

# Wasserstoff – der Stromspeicher der Zukunft?

Soll unser Energiesystem umweltfreundlicher werden, so führt kein Weg an Wasserstoff als Energieträger vorbei. Dessen sind sich Forschende weltweit sicher. Rund 160 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten an der TU Graz an Methoden der Erzeugung, Speicherung, des Transports und der Nutzung von Wasserstoff in mobilen, stationären und industriellen Anwendungen.

## Birgit Baustädter

Wasserstoff ist das erste Element im Periodensystem. Nicht nur hier nimmt er einen prominenten Platz ein, sondern auch in der Diskussion um ein umweltverträgliches Energiesystem der Zukunft. „Um die Jahrtausendwende hat man sich auf Wasserstoff als Energieträger geeinigt“, erklärt Viktor Hacker, der 2001 das Fuel Cell and Hydrogen Systems Laboratory an der TU Graz etabliert hat und heute die Arbeitsgruppe Fuel Cell and Hydrogen Systems leitet. „Als strategischer und klimafreundlicher Energieträger bildet Wasserstoff den besten gemeinsamen Nenner für eine Vielzahl von Anwendungen.“

Erneuerbare Energiequellen, wie die Sonne, unterliegen häufigen Schwankungen. Im Sommer gibt es etwa viele, im Winter wenige Sonnenstunden – auch Regenwetter und Nebel haben Auswirkungen auf die Ausbeute von Solaranlagen. Um diese Spitzen und Senken ausgleichen zu können, muss die Energie effizient gespeichert und wieder zur Verfügung gestellt werden. Dies kann zum Beispiel mit Batterien geschehen. Aber: Je mehr Energie gespeichert werden soll, desto größer muss auch die Batterie sein. Aus der überschüssigen Energie könnte mittels Elektrolyse aber auch Wasserstoff erzeugt werden. „Zu den Vorteilen von Wasserstoff etwa in der Mobilität gehören die große Reichweite und die kurzen Betankungszeiten von Brennstoffzellenfahrzeugen, die bereits mit konventionellen Kraftstoffen vergleichbar sind“, erklärt Viktor Hacker. „Auch wenn es derzeit noch nicht so weit ist: Mittel- und langfristig sprechen vor allem die Kosten für Wasserstoff als Energieträger.“

## HERSTELLEN, SPEICHERN, TRANSPORTIEREN

Am Wasserstoff selbst ist nicht mehr viel zu erforschen, sagt Viktor Hacker: „Wasserstoff ist kommerziell verfügbar – er ist derzeit nur teuer.“ Wichtig sei es aber, im Bereich der dezentralen Herstellung auf der einen und im Bereich des Transports von Wasserstoff auf der anderen Seite aktiv zu werden. Beidem nahm sich die Arbeitsgruppe von Hacker im Forschungsprojekt HyStORM (Hydrogen Storage via Oxidase and Reduction of Metal) an. Ge-

meinsam mit dem Grazer Start-up Rouge H2 entwickelte sie die „Chemical-Looping Hydrogen“-Methode: Aus Biomasse, Biogas oder Erdgas wird ein Synthesegas erzeugt, dessen Energie mittels eines Redox-Verfahrens in einem Metalloxid gespeichert wird. Das Metalloxid kann gefahrlos und verlustfrei transportiert und gelagert werden. Wird dem System anschließend wieder Wasser zugeführt, wird hochreiner Wasserstoff extrahiert.

## Mehr zum Projekt HyStORM.

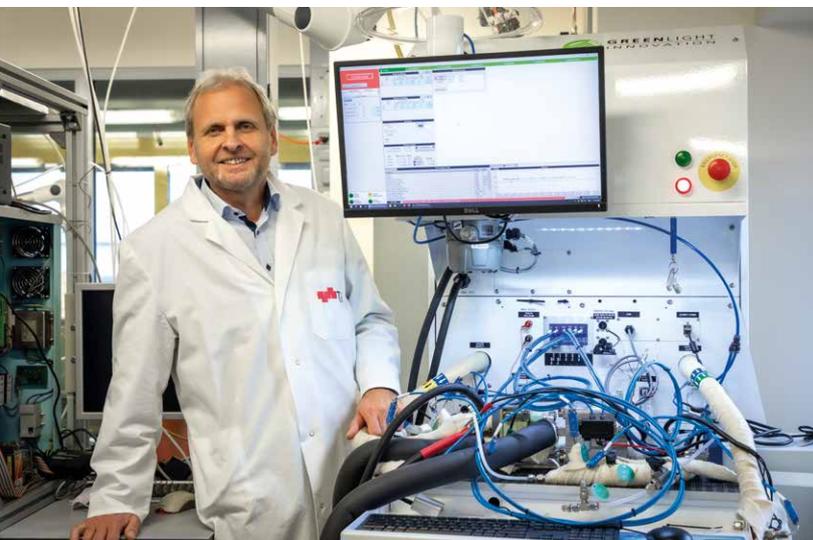
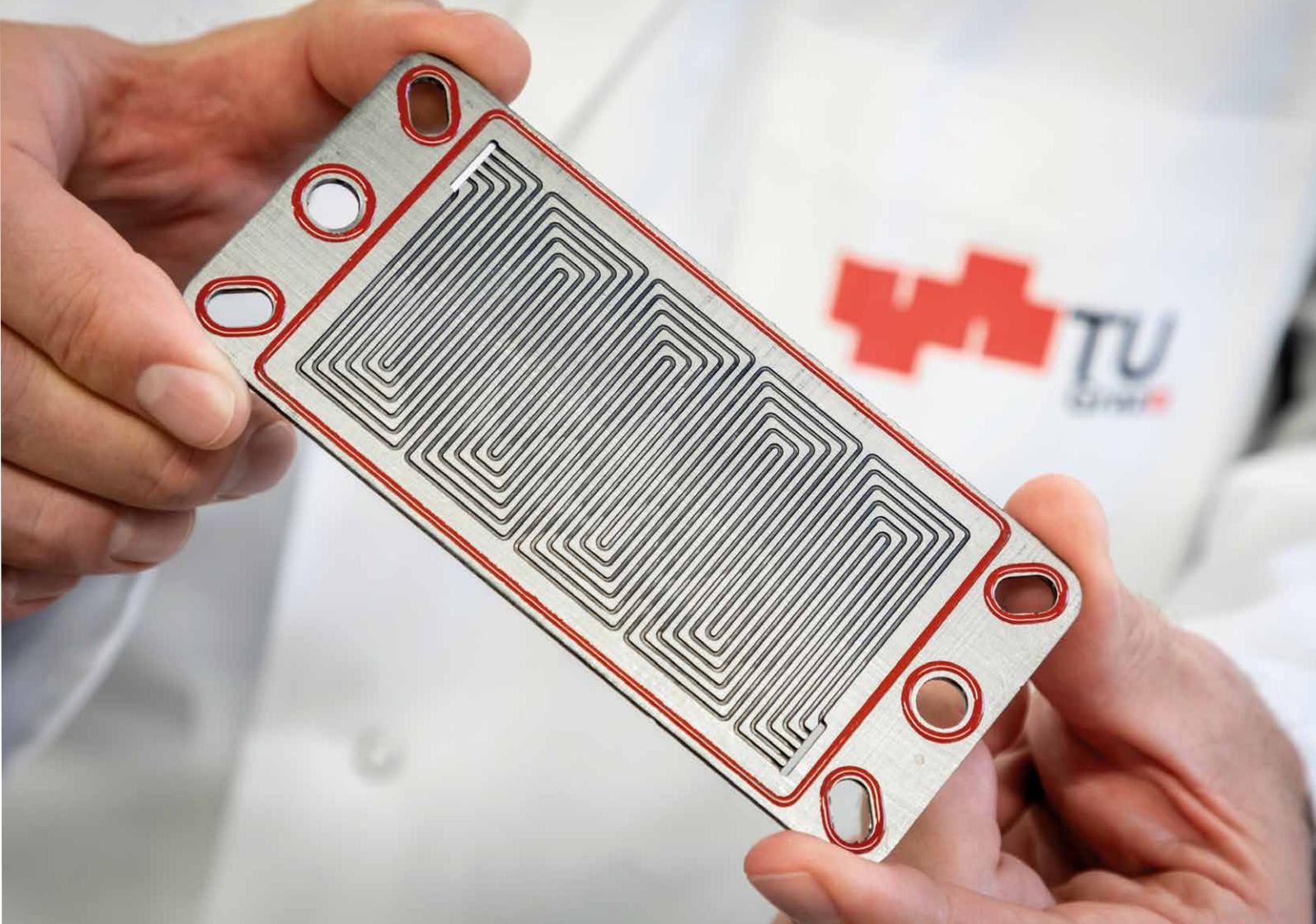
Ebenfalls in Arbeit ist ein System zur Herstellung von Wasserstoff aus Biomasse. An diesem BIO-LOOP genannten Projekt ist neben dem Institut für Chemische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik auch das Institut für Wärmetechnik und das Kompetenzzentrum BEST (Bioenergy and Sustainable Technologies) beteiligt. Wieder gemeinsam mit dem Unternehmen Rouge H2 soll das entwickelte System direkt mit einem Biogashersteller vor Ort umgesetzt werden.

## Die Arbeitsgruppe Fuel Cells and Hydrogen Systems arbeitet an Niedertemperaturbrennstoffzellen und Wasserstoff-Systemen.

Lunghammer – TU Graz

## EU-Projekt HyMethShip

Am LEC (Large Engines Competence Center), an dem die TU Graz maßgeblich beteiligt ist, forschen Andreas Wimmer und sein Team an einem Antriebskonzept für Schiffe auf Basis eines wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotors. Zur Speicherung des Wasserstoffs an Bord des Schiffes wird Methanol verwendet. Für den Betrieb des Motors wird der Wasserstoff über einen Membranreaktor vom Methanol getrennt. Das dabei entstehende CO<sub>2</sub> wird gespeichert und an Land mit grünem Wasserstoff wieder zu Methanol verarbeitet.

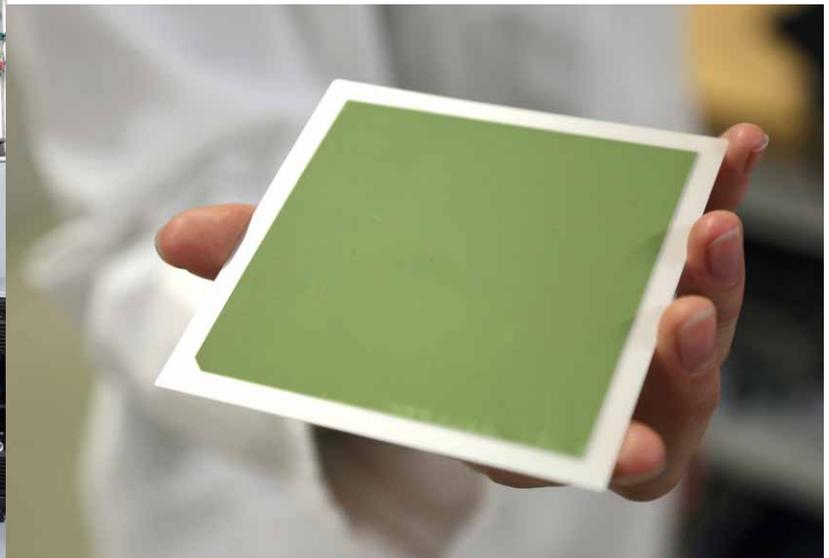
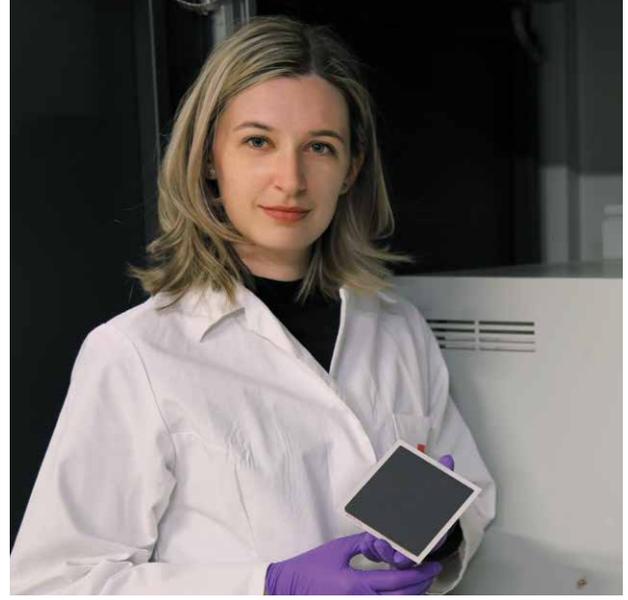


## ZENTRALES THEMA: BRENNSTOFFZELLE

„Die Brennstoffzelle wird zentral für die Verbreitung von Wasserstofftechnologien sein, weil wir mit ihr den konventionellen Technologien Paroli bieten können“, sagt Hacker. In der Brennstoffzelle wird die im Wasserstoff gespeicherte Energie über einen chemischen Prozess wieder freigesetzt – sie fungiert als Energiewandler. „Die Herausforderungen sind derzeit vor allem die Lebensdauer und die Kosten von Brennstoffzellen“, erklärt Hacker. Er forscht im Bereich der Niedertemperaturbrennstoffzellen speziell an Polymerelektrolytbrennstoffzellen mit einer Betriebstemperatur von 80 Grad Celsius. Die Forschenden setzen

die Zelle widrigen Bedingungen aus – frieren sie etwa ein oder starten sie bei unter 0 Grad Celsius – und versuchen, ihre Lebensdauer unter diesen Bedingungen zu erhöhen. Gerade eben wurde zudem ein Patent für eine Methode zur Reduktion der Korrosion des Kohlenstoffs in der Elektrode der Brennstoffzelle durch eine dünne Schicht Polyanilin eingereicht. „Wir arbeiten am Prototyp – einer Brennstoffzelle mit der neuen Technologie.“

Längerfristig, so Hacker, soll es aber auch um die Erhöhung des Wirkungsgrades gehen. „Derzeit sprechen wir von einem Wirkungsgrad von gut 60 Prozent in einer Brennstoffzelle. Ich denke, da ist noch wesentlich mehr möglich.“ >



### HOCHTEMPERATURBRENNSTOFFZELLE

Bereits jetzt einen höheren Wirkungsgrad hat eine andere, noch immer sehr junge Art von Brennstoffzelle: Hochtemperaturbrennstoffzellen arbeiten bei rund 800 Grad Celsius und können zum einen die im Wasserstoff gespeicherte Energie freisetzen, aber auch im reversiblen Betrieb mittels Elektrolyse Wasserstoff herstellen. „Die Elektrolyse-Wirkungsgrade liegen daher bei über 80 Prozent“, erklärt Christoph Hochenauer, Leiter des Instituts für Wärmetechnik. Und: Niedertemperaturbrennstoffzellen arbeiten nur mit hochreinem Wasserstoff, Hochtemperaturbrennstoffzellen können unterschiedlichste Gase wie zum Beispiel Kohlenmonoxid, Erdgas oder Ammoniak nutzen. „Hochtemperaturbrennstoffzellen sind sehr brennstoffflexibel und können fast alles verstromen, was derzeit am Markt existiert“, fasst Hochenauer zusammen. Aber: Die Hochtemperaturbrennstoffzelle ist noch nicht weit genug entwickelt, um am Markt großflächig verfügbar oder in existierenden Anwendungen umgesetzt zu sein.

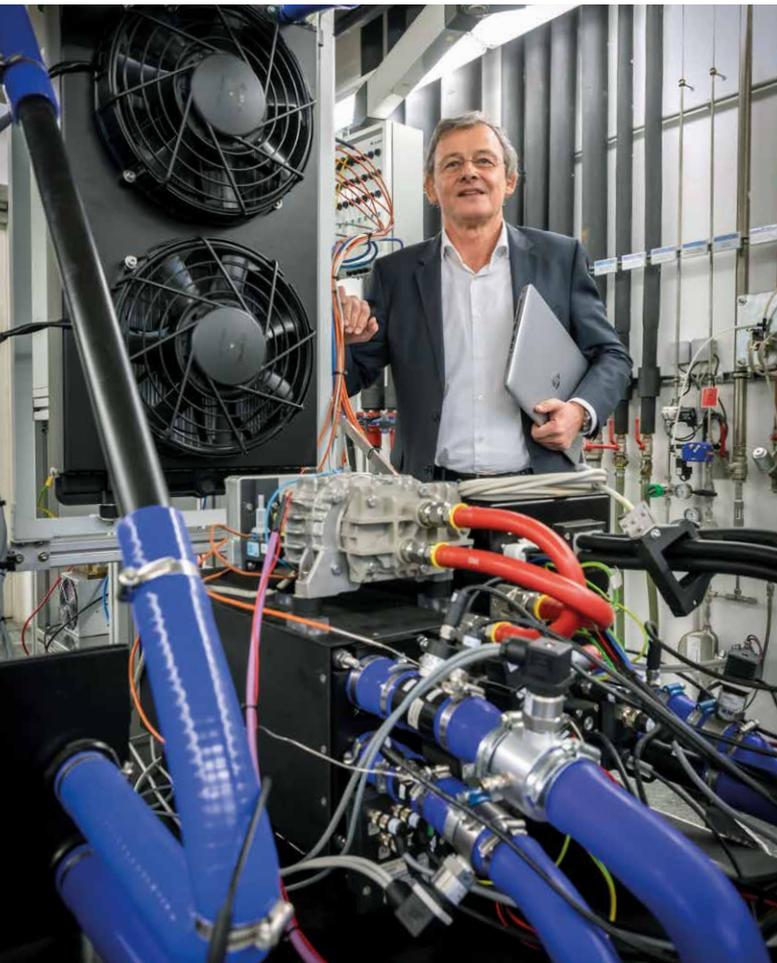
An der Lebensdauer von Hochtemperaturbrennstoffzellen arbeitet zum Beispiel Vanja Subotić, ebenfalls vom Institut für Wärmetechnik. „Die Betriebswechsel zwischen Elektrolyse und Verstromung lassen die Brennstoffzelle besonders schnell altern“, erklärt sie. Sie untersucht die dahintersteckenden Prozesse und versucht, sie zu unterbinden und einen langen sowie sicheren Betrieb der Brennstoffzelle zu gewährleisten. „Im Rahmen des laufenden AGRO-SOFC-Projekts versuchen wir, durch den Einsatz eines hocheffizienten Brennstoff-

zellensystems, gekoppelt mit CO<sub>2</sub>-Rückführung, die Agrarindustrie nachhaltiger zu gestalten und die Kosten für die Lebensmittelproduktion zu senken.“

Gemeinsam sind Subotić und Hochenauer im Projekt Hotflex involviert. Im Rahmen eines österreichweiten Forschungsverbundes wurde im steirischen Mellach eine Pilotanlage für Hochtemperatur-elektrolyse und Brennstoffzellenbetrieb gebaut. „Wir versuchen hier, die Betriebsgrenzen der Anlage abzustecken und ihren Wirkungsgrad und die Einbindung in den Kraftwerksbetrieb zu testen“, erklärt Hochenauer. „Ein grundlegendes Verständnis für verschiedene Alterungs- und Schädigungsmechanismen soll im Rahmen des FWF-SOEC-Projekts geschaffen werden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse sollen zu Methoden weiterentwickelt werden, die es ermöglichen, den Betrieb von Elektrolyse- und Brennstoffzellenanlagen zu überwachen und ihre Lebensdauer zu verlängern“, so Subotić.

### BRENNSTOFFZELLE UND VERBRENNUNGSMOTOR

Am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik können an ein und demselben Prüfstand gleich mehrere wasserstoffbetriebene Anwendungen getestet werden: Hier wird Forschung sowohl an der Brennstoffzelle als auch an wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren betrieben. „Die Brennstoffzelle hat einen höheren Wirkungsgrad als ein Verbrennungsmotor – zumindest bei geringen Lasten“, erklärt Institutsleiter Helmut Eichlseder. „Der Verbrennungsmotor ist hingegen robust



**Seite 6: Vanja Subotić und Christoph Hochenauer forschen am Institut für Wärmetechnik an Hochtemperaturbrennstoffzellen.**  
**Seite 7: Am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik wird sowohl mit Brennstoffzellen als auch mit wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren gearbeitet.**

Lunghammer – TU Graz

#### E-Fuels

„Wasserstoff ist im Grunde das erste E-Fuel – es wird mittels elektrischer Energie hergestellt“, erklärt Helmut Eichlseder. Er ist von E-Fuels überzeugt und sieht in ihnen viel Potenzial. „Sie werden mittels Elektrolyse hergestellt und dann zu einem flüssigen Kraftstoff weiterverarbeitet.“ Genutzt werden können E-Fuels dann in Verbrennungsmotoren.

Bis dahin sind auf Forschungsseite noch einige Dinge zu erledigen: Weil auch der wasserstoffbetriebene Verbrennungsmotor nicht ganz ohne Schadstoffemissionen betrieben werden kann, muss an der Abgasnachbehandlung gefeilt werden, um einen Null-Emissions-Level erreichen zu können. Und mit der Firma Bosch arbeitet das Team am Einspritzsystem, das für die richtige Gemischbildung verantwortlich ist.

#### KOMPETENZZENTRUM HyCentA

Ganz der Wasserstoffforschung verschrieben hat sich das Kompetenzzentrum HyCentA (Hydrogen Center Austria) am Campus Inffeldgasse, an dem die TU Graz mehrheitlich beteiligt ist. Das Zentrum wurde 2005 als erstes und derzeit einziges rein auf Wasserstoff fokussiertes Forschungszentrum gegründet und baute die erste Wasserstofftankstelle Österreichs, entwickelte das erste in Österreich straßenzugelassene Wasserstofffahrzeug und die erste Power-to-Gas-Anlage. Heute betreibt das Zentrum eine Wasserstoffbetankungsanlage, mehrere Teststände für Elektrolyse, Brennstoffzellensysteme und Hochdruck-Wasserstoff bis 1.000 bar. „Im Herbst 2020 wird die HyCentA-Versuchsanlage um weitere 600 Quadratmeter ausgebaut, um die Wasserstoffforschung in Graz weiter zu stärken“, so Geschäftsführer Alexander Trattner.

! **Geschäftsführer Alexander Trattner spricht im Kommentar auf Seite 8 über den Wert von Wasserstoff für unsere Zukunft. >**

und langlebig. Und er könnte schnell technologisch mit Wasserstoffbetrieb umgesetzt werden.“

Wasserstoffbetriebene Verbrennungsmotoren seien vor allem bei schweren Nutzfahrzeugen eine zukunftssträchtige Alternative, so Eichlseder: „Der Wirkungsgrad einer Brennstoffzelle nimmt mit der Höhe der Last ab – bei Lkws zum Beispiel ist ein Verbrennungsmotor gleichauf.“ Um die Klimaziele 2030 erreichen zu können, ist der Forscher sicher, dass zumindest bei Nutzfahrzeugen auf Wasserstoffantrieb umgestellt werden muss. „Das ist mit relativ moderaten Änderungen an herkömmlichen Verbrennungsmotoren machbar und kann auf der bereits bestehenden Infrastruktur umgesetzt werden.“

#### Projekt HyTrail

Im Projekt HyTrail führte das Institut für Eisenbahnwesen der TU Graz gemeinsam mit dem Wasserstoff-Kompetenzzentrum HyCentA, der Montanuniversität Leoben, der Johannes-Kepler-Universität Linz und dem Unternehmen Synergis von 2018 bis 2019 eine umfassende Machbarkeitsstudie zum Thema Wasserstoff für die ÖBB durch. Untersucht wurde, ob dieselbetriebene Lokomotiven durch wasserstoffbetriebene ersetzt werden können. Auf einer der untersuchten Strecken ist heute bereits ein Wasserstoffzug im Probebetrieb.

**Zur Website des  
Kompetenzzentrums  
HyCentA.**

**WASSERSTOFF-KORROSION**

Der Transport und die Lagerung von Wasserstoff werden ebenfalls zum zentralen Thema. Wasserstoff kann metallische Werkstoffe angreifen – die Wasserstoff-Korrosion. Das sehr kleine Atom dringt in die Materialstruktur ein, setzt sich fest und macht das Metall spröde. „Oft sieht man die Verformung sehr lange nicht und plötzlich entsteht ein fataler Riss“, erklärt Rudolf Vallant vom Institut für Werkstoffkunde, Fügetechnik und Umformtechnik. Gemeinsam mit seinen Kollegen Andreas Drexler und Hamdi Elsayed erforscht er im Projekt HISCC UHSS (Improvement of hydrogen induced stress corrosion cracking resistance of ultra-high strength steel screws and fasteners), wie es zur Wasserstoff-Korrosion kommen und wie man sie verhindern kann. „Das Korrosions-Problem wurde bereits in den 1970er-Jahren für die damaligen Werkstoffe gelöst. Heute geht der Trend aber viel stärker in Richtung dünne und leistungsstarke Materialien, die völlig andere Belastungsgrenzen als damalige Werkstoffe haben. Nun müssen wir uns wieder fragen: Halten diese neuen Werkstoffe Wasserstoff aus?“, erklärt Andreas Drexler, warum das Thema heute wieder aktuell ist.

Für ihre Versuche entwickelten die Forschenden spezielle Korrosionszellen. In diesen Zellen wird das Material mit Wasserstoff belastet und die Belastung langsam erhöht. „Ein Versuch kann mehrere Tage dauern. So können wir sehr genau messen, was bei welcher Menge Wasserstoff passiert.“ Genutzt werden sollen ihre Ergebnisse schließlich im Bereich der Mobilität und des Transports sowie beim Bau von Wasserstoff-Pipelines oder -Tanks.

**WASSERSTOFF ALS ENERGIEQUELLE****ZUR HERSTELLUNG VON FUTTERMITTELN AUS CO<sub>2</sub>**

Einen gänzlich anderen Forschungsansatz zur Nutzung von Wasserstoff haben Robert Kourist und Bernd Nidetzky in einer Zusammenarbeit zwischen den Instituten für Molekulare Biotechnologie und Biotechnologie und Bioprozesstechnik: Sie wollen Bakterien optimieren, die mithilfe von Wasserstoff CO<sub>2</sub> binden und in weiterer Folge chemisch aus dem gebundenen CO<sub>2</sub> Proteine und Aminosäuren gewinnen, die für die Produktion von Tierfuttermitteln genutzt werden können. „Wir wollen aus CO<sub>2</sub> quasi Lebensmittel machen“, fasst Kourist zusammen. Die derzeit untersuchten Bakterien wachsen zu langsam und sind nicht ausreichend ergiebig, um großindustriell Einsatz zu finden. Gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum acib GmbH und dem Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik wurde nun ein Projekt gestartet, in dem die Reaktionsumgebung und gleichzeitig die Bakterien selbst untersucht und optimiert werden sollen. Darüber hinaus nimmt die TU Graz zusammen mit dem acib an dem Marie Skłodowska-Curie ITN ConCO2rde teil, das sich mit biotechnologischer Wasserstoffnutzung beschäftigt. Die Projektleiterin am Institut für Molekulare Biotechnologie ist Anita Emmerstorfer-Augustin, am Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik Regina Kratzer.

Für den am Institut verfolgten Ansatz sieht Kourist großes Potenzial: „Wasserstoff wird als Rohstoffquelle gut verfügbar sein. Und wenn er einmal kostengünstig genug ist, um damit Motoren zu betreiben, dann wird er auch kostengünstig genug sein, um daraus Chemikalien herstellen zu können. Dem Wasserstoff gehört die Zukunft und daran möchten wir mitarbeiten.“

**Alexander Trattner, HyCentA**

HyCentA Research GmbH, Fotokuchl e.U.

**RELEVANZ VON WASSERSTOFF FÜR DIE ZUKUNFT**

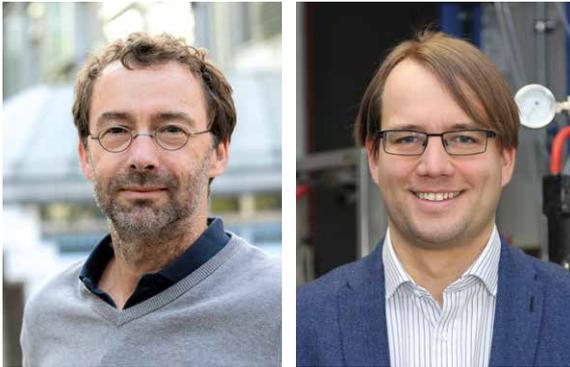
Die ökonomischen, ökologischen, sozialen und gesundheitlichen Folgen des Klimawandels und der Umweltbelastung stellen eine ernsthafte Bedrohung unserer Lebensqualität dar. Eine nachhaltige Lösung

bietet die Energiewende mit der Transformation unseres fossilen Energiesystems hin zu erneuerbaren Energieträgern wie grünem Strom und grünem Wasserstoff.

Zunächst ist der konsequente und flächendeckende Ausbau der regenerativen Stromerzeugung aus Sonne, Wind und Wasser erforderlich. Dieser Ausbau garantiert Versorgungssicherheit bei lokaler Wertschöpfung und Verbesserung der Lebensqualität

durch Emissionsfreiheit. Zur Pufferung des fluktuierenden Stromangebots und als Speichermedium wird speziell bei Überschüssen durch Elektrolyse von Wasser grüner Wasserstoff hergestellt („power to hydrogen“). Wasserstoff kann in Behältern, unterirdischen Speichern oder dem (Erd-)Gasnetz unbegrenzt gespeichert und verteilt werden. Grüner Strom und grüner Wasserstoff können alle Anforderungen der Energietechnik in Mobilität, Haushalt und Industrie erfüllen. Wasserstoff als kohlenstofffreier Energieträger ermöglicht dabei einen stofflich geschlossenen und durchgehend emissionsfreien Kreislauf. Darüber hinaus stellt er eine wirtschaftliche Chance auf innovatives Know-how und Technologieführerschaft dar. Insgesamt zeigt sich die Wasserstofftechnologie als die passende Zero-Emission-Technologie für Europa und vor allem für Österreich, da das bestehende Know-how, die Produktionstechnologien, die Industrie- und Wirtschaftszweige wie auch die vorhandenen Ressourcen ideale Voraussetzungen hierfür bieten.

Wasserstofftechnologien werden als wichtiger Baustein für die Erreichung des Ziels „Klimaneutralität bis 2040“ in Österreich gesehen. Im Regierungsprogramm der österreichischen Bundesregierung wurde eine nationale Wasserstoffstrategie verankert. Forschung-



**Oben: Anita Emmerstorfer-Augustin vom Institut für Molekulare Biotechnologie und Regina Kratzer vom Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik.**

Baustädter – TU Graz

**Unten: Bernd Nidetzky vom Institut für Biotechnologie und Bioprozesstechnik und Robert Kourist vom Institut für Molekulare Biotechnologie.**

Lunghammer – TU Graz, Baustädter – TU Graz

### ConCO2rde

ConCO2rde ist ein Projekt im Rahmen der Marie Skłodowska-Curie ITN Initiative. Ziel des Projekts ist es, junge Forschende in neuen Technologien der Wasserstoffnutzung und CO<sub>2</sub>-Verwertung auszubilden. Die Institute für molekulare Biotechnologie sowie Biotechnologie und Bioprozesstechnik verfolgen ein ganzheitliches Konzept, das die Optimierung von Mikroorganismen und das Design neuer Gasbioreaktoren umschließt.

### VIelfÄLTIGER EINSATZ

Die Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff sind vielfältig. Auch TU Graz-Rektor Harald Kainz und Alexander Trattner, Leiter des Wasserstoff-Kompetenzzentrums HyCentA, sind von seinem Wert überzeugt. Im Oktober sprachen sie sich gemeinsam für höhere Investitionen in die wasserstoffbezogene Forschung aus und forderten von der österreichischen Regierung „Wasserstoff-Milliarden“. „Wir brauchen den Wasserstoff, um neue Energieformen realisieren und unsere Energiesysteme großtechnisch umbauen zu können“, fasst Trattner zusammen.

und Technologieentwicklung im Bereich grüner Wasserstoff sollen speziell für den Wirtschafts- und Verkehrsbereich forciert werden, um Österreich zum Innovationsführer zu machen.

Österreichische Unternehmen, Forschungsinstitute und Universitäten sind bereits seit Langem in der Forschung und Entwicklung von Wasserstofftechnologien tätig. Gestützt von den Pionierarbeiten von Karl Kordesch in den 1970er-Jahren, arbeiten heute an der TU Graz und deren Beteiligungen circa 160 Forschende in dem Feld. Damit ist die TU Graz mit dem Forschungszentrum HyCentA zu einer der größten Forschungseinrichtungen dieser Art in Europa avanciert. Der weitere Ausbau der Forschungsinfrastrukturen am HyCentA und an der TU Graz soll die Forschung weiter stärken.

Jetzt müssen die Entwicklungen weitergeführt, beschleunigt und Ergebnisse in den Markt transferiert werden. Ausbildung und Lehre dieses Fachgebiets sind ebenso weiter zu forcieren. Vielversprechend für Österreich ist, dass die heimische Industrie und Forschung das Bergen dieses Potenzials als Gemeinschaftsprojekt betrachten und eine Reihe an Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen bereits daran arbeiten. ■

Ob der Weg in eine grüne Zukunft ohne Umwege möglich ist, steht für Viktor Hacker noch nicht fest: „Derzeit ist noch nicht ausreichend Strom aus erneuerbaren Energiequellen vorhanden, um flächendeckend Energie in Form von Wasserstoff speichern und einsetzen zu können.“ Umwege über sogenannten blauen oder türkisen Wasserstoff sind denkbar. Dabei wird Wasserstoff zwar weiterhin aus fossilen Energiequellen gewonnen, aber das CO<sub>2</sub> wird abgespalten und die Emissionen somit wesentlich verringert. „Das ist ein sehr interessanter Ansatz und kann dabei helfen, die wichtigen Technologien in die Gesellschaft zu bringen. Unser angestrebtes Ziel ist aber natürlich grüner Wasserstoff aus 100 Prozent erneuerbaren Energien.“ ■

### H2GreenTech

Um dieses Ziel erreichen zu können, initiierten Hacker und seine Arbeitsgruppe 2020 das Projekt H2GreenTech, in dem die Zusammenarbeit in der Wasserstoffforschung grenzübergreifend zwischen Slowenien und Österreich sowie zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gefördert werden soll.

**Mehr zum  
Projekt  
H2GreenTech.**