle einnehmen, wenn es gelingt, dessen Nutzung in allen Energieverbrauchssektoren effizient zu ermöglichen. Für eine CO₂-Reduzierung im Verkehrs- und Gebäudebereich ist die Brennstoffzelle ein Schlüsselement. Jedoch fehlen für einen zielführenden Transformationsprozess die erforderlichen Stückzahlen bzw. Produktionstechnologien, die die Wirtschaftlichkeit einer industriellen Serienproduktion garantieren.

Unter der Gesamtkoordination der Taskforce Wasserstoff@IWU wurde für die Fraunhofer-Gesellschaft die Nationale Forschungsplattform für Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Produktion als wirksames Instrument von signifikanter Tragweite und wirtschaftlicher Bedeutung für den Produktionsstandort Deutschland konzipiert. Diese soll einen Beitrag zur Etablierung der Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Technologie sowie zur Erreichung der Klimaziele leisten und sich in regionale, nationale und europäische Wasserstoffinitiativen und -strategien einordnen. Daher wurde die Forschungsplattform für Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Produktion als flexible, multidirektionale, methodische Lösung entworfen, die drei wesentliche Ziele verfolgt:

1. Die kostenoptimierte, bedarfsorientierte Serienproduktion skalierbar zu ermöglichen.
2. Das technologische und wirtschaftliche Potenzial von Brennstoffzellen umfassend zu erschließen.
3. Den strukturierten Rollout in Industrie und Gesellschaft erheblich zu beschleunigen und zu steigern.

Konzept der Nationalen Forschungsplattform Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Produktion



Somit sollen über eine produktionstechnische Forschung, Entwicklung und industrielle Umsetzung Voraussetzungen geschaffen werden, die es Deutschland gestattet, zukünftig bedeutende Anteile am sich rasant entwickelnden globalen Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Markt zu sichern. Dadurch kann die Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Industrie zu einem zentralen Kompetenzfeld deutscher Unternehmen aufgebaut werden, das nachhaltig eine nationale Technologie-Souveränität gewährleistet und gleichzeitig die Exportfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus forciert.

In den fünf Fraunhofer-Clustern Süd/Baden-Württemberg (Freiburg, Stuttgart), Süd/Bayern (Erlangen, Fürth, Nürnberg), West (Aachen, Dortmund, Oberhausen), Nord (Braunschweig, Wolfsburg, Salzgitter) und Ost (Chemnitz, Dresden) wird eine ganzheitliche Forschungsinfrastruktur für die zielgerichtete Entwicklung von Produktions- und Prüfprozessen für Brennstoffzellen in Form von regionalen Technologiehubs geschaffen. Eine Vernetzung der digitalen Abbilder der dezentralen Module in einer übergeordneten Referenzarchitektur für die Brennstoffzellen-Produktion bildet den zentralen Nexus, der zusammen mit den Technologiehubs die Grundlage für Entwicklungsarbeiten darstellt. Damit werden die Forschungskapazitäten gebündelt und die jeweiligen technologischen Spezifika der Standorte durch gezielte Investitionen in skalierbare Produktionsmodule gestärkt. Durch die digitale Vernetzung der Standorte wird schließlich die Bewertung kompletter Prozessketten realisiert. Dieses ermöglicht die Ableitung anwendungs- und typspezifischer Fertigungsszenarien für wirtschaftliche Einzel- bzw. Gesamtkomponenten und deren Planung im industriellen Maßstab. Darüber hinaus gewährleistet der Aufbau von Technologiehubs einen schnellen Transfer der Lösungen in die Industrie. Zusätzlich ist, aufgrund der vergleichbaren Komponenten und des ähnlichen Aufbaus, das Lösungskonzept ebenso für die hochratenfähige industrielle Produktion von Elektrolyseuren einsetzbar.

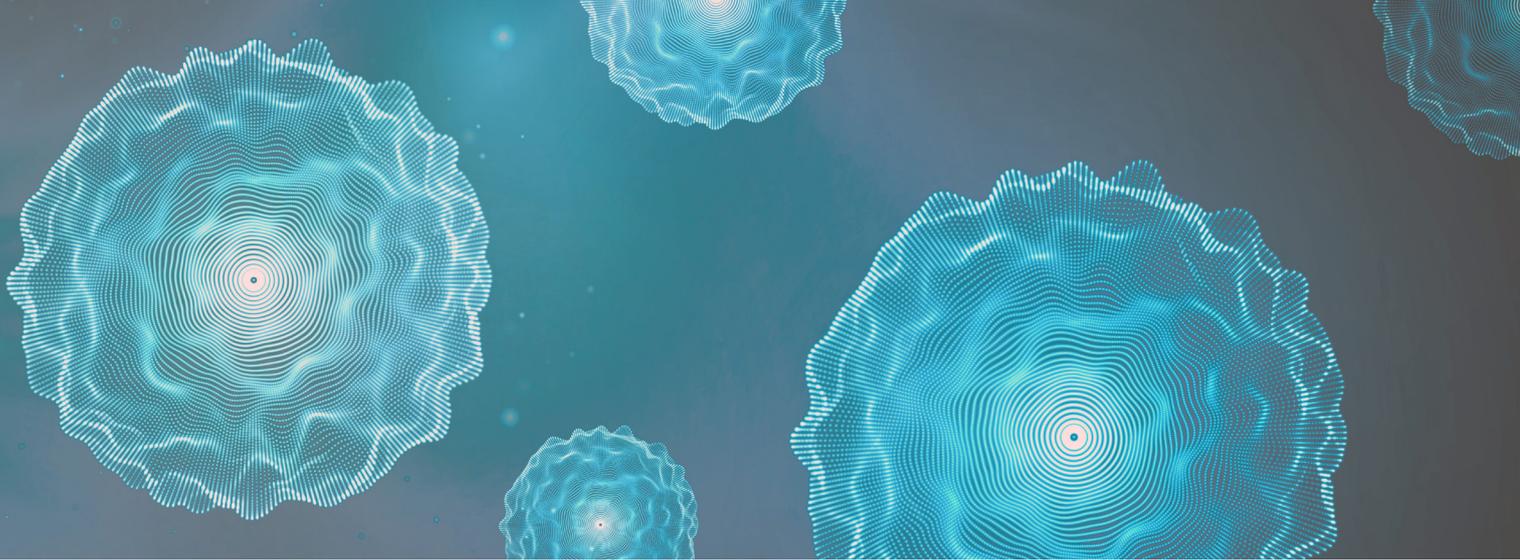
Das Gesamtkonzept erschließt die Potenziale der Brennstoffzellen-Technologie, stellt sie derzeitigen industriellen Unternehmungen gegenüber und leitet die notwendigen operativen und strategischen Handlungsfelder ab. Diese wirtschaftlichen Bedarfe bildeten die Basis für die Entwicklung der Forschungsplattform Brennstoffzellen-Produktion und das damit verbundene Leistungsangebot zum Rollout der Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Technologie in die deutsche Industrie. Auf Grundlage dieser Methodik werden die geplanten Lösungen und die erforderlichen Ressourcen für die einjährige Aufbauphase 2021, die Inbetriebnahme in den Jahren 2022 bis 2023 und den Betrieb ab 2024 unter der Trägerschaft der Fraunhofer-Gesellschaft als eigenständige Forschungsinfrastruktur dargestellt.

Sächsisches Brennstoffzellen-Technologiehub

Die Brennstoffzelle ist aus ökologischer und benutzerorientierter Sicht in vielen Anwendungsbereichen gegenüber anderen Energiewandlern klar im Vorteil und hat das Potenzial, diese zu verdrängen. Bei einer Substitution von Technologien, die sich über einen langen Zeitraum etablieren konnten, wie bspw. Batterien oder Verbrennungsmotoren, muss die Brennstoffzelle jedoch einen klar definierbaren ökonomischen und technischen Nutzen liefern. Daher stellen neben wenigen technischen Herausforderungen besonders wirtschaftliche Faktoren, wie der Verkaufspreis oder die Infrastruktur, primäre Barrieren für einen Markteintritt dar.

Die derzeit in allen Bereichen noch hohen Kosten gehören zu den entscheidenden Faktoren, die eine breitere Marktdurchsetzung der Technologie aktuell verhindern. Um die Entwicklung eines kommerziellen Marktes für Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Anwendungen zu ermöglichen, müssen somit kurz- und mittelfristig weitere signifikante Kostenreduktionen erreicht werden. Dabei sieht sich die Industrie mit der Herausforderung konfrontiert, derzeitige Kosten noch weiter beträchtlich zu senken, ohne dass bereits ein Nachfragevolumen besteht, das die Realisierung signifikanter Skaleneffekte und damit eine deutliche Kostenreduktion erlauben.

Eingebettet in das Fraunhofer-Konzept der nationalen Forschungsplattform Brennstoffzellen- und Elektrolyseur-Produktion wird vom Fraunhofer IWU das Ziel verfolgt, die hochratenfähige industrielle Produktion von Brennstoffzellen-Komponenten und -Stacks für die mobile und stationäre Anwendung zu entwickeln und damit den industriellen Rollout der Brennstoffzellen-Technologie massiv zu beschleunigen. Das Fraunhofer IWU verfügt über bedeutende Erfahrungen zur Entwicklung von Technologien für die ressourceneffiziente industrielle Serienproduktion. Diese signifikanten Kompetenzen und Infrastrukturen werden zunehmend mit spezifischem Brennstoffzellen-Know-how gekoppelt. So entsteht ein Ökosystem, das es ermöglicht, die Brennstoffzellen-Produktion in Abhängigkeit von der Ausbringungsmenge und unter Berücksichtigung



sichtigung der zu produzierenden Brennstoffzellen-Spezifika zu untersuchen. Hierdurch können passgenaue Lösungen für die Industrie entwickelt werden, die eine gezielte Integration in das bestehende Produktionssystem ermöglicht. Dadurch kann die Brennstoffzellen-Industrie zu einem zentralen Kompetenzfeld sächsischer Unternehmen aufgebaut werden, das nachhaltig eine regionale Technologie-Souveränität gewährleistet und gleichzeitig die Exportfähigkeit des Maschinen- und Anlagenbaus forciert.

Die höchstratenfähige Produktion von Brennstoffzellen-Komponenten und -Stacks für die mobile und stationäre Anwendung mittels Systemansatz, d.h. das tatsächliche Implementierungsszenario der Brennstoffzellen-Komponenten bzw. des -Stacks und der Produktionsmodule sind Parameter für die Lösungsentwicklung. Somit können Besonderheiten einzelner Brennstoffzellen-Typen berücksichtigt und ein breites Anwendungsfeld für mobile und stationäre Nutzungsszenarien angesprochen werden. Systemansatz bedeutet darüber hinaus auch, eine prozesskettenorientierte Forschung und Entwicklung zu verfolgen. Dadurch sollen speziell für kleine und mittelgroße Unternehmen der Zulieferindustrie mit unterschiedlichem Produktportfolio regional am Standort passgenaue Produktionsmodule konzipiert werden, die sich effektiv in vorhandene industrielle Prozesse integrieren lassen.

Zu den Stärken des Industriestandortes Sachsen gehören neben der Automobil- und Zuliefererindustrie kleine spezialisierte Integratoren, die die Entwicklung und den Markteintritt neuer Produkte und Konzepte intensivieren. Damit ist Sachsen sehr gut positioniert, um den erwarteten nationalen und internationalen Markthochlauf der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie mitzugestalten und davon zu profitieren.

Das Technologiehub ist darauf ausgerichtet, Industrie und Forschung zu einem starken sächsischen Ökosystem für die Brennstoffzellen-Produktion zu verbinden, um den Systemansatz zu unterstützen, die Brennstoffzellen-Technologie für die Gesellschaft transparent, greifbar und nutzbar zu machen.

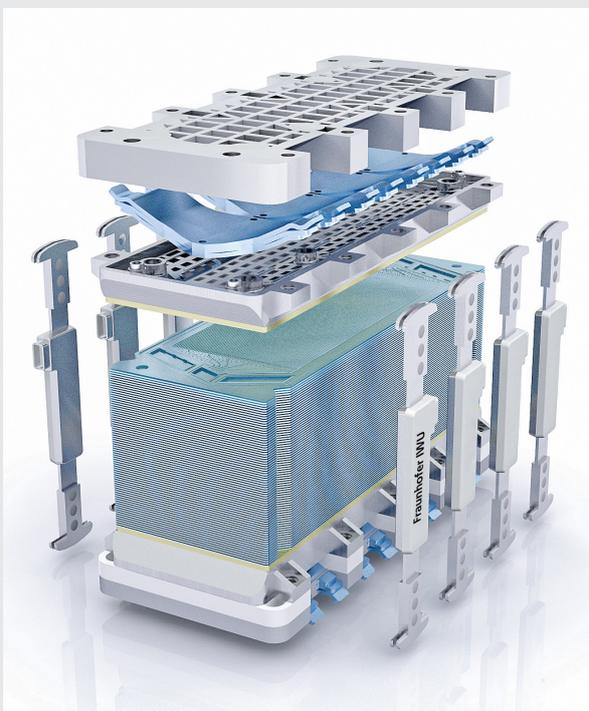
Mit dem Aufbau des Technologiehubs, durch eine gezielte Ergänzung der bestehenden Kompetenzen und Infrastrukturen des Fraunhofer IWU, gelingt eine effektive und frühzeitige sächsische Investition in die zukunftssträchtige Brennstoffzellen-Technologie mit nationaler Strahlkraft. Damit bietet sich eine hervorragende Möglichkeit, für die vom strukturellen Wandel besonders betroffene sächsische Wirtschaft, neue Produkte zu entwickeln und sich damit Wettbewerbsvorteile gegenüber der nationalen und internationalen Konkurrenz zu erwerben.

Nutzungskonzepte – Brennstoffzellen in der Anwendung

Die Bundesregierung hat sich im Einklang mit der Europäischen Union dazu verpflichtet, bis zum Jahr 2030 55 Prozent der emittierten Treibhausgase gegenüber 1990 einzusparen und bis zum Jahr 2050 eine weitgehende Treibhausgasneutralität zu realisieren. Diese Klimaziele zu erreichen, erfordert einen tiefgreifenden Umbau unserer Energiesysteme. Wasserstoff wird dabei zukünftig eine zentrale Rolle einnehmen. Die vollständige Umstellung auf emissionsfreie Technologien gelingt jedoch nur, wenn die Nutzung von Wasserstoff in allen Energieverbrauchssektoren wirtschaftlich ermöglicht wird. Aufgrund des großen technischen Fortschritts der Brennstoffzelle in den vergangenen Jahren ist diese heute hierfür das Schlüsselement. So ließen sich mit deren flächendeckendem Einsatz in den Bereichen Verkehr und Gebäude bereits 37 Prozent der heutigen CO₂-Emissionen einsparen.

Für die Erforschung der Anwendung von Wasserstoff in mobilen Nutzungskonzepten wird eine eigene Technologieplattform für die Integration der Brennstoffzellen und deren notwendige Systeme entwickelt. Die Handlungsbereiche umfassen mit Umformtechnik und Werkzeugbau, Sensorik und Steuerung, Qualitätsüberwachung, Digitalisierung und Künstliche Intelligenz, Leichtbau und Akustik wesentliche Kompetenzfelder des Fraunhofer IWU und gehen weit über den Antrieb von Fahrzeugen hinaus.

Visualisierung des neuentwickelten Brennstoffzellen-Stacks



Auch bei der stationären Anwendung wird am Fraunhofer IWU aufbauend auf den bestehenden Kompetenzen und Infrastrukturen an neuen Lösungsansätzen für den Einsatz von Brennstoffzellen-Systemen in Gebäuden geforscht. Der Schwerpunkt liegt auf skalierbaren Resultaten für die dezentrale Energieversorgung von Fabriken bzw. Produktionsstandorten und damit der Ermöglichung von wirtschaftlich erfolgreicher CO₂-neutraler Produktion.

Fazit

Der Schlüssel für den Markterfolg der Brennstoffzelle liegt in der Industrialisierung der Produktion. Die Brennstoffzellen müssen deutlich preiswerter werden. Das Fraunhofer IWU hat durch die fast 30-jährige Erfahrung und das vorhandene Produktions-Know-how sowie die herausragende Forschungsinfrastruktur ideale Voraussetzungen, die entscheidenden nächsten technologischen Schritte zu gehen. Um die ambitionierten Kostenziele zu erreichen und die bestehenden unternehmerischen Unsicherheiten bzgl. der Investition in ein effizientes und großserientaugliches Produktionssystem zu unterstützen, ist jetzt ein methodisches Lösungskonzept für die Brennstoffzellen-Produktion und den Rollout der Brennstoffzellen-Technologie in die industrielle Fertigung notwendig. Dieses ist aufgrund der vergleichbaren Komponenten und des ähnlichen Aufbaus ebenso für die hochratenfähige industrielle Produktion von Elektrolyseuren einsetzbar.

Das Beispiel der Batterietechnologie zeigt deutlich, wie wichtig es ist, frühzeitig in Zukunftstechnologien zu investieren und Marktanteile zu konsolidieren. Hier hat Europa im Vergleich zu den asiatischen Leitmärkten den Anschluss an die Technologieentwicklung sowie seine Marktposition verloren. Gelingt es Deutschland, sich zukünftig seiner heutigen Wirtschaftsleistung entsprechende Anteile am sich entwickelnden globalen Brennstoffzellen-Markt zu sichern, könnten für die Brennstoffzellen-Industrie vor allem im Produktionsbereich in 2030 ein Umsatz von bis zu 90 Milliarden Euro, eine Bruttowertschöpfung von bis zu 23 Milliarden Euro sowie damit verbunden ca. 150 000 Arbeitsplätze entstehen. Damit wird die Brennstoffzellen-Industrie einen wichtigen Beitrag zur zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland leisten, der im besonderen Maße vom Wandel der Automobilindustrie betroffen ist. Langfristig bestehen noch weitaus größere Potenziale, für die es jedoch gilt, ebenfalls jetzt die Basis zu legen.