

lookKIT

DAS MAGAZIN FÜR FORSCHUNG, LEHRE, INNOVATION
THE MAGAZINE FOR RESEARCH, TEACHING, INNOVATION
AUSGABE/ISSUE #04/2022
ISSN 1869-2311

WASSERSTOFF

GROSSE HOFFNUNG: GRÜNER WASSERSTOFF – DAS ERDÖL DER ZUKUNFT?

GREAT HOPES: GREEN HYDROGEN – THE FUTURE PETROLEUM?

STARKES PAAR: DIE HYBRIDE ENERGIE-PIPELINE

POWERFUL COMBINATION: THE HYBRID ENERGY PIPELINE

KRÄFTIGER WIND: WASSERSTOFFPRODUKTION OFFSHORE

STRONG WIND: HYDROGEN PRODUCTION OFFSHORE



**KLEINTEILIG
VERÄNDERN?**

**ODER GANZHEITLICH
TRANSFORMIEREN?**

Werde jetzt Teil unseres starken Netzwerks aus IT-Expert*innen! Gestalte die digitale Welt von morgen und treibe Themen wie Cloud, Data sowie Transformation mit Schwerpunkt SAP oder auch Salesforce voran. Wir bieten dir ein inspirierendes Team, flexible Karrieremöglichkeiten sowie die Freiheit, mit deiner Arbeit für dich und andere Perspektiven zu schaffen.

Erfahre jetzt mehr über uns und deine Einstiegsmöglichkeiten:

www.capgemini.de/karriere

Mehr erfahren

**GET THE FUTURE
YOU WANT**

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

auf dem Weg zu einem klimaneutralen Deutschland bis 2045 ist Grüner Wasserstoff ein zentrales Schlüsselement. Der Energieträger kann fossile Brennstoffe ersetzen, als Speicher für Strom aus erneuerbaren Quellen dienen, nachhaltige Mobilität ermöglichen und die verschiedenen Energiesektoren miteinander verknüpfen. Um eine grüne Wasserstoffwirtschaft weiter voranzutreiben, fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) drei Wasserstoff-Leitprojekte, in denen Beteiligte aus Industrie, Wissenschaft und Verbänden daran arbeiten, die dafür notwendigen Technologien weiterzuentwickeln. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT, der Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft, übernehmen Verantwortung und leisten dazu maßgebliche Beiträge, die wir Ihnen neben anderen Themen vorstellen wollen.

Ab Seite 16 erhalten Sie einen Überblick über den Einsatz von Wasserstoff als Energieträger – von der Entdeckung und ersten Anwendungen bis hin zur Frage der Sicherheit von Wasserstofftechnologien.

Professor Roland Dittmeyer vom Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) des KIT und Dr. Frank Graf vom Engler-Bunte-Institut (EBI) des KIT blicken im Interview ab Seite 20 auf die Herausforderungen einer Wasserstoffwirtschaft und erklären, wo und wie Grüner Wasserstoff zukünftig erzeugt werden könnte.

Um Wasserstoff möglichst energieeffizient herstellen zu können, ist die Optimierung von Elektrolyseverfahren essenziell. Ab Seite 24 lesen Sie, wie Forschende des Instituts für Angewandte Materialien (IAM) des KIT daran arbeiten, die Technologie weiter zu verbessern.

Wasserstoff gelangt unter anderem in flüssiger Form vom Herstellungsort zu Verbraucherinnen und Verbrauchern. Ein Team um Professorin Tabea Arndt vom Institut für Technische Physik (ITEP) des KIT kombiniert Flüssigwasserstoff-Pipelines mit Supraleiterkabeln zu einer besonders effizienten hybriden Energie-Pipeline (ab Seite 28).

Am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT betrachten Forschende die Rahmenbedingungen für ein Gelingen der Wasserstoffstrategie Deutschlands. Im Interview ab Seite 50 blicken Dr. Christine Rösch und Dr. Dirk Scheer unter anderem auf die Nutzungskonflikte, die mit einer Wasserstoffwirtschaft einhergehen.

Viel Vergnügen bei der Lektüre!

Ihr



Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Präsident des KIT // President of KIT



Holger Hanselka, Foto/Photograph: Markus Breig

DEAR READER,

Green hydrogen is a key element on the way to climate neutrality for Germany by 2045. The energy carrier can replace fossil fuels, serve as storage for electricity from renewable sources, enable sustainable mobility, and link the various energy sectors. To further advance a green hydrogen economy, the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is funding three hydrogen lead projects in which partners from industry, science, and associations are working to further develop the technologies required for this purpose. Researchers at KIT – the Research University in the Helmholtz Association are taking responsibility and making significant contributions, which we would like to present to you along with other topics.

Go to page 19 for an overview on the use of hydrogen as an energy carrier – from hydrogen discovery and first applications to the issue of hydrogen technology safety.

In the interview starting on page 22, Professor Roland Dittmeyer from KIT's Institute for Micro Process Engineering (IMVT) and Dr. Frank Graf from KIT's Engler-Bunte Institute (EBI) look at the challenges of a hydrogen economy and explain where and how green hydrogen could be produced in the future.

To produce hydrogen as energy-efficiently as possible, it is essential to optimize the relevant electrolysis processes. Turn to page 26 to read how researchers at the Institute for Applied Materials (IAM) of KIT are working on further improving the technology.

Hydrogen is delivered from the point of production to consumers in liquid form. A team led by Professor Tabea Arndt from KIT's Institute for Technical Physics (ITEP) combines liquid hydrogen pipelines with superconducting cables to create a particularly efficient hybrid energy pipeline (from page 31).

At the Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS) of KIT, researchers examine the conditions necessary for the success of Germany's hydrogen strategy. In the interview starting on page 52, Dr. Christine Rösch and Dr. Dirk Scheer look at the conflicts of resource allocation associated with a hydrogen economy.

Enjoy reading!
Yours

INHALT / CONTENT

BLICKPUNKT / FOCUS

10 – 14
INTERVIEW MIT PROFESSOR HOLGER HANSELKA, PRÄSIDENT DES KIT: „DIE ENERGIEWENDE BRAUCHEN WIR NACH WIE VOR“

Interview with Professor Holger Hanselka, President of KIT: “We Still Need the Energy Transition”

16 – 19
WASSERSTOFF: ENERGIETRÄGER DER UNBEGRENZTEN MÖGLICHKEITEN?
 Hydrogen: Energy Carrier of Unlimited Possibilities?

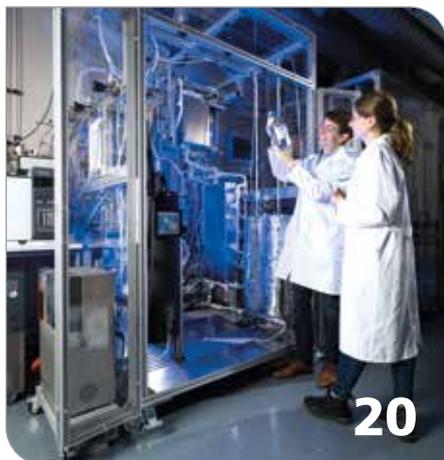
20 – 23
INTERVIEW MIT PROFESSOR ROLAND DITTMAYER UND DR. FRANK GRAF: IST GRÜNER WASSERSTOFF DAS ERDÖL DER ZUKUNFT?

Interview with Professor Roland Dittmeyer and Dr. Frank Graf: Is Green Hydrogen the Future Petroleum?

24 – 27
ELEKTROLYSE: WASSERSTOFF-ERZEUGUNG IM KLEINEN UND GROSSEN OPTIMIEREN
 Electrolysis: Optimizing Hydrogen Production on Small and Large Scales

28 – 31
STARK ALS PAAR: STROM UND WASSERSTOFF IN EINER LEITUNG
 A Powerful Combination: Power and Hydrogen in the Same Pipeline

32 – 34
FESTGEHALTEN: SPEICHERUNG VON WASSERSTOFF IN NANOSKALIGEN METALLEN
 Captured: Storing Hydrogen in Nanoscale Metals



20



10

35
AUF EINE FRAGE: KANN MAN DIE GRAVITATION ALS ENERGIEQUELLE NUTZEN?

Just a Question: Can Gravitation Be Used as a Source of Energy?

36 – 40
INTERVIEW MIT DR. STEFFEN KNAPP, STADTWERKE KARLSRUHE: NEUES GAS IN ALTEN NETZEN

Interview with Dr. Steffen Knapp, Stadtwerke Karlsruhe: New Gas in Old Grids

41
AUGENBLICKKIT: BUNDESFORSCHUNGS MINISTERIN STARTET GROSSSIMULATION IM ENERGY LAB 2.0

AUGENBLICKKIT: Federal Research Minister Launches Large-scale Simulation at Energy Lab 2.0



32



42 – 43
NACHRICHTEN
News

44
**AUSGRÜNDUNG: HEIZKOSTEN
SENKEN – DER KONFIGURATOR
VON MODUGEN ZEIGT WIE**
Startup: Reducing Heat Costs –
A Configuration Tool Helps

ORTE / PLACES

46 – 48
**E-XPLORE: COMPACT
POWER-TO-LIQUID LAB**
e-XPlore: Power-to-Liquid
im kompakten Labor

WEGE / WAYS

50 – 52
**INTERVIEW MIT DR. CHRISTINE
RÖSCH UND DR. DIRK SCHEER:
VON ABHÄNGIGKEITEN,
UMWELTSTANDARDS UND
BEZAHLBARER ENERGIE**
Interview with Dr. Christine Rösch
and Dr. Dirk Scheer: Of Dependencies,
Environmental Standards and
Affordable Energy

53
INTERNATIONAL NEWS
Internationale Nachrichten

GESICHTER / FACES

54 – 56
**PROFESSORIN ALMUT ARNETH:
„WIR MACHEN UNS ALS SPEZIES
DAS LEBEN VERDAMMT SCHWER“**
Professor Almut Arneth: “We Humans
Are Making Life Damn Hard for
Ourselves”

HORIZONTE / HORIZONS

58 – 59
**HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT:
INSPIRED BY CHALLENGES**
Helmholtz Association:
Inspired by Challenges

60
**UND SONST?: FARBIGE FASSADEN
STEIGERN AKZEPTANZ FÜR HOLZBAU**
What Else?: Colored Facades Increase
Acceptance for Timber Construction

61
IMPRESSUM
Imprint





Testbetrieb I

Winter 1986 am damaligen Forschungszentrum Karlsruhe: Ein von Forschenden des Instituts für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR) umgebauter VW-Bus fährt bepackt mit Gasflaschen durch den Wald. Die Testfahrt dient nicht zum Transport der Behälter, der Bulli wird von ihnen angetrieben – genauer gesagt vom Wasserstoff, der sich darin befindet. Der Bus ist einer der Prototypen für wasserstoffbetriebene Straßen- und Schienenfahrzeuge, die damals an den Vorgängerinstitutionen des KIT entstanden. Angestoßen von der Ölkrise der 1970er-Jahre wollte man mit den Konzepten die Abhängigkeit von erdölproduzierenden Ländern verringern. Damals setzten sich

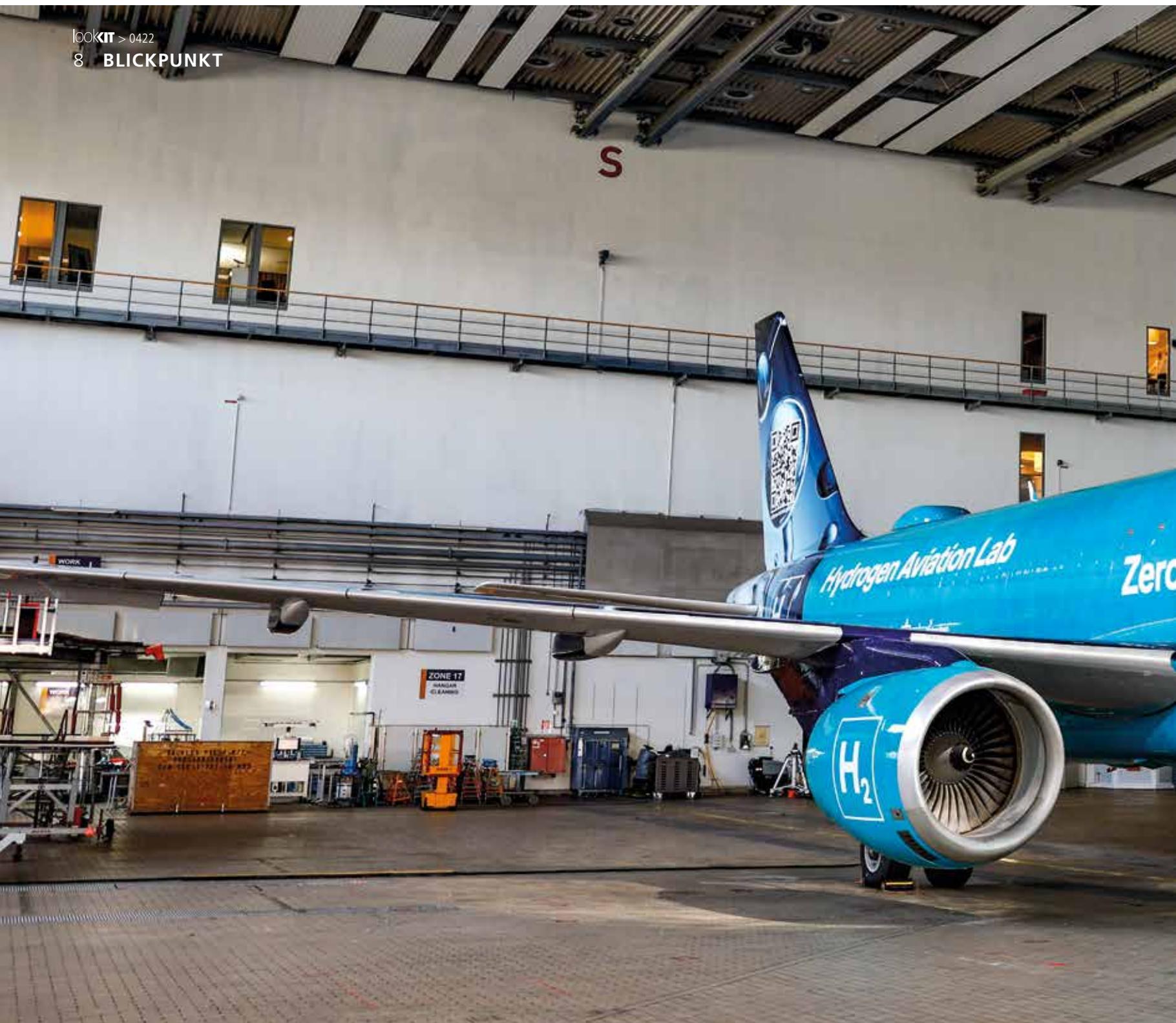
die Technologien unter anderem aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit nicht durch. Der Klimawandel und die Energiekrise könnten das heute ändern. In der Nationalen Wasserstoffstrategie nimmt die Bundesregierung das Gas als grünen Energieträger in den Fokus. Um die Klimaziele zu erreichen, könnten Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge vor allem im Öffentlichen Personennahverkehr, im Schwerlast- und Lieferverkehr, bei Nutzfahrzeugen auf Baustellen oder in der Land- und Forstwirtschaft den Ausstoß von Luftschadstoffen sowie CO₂-Emissionen senken. Auch bei PKW könnte der Einsatz von Wasserstoff in bestimmten Bereichen eine Alternative sein.



Test Operation I

Winter 1986 at the then Karlsruhe Research Center: A VW bus, converted by researchers of the Institute for Neutron Physics and Reactor Technology (INR), is driving through the forest, packed with gas bottles. This test drive is not about transporting bottles. Rather, the bottles are fueling the bus – or, to be more precise, the hydrogen they contain is. The bus is one of the prototypes of hydrogen-fueled road and rail vehicles that were designed by KIT's predecessor institution. Motivated by the oil crisis of the 1970s, these concepts were intended to reduce dependence on petroleum-producing countries. Howev-

er, hydrogen technologies were not successful at that time, as they lacked economic efficiency. Today's climate change and energy crisis could change that. The Federal Government's Hydrogen Strategy focuses on hydrogen as a green energy carrier that could help achieve its climate goals. Hydrogen-fuel cell vehicles could reduce the emission of air pollutants, such as CO₂, by public transit, heavy-duty and goods transport, utility traffic on construction sites and in agriculture and forestry. Hydrogen may also be an alternative for cars in certain areas.



Testbetrieb II

Dieser Airbus A320 bleibt zukünftig am Boden. Er soll dazu beitragen, die Luft- und Raumfahrtindustrie auf das Fliegen mit Wasserstoff vorzubereiten. Das ausgemusterte Flugzeug wird auf der Basis der Lufthansa Technik in Hamburg zu einem Real-labor für Wasserstofftechnologien umgebaut. Das Unternehmen will darin zusammen mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), dem Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung (ZAL) und dem Hamburg Airport den Betrieb und die Wartung zukünftiger wasserstoffbetriebener Flugzeuge erproben. Dafür bauen die Beteiligten eine Wasserstoffinfrastruktur

am Boden auf und installieren einen Flüssigwasserstofftank sowie eine Brennstoffzelle im Flugzeug. Wasserstoff könnte in der Luftfahrt entweder statt Kerosin zum Einsatz kommen oder mithilfe von Wasserstoff-Brennstoffzellen an Bord zur Stromerzeugung dienen, um mit dem Strom einen Elektromotor betreiben zu können. Als Nebenprodukt entsteht bei beiden Verfahren lediglich Wasserdampf. Wird der eingesetzte Wasserstoff mit erneuerbaren Energien erzeugt, könnte der Luftverkehr so klimaneutral werden. Wie sich die Technik weiterentwickelt und wie schnell sie eingesetzt werden kann, bleibt abzuwarten.



Test Operation II

This Airbus A320 is permanently grounded. It will continue to be used, however, helping prepare the aerospace industry for flying with hydrogen. At the Lufthansa Technik headquarters in Hamburg, the decommissioned aircraft is being converted to a real-world lab for hydrogen technologies. Together with the German Aerospace Center (DLR), the Center for Civil Aviation Research (ZAL), and Hamburg Airport, Lufthansa Technik will test operation and maintenance of future hydrogen-fueled aircraft. For this purpose, hydrogen infrastructure will be set up on

the ground and the aircraft will be equipped with a liquid hydrogen tank and a fuel cell. In aviation, hydrogen may be used instead of kerosene or converted into power by hydrogen fuel cells. This power could then be used to drive an electric motor. The only by-product produced by either process is water vapor. If the hydrogen is produced with renewable energy, aviation will become climate-neutral. It remains to be seen how the technology will develop and how quickly it will be applied.



„Die **Energiewende**“

**PROFESSOR HOLGER
HANSELKA, PRÄSIDENT
DES KIT, ZUM WEG AUS
DER ENERGIEKRISE**

VON KAI DÜRFELD UND DR. MARTIN HEIDELBERGER

Mit dem Überfall Russlands auf die Ukraine hat sich vieles verändert – nicht zuletzt muss Deutschland nun unabhängig von russischen Energielieferungen werden. Langfristig sind dabei erneuerbare Energien und eine Wasserstoffwirtschaft die beste Lösung, sagt der Präsident des KIT und Helmholtz-Vizepräsident für den Forschungsbereich Energie, Professor Holger Hanselka.

lookKIT: Herr Hanselka, Russland liefert praktisch kein Gas mehr nach Deutschland. Momentan wird das ja immer noch

durch die Speicher in Deutschland abgedeckt – aber was passiert, wenn dieser Puffer aufgezehrt ist?

Professor Holger Hanselka: Bereits vor dem Lieferstopp im September war es Deutschland gelungen, die Versorgung stark zu diversifizieren. Zuletzt wurden nur noch etwa 17 Prozent unseres Gases aus Russland geliefert und dieser Prozess geht weiter. Vom verfügbaren Gas geht momentan etwa ein Drittel in die Industrie. Hier wird es einerseits genutzt, um Prozesswärme zu erzeugen. Das lässt sich in einer Mangellage sicher zu einem gewissen Teil auch durch andere Energieträger wie Öl oder Kohle erreichen, außerdem können Effizienzsteigerungen bei bestimmten Prozessen zu Einsparungen führen. Oder einzelne Industrieprozesse werden zumindest für diesen Winter stark heruntergefahren oder ganz eingestellt. Andererseits ist Methan aber Ausgangsstoff für sehr viele chemische Grundstoffe. Dieser Teil kann nicht so schnell ersetzt werden. Nun könnte man sich etwa dazu entscheiden, Teillastbetrieb zu fahren. Das ginge vielleicht in





COLLAGE: DOMINKA ROGOCKA

brauchen wir nach wie vor“

der chemischen Industrie. Die produziert dann aber weniger Produkte, was wir in den Sekundärmärkten merken würden. Eventuell auch mit Kettenreaktionen und Engpässen in den Lieferketten, immerhin ist die chemische Industrie Grundlieferant für nahezu alle Produkte. Es gibt aber auch Branchen, in denen Teillast gar keine Option ist. Dazu zählt beispielsweise die Glasherstellung. Eine Glaswanne kann man nur komplett heizen oder stilllegen. Das heißt, bei Gasknappheit müsste hier die Produktion ganz eingestellt werden. Ein weiteres Drittel des Gases geht an Haushalte für die Raumwärme und weitere zwölf Prozent gehen an Gewerbebetriebe. Hier wird es zum Heizen und für warmes Wasser benötigt. Wärmepumpen wären eine Alternative, aber dafür sind oft größere Baumaßnahmen und Investitionen notwendig. Kurzfristig wird man wohl in vielen privaten Haushalten sowie im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen keinen Ersatz finden. Also, in der Tat ist eine Versorgungslücke mit gravierenden Folgen weiterhin nicht ausgeschlossen.

Für wie realistisch halten Sie dieses Szenario?

Es ist jetzt nicht die Zeit, um den „Teufel an die Wand zu malen“. Unsere Übertragungsnetzbetreiber und die weiteren Beteiligten des Energiesystems führen ihre Arbeit maximal gut und kompetent aus. Das sind Profis, die wissen, was sie tun. Das haben Stresstests gezeigt. Natürlich kann in dieser großen Krise Unerwartetes passieren, aber ich denke, mit sinkendem Heizbedarf im Frühjahr, mit weiteren Gaslieferungen aus anderen Ländern sowie mit weiterhin konsequenten Energiesparmaßnahmen – und hier sind auch private Haushalte und deren Bereitschaft die Raumtemperatur herunterzuregulieren gefragt – werden wir mit einem blauen Auge davonkommen.

Ums Energiesparen kommen wir also nicht herum?

Energie zu sparen, tut immer gut – nicht nur in der jetzigen Phase. Dass man mit Energie sparsam umgeht, sollten wir alle schon als Kinder

in der Schule oder im Elternhaus gelernt haben. Dass man zum Beispiel die Fenster nicht beliebig lange offen lässt, sondern besser eine Stoßlüftung macht. Das sind keine neuen Erkenntnisse und ich beobachte auch viel Verständnis und Unterstützung. Es leuchtet doch ein, die Raumtemperatur um ein Grad Celsius abzusenken und damit bis zu sechs Prozent der Primärenergie zu sparen. Unseren Bürgerinnen und Bürgern diese Sparmaßnahmen zu empfehlen und zu appellieren, mit Energie sparsam umzugehen, ist auf jeden Fall sinnvoll und angemessen. Auch wir am KIT leisten da natürlich unseren Beitrag und setzen entspre-



FOTO: MARKUS BREIG

Professor Holger Hanselka, Präsident des KIT und Helmholtz-Vizepräsident für den Bereich Energie

Professor Holger Hanselka, President of KIT and Helmholtz Vice-President Research Field Energy

chende Maßnahmen etwa bei der Raumtemperatur, der Beleuchtung und der Warmwasseraufbereitung konsequent um.

Welcher Weg führt uns aus der Energiekrise?

Um die unmittelbaren Folgen zu mildern, verbrauchen wir zurzeit mehr Öl und Kohle als ursprünglich geplant, auch die verbliebenen Kernkraftwerke werden bis April nächsten Jahres weiterbetrieben. Wir werden außerdem mehr Flüssiggas importieren und das muss gekühlt, komprimiert und transportiert werden. Energetisch ist dieser Prozess sehr aufwendig, teuer und auch nicht klimafreundlich. Wir müssen also kurzfristig viele Kompromisse eingehen, aber anders geht es nicht. Die Voraussetzungen für langfristige Strategien haben sich durch den russischen Überfall auf die Ukraine allerdings nicht grundsätzlich geändert. Die Energiewende brauchen wir nach wie vor und nach wie vor sehe ich einen massiven und beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energi-

“We Still Need the Energy Transition”

President of KIT Professor Holger Hanselka Discusses the Way Out of the Energy Crisis

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM

Much has changed with Russia's invasion of Ukraine. Germany must become independent of Russian energy supplies. “Even before the supply freeze, Germany had managed to diversify its gas supply considerably,” says Professor Holger Hanselka, President of KIT and Helmholtz Vice President for the Research Field Energy. He adds that, in industry, a major use for gas is to generate process heat. According to Hanselka, this can also be achieved to a certain extent using oil or coal. On the other hand, methane is a feedstock for basic chemicals, and that cannot be readily replaced. In addition, gas goes to homes and businesses. “Since larger construction measures and investments are required for alternatives such as heat pumps, there might not be a substitute in the short term in private households and in the trade, services, and industry sectors,” Hanselka explains. Nevertheless, the President of KIT believes that people will get off lightly – thanks to the drop in heating demand in spring, gas supplies from other countries, and consistent energy-saving measures. “Saving energy is always good for you,” says Hanselka.

“We still need the energy transition for a sustainable and resilient energy supply. A massive and accelerated expansion of renewable energies is imperative,” Hanselka emphasizes and goes on to point out that the Helmholtz Association has taken a systemic view by creating simulation models for both the electricity and gas grids. “For example, we can evaluate what happens when half of the gas is no longer available. And we can calculate how best to counteract this.”

President Holger Hanselka considers hydrogen technologies indispensable for the success of the energy transition. “Speaking of steel production, for example, hydrogen can replace fossil fuels in industry. Moreover, it is considered a promising fuel in the transport and heating sectors.” He goes on to stress that for a hydrogen economy, a nationwide infrastructure of hydrogen refueling stations connected to a hydrogen network must be created. This can only be achieved through a joint effort by politicians and industrialists. In addition, Hanselka considers photovoltaics and geothermal energy significant for the energy transition. “The Upper Rhine Graben is a hotspot with huge amounts of heat lying dormant underground,” he says. “We must now further develop geothermal projects to be able to implement them as quickly as possible.” The planned large-scale Helmholtz infrastructure GeoLaB, a joint initiative of KIT, GFZ German Research Centre for Geosciences, and Helmholtz Centre for Environmental Research, will explore the safe and ecologically sustainable use of geothermal energy. ■

en als zwingend erforderlich an. Wir müssen den Klimawandel in den Griff bekommen.

Wie kann die Wissenschaft dabei helfen, das Energiesystem für die Zukunft fit zu machen, um damit einerseits dem Klimawandel entgegenzutreten und andererseits die Abhängigkeiten von einzelnen Staaten zu verringern?

Ein wichtiger Forschungsbeitrag, den wir in der Helmholtz-Gemeinschaft leisten, ist es, systemische Betrachtungen anzustellen. Wir haben sowohl das Strom- wie auch das Gasnetz in Simulationsmodellen hinterlegt. Damit können wir Szenarien berechnen und Vorhersagen für unterschiedliche Szenarien treffen. Wir können also das Energiesystem sehr weitgehend beschreiben. So können wir beispielsweise bewerten, was passiert, wenn plötzlich die Hälfte des Gases nicht mehr verfügbar ist. Und wir können berechnen, wie man unter Berücksichtigung aller Sektoren am besten gegensteuert. Eine solche systemische Betrachtung hat meines Erachtens in der Vergangenheit eine untergeordnete Rolle gespielt. Heute sind wir sehr gefragt und liefern wichtige Entscheidungsgrundlagen, sowohl für Industrieunternehmen als auch für die gesamte Bundesrepublik.

Wo besteht aus Sicht der Forschung noch Potenzial?

Die Energieforschung der Helmholtz-Gemeinschaft engagiert sich vor allem in Technologien mit hohem Potenzial. Zum Beispiel sehen wir Wasserstofftechnologien als unverzichtbar für den Erfolg der Energiewende an sowie eine zuverlässige Stromversorgung – gerade in den Zeiten, in denen Sonne und Wind nicht genug Energie liefern. Aber auch in der Industrie kann Wasserstoff fossile Energieträger ersetzen, Stichwort Stahlherstellung. Und auch im Verkehrs- und Wärmesektor gilt er als vielversprechender Treibstoff. Wir müssen jedoch die Herstellungsprozesse effizienter, nachhaltiger und kostengünstiger machen, und gleichzeitig dafür sorgen, dass Wasserstoff in allen Anwendungen ein verfügbarer, sicherer und zuverlässiger Energieträger ist. Dafür leisten wir wichtige Beiträge mit unseren Forschungsinfrastrukturen und unserer wissenschaftlichen Expertise.

Die Forschung treibt das Thema Wasserstoff also voran, welche Weichen muss aus Ihrer Sicht nun aber die Politik stellen, um die Wasserstoffwirtschaft anzukurbeln?

Gleichzeitig mit den verbesserten Herstellungsprozessen müssen auch die Rahmenbedingungen geschaffen werden, um den Was-

serstoff zu den Endkundinnen und -kunden zu bringen. Es muss also eine flächendeckende Infrastruktur aus Wasserstofftankstellen mit entsprechendem Anschluss an ein Wasserstoffnetz geschaffen werden – beispielsweise für den Schwerlastverkehr. Das ist vergleichbar mit den E-Ladesäulen. Dies kann nur von Politik und Wirtschaft gemeinsam geleistet werden.

Aber werden wir denn überhaupt genug Grünen Wasserstoff produzieren können, um eine Wasserstoffwirtschaft zu versorgen?

Da sprechen Sie einen wichtigen Punkt an: Wasserstoff ist natürlich nur grün, wenn er mit erneuerbaren Energien produziert wurde. In Deutschland werden wir dafür nicht genug Kapazitäten haben und auch hier bedarf es Energieimportstrategien. Wir werden nie energieautark werden, solange wir ein Industriestandort sind – was hoffentlich das gemeinsame, von der Gesellschaft getragene Zukunftsbild für Deutschland ist. Es liegt auf

der Hand, dass der Grüne Wasserstoff vor allem dort hergestellt werden muss, wo es viel ungenutztes Potenzial für erneuerbare Energien gibt, etwa in den Wüstenregionen der Erde oder auch in windstarken Gebieten von Küstenregionen. Wir dürfen uns allerdings nicht erneut von einzelnen Lieferanten abhängig machen.

Gibt es denn auch noch heimische Optionen bei den erneuerbaren Energien, durch die Deutschland unabhängiger werden kann?

Wir brauchen mehr Photovoltaik, ganz ohne Frage. Aber unsere Flächen sind begrenzt. Hier ist die Forschung gefragt, wir müssen auf gleicher Fläche deutlich mehr Strom produzieren. Genau das erproben wir zurzeit gemeinsam in Berlin, in Jülich und in Karlsruhe mit neuartigen Tandem-Solarzellen aus Perowskiten und Silizium, die dank innovativer Materialien zu einer effizienteren Umwandlung des einfallenden Sonnenlichts in Strom führen. Außerdem denke ich an die Geothermie. Wir

Im Energy Lab 2.0 am KIT machen Experimentalgebäude die Auswirkungen der Energiewende in Deutschland erlebbar

At KIT's Energy Lab 2.0, experimental buildings make it possible to experience the effects of the energy transition in Germany



Die Ziele der Klimapolitik lassen sich langfristig nur durch eine Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energien erreichen

The goals of climate policy can only be achieved in the long term by switching from fossil to renewable energies



FOTO: AWADEUS BRAMSIEPE

wissen, dass bei uns riesige Mengen an Wärme im Untergrund schlummern, die sich fördern lassen. Der Oberrheingraben ist zum Beispiel ein hervorragender Hotspot. Gemeinsam mit der Fraunhofer-Gesellschaft haben wir im Februar dieses Jahres eine Studie herausgegeben. In dieser zeigen wir, dass man allein nach derzeitigem Entwicklungsstand 25 Prozent der Wärmeversorgung in Deutschland aus Geothermie decken könnte. Eine erneuerbare und emissionsfreie Energiequelle, die man unbedingt nutzen sollte. Geothermie ist keine schnell umsetzbare Technologie, um kurzfristig zu helfen. Dennoch müssen wir jetzt auch die Geothermievorhaben weiterentwickeln, um sie möglichst schnell in die Anwendung zu bekommen. Denn Deutschland zu einem Viertel mit Wärme aus Geothermie versorgen zu können, das wäre ein Riesenschritt nach vorn. Auch unter dem Aspekt, dass mittelfristig unsere Kohlekraftwerke als Wärmequelle für die Fernwärmenetze der Stadtwerke wegfallen.

Was hindert uns daran das schneller umzusetzen?

Geothermie ist ja keine neue Erfindung. Reykjavik zum Beispiel ist komplett mit Geothermie versorgt. Das funktioniert prima. In Deutschland liegen geothermischen Quellen allerdings tiefer. Während die Stadtwerke München mit dem Ziel einer 80-prozentigen Deckung ihres Wärmebedarfes in 2040 hier Vorreiter sind, gibt es für die tieferliegende und regional unabhängige größte Ressource, das Grundgebirge, noch technologische Herausforderungen in der umweltgerechten Nutzung. Das führt auch dazu, dass wir – wie bei vielen anderen Fragestellungen auch – jede Menge Bedenken in der Gesellschaft sehen. Wenn wir also Tiefenbohrungen durchführen, dann fragen wir uns: Was macht das mit der

Seismizität? Führt das zu Verwerfungen im Untergrund? Alle diese Fragen sind berechtigt, die Forschung muss hier Antworten geben. Und genau zu diesen Fragestellungen, wie auch zum Dialog mit der Gesellschaft, leisten wir in der Helmholtz-Gemeinschaft wichtige Beiträge. Genau darauf zielt die Einrichtung des GeoLaB ab, einer einzigartigen Forschungsinfrastruktur zur Geothermieforschung direkt im Untergrund. Es soll im Schwarzwald oder im Odenwald realisiert werden, geowissenschaftliche Forschung in großem Maßstab ermöglichen und letztendlich den sicheren Einsatz der Geothermie beschleunigen.

Wenn wir diesen Winter überstanden haben, sind die Weichen dann auch für den nächsten Winter bereits richtig gestellt?

Ja und nein. Die Weichen sind dann ja zunächst so gestellt, dass wir keine russische

Kohle mehr importieren und russisches Gas weiterhin vor allem durch Flüssiggas ersetzen. Es liegt auf der Hand, dass der Prozess, es irgendwo auf der Welt herunterzukühlen, zu verdichten, zu uns zu bringen und wieder zu expandieren energetisch nicht besonders attraktiv ist. Also, ja, wir werden vermutlich auch den Bedarf für den nächsten Winter decken können. Allerdings ist das nicht die Lösung unseres Energie- und vor allem nicht unseres Klimaproblems. Kurzfristig müssen wir jetzt erst einmal das abfedern, was der russische Krieg gegen die Ukraine ausgelöst hat. Mittel- und langfristig – und darauf lege ich großen Wert – müssen wir an unseren klimapolitischen Zielen festhalten und entsprechend handeln. Wir müssen aus den fossilen Energieträgern herauskommen – das muss ganz ganz oben auf der Agenda bleiben. ■



WAS ADMIN? HIER BIN ICH KING.

Bleib du. Sei AU.

➤ **Starte deine Karriere bei Advanced UniByte**

Advanced UniByte (AU) ist eines der führenden IT-Systemhäuser für IT-Infrastrukturen, Speicherlösungen sowie Cloud- und Managed Services. Die tiefe Expertise in der Welt der IT in Verbindung mit einer einzigartigen Unternehmens-DNA macht die AU zu dem, was sie ist: **GUT / ECHT / ANDERS.**

Neugierig? Dann schreibe jetzt deine eigene AU-Story und bewirb dich bei uns. Wir freuen uns darauf, dich kennenzulernen!



[/BLEIB-DU-SEI-AU.DE](https://bleib-du-sei-au.de)



© systemic - stock.adobe.com

GEMEINSAM FÜR
EINE LEBENSWERTE
STADT **MANNHEIM**²

www.mannheim.de/jobs

STADT GESTALTEN

– machen Sie Ihre Ideen zu unserer Zukunft.

Werden Sie als **Bauingenieur*in** Teil der Stadt Mannheim!

MANNHEIM²

Professor Thomas Jordan, Leiter der Abteilung Wasserstoff am Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES) des KIT

Professor Thomas Jordan, head of the hydrogen department at the Institute for Thermal Energy Technology and Safety (ITES) at KIT



FOTO: RICCARDO PREVETE



Energieträger der unbegrenzten Möglichkeiten?

**WASSERSTOFF IST DAS AM WEITESTEN VERBREITETE
ELEMENT AUF DER ERDE – UND SEHR ENERGIEREICH**

VON DR. FELIX MESCOLI

Ein hochentwickeltes Industrieland wie Deutschland braucht eine saubere, sichere und bezahlbare Energieversorgung – das verdeutlicht die Energiekrise. Ein möglicher Teil der Lösung: Wasserstoff. Das im Universum und auf der Erde am weitesten verbreitete Element bietet als Energieträger schier unendliche Möglichkeiten.

Vorausgesetzt: Es steht genügend erneuerbare Energie zur Herstellung von nachhaltigem „Grünen“ Wasserstoff zur Verfügung. Denn dieser kommt in der Natur nicht als Gas vor, sondern muss energieintensiv aus Wasser oder Biomasse hergestellt werden. „Wasserstoff ist ein Energieträger, keine Energiequelle und deshalb eher mit Strom vergleichbar“, sagt Professor Thomas Jordan vom Institut für

Am Wasserstofftechnikum führen Forschende des KIT Experimente zur Sicherheit von Wasserstofftechnologien durch

KIT researchers conduct experiments on the safety of hydrogen technologies at the Hydrogen Test Center



FOTO: MARKUS BREIG

Wasserstoff nutzen. Am KIT wollen wir zeigen, dass und wie es geht.“

Prototypen von Wasserstoffautos und -flugzeugen bereits in den 1970ern

Neu sind die Erkenntnisse nicht: Wasserstoff wurde schon 1766 vom englischen Chemiker Henry Cavendish entdeckt und 1787 von Antoine Lavoisier benannt. Der Begründer der modernen Chemie erkannte, dass bei Verbrennung des energiereichen Gases Wasser entsteht und bezeichnete es deshalb als „hydrogène“, abgeleitet vom lateinischen hydrogenium: „Wasser erzeugender Stoff“. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde Wasserstoff über Kohlevergasung hergestellt und als wesentlicher Bestandteil des im Stadtgasnetz verwendeten Gasgemisches im Ruhrgebiet zur Straßenbeleuchtung und Hausheizung verwendet.

Die Bedeutung von Wasserstoff für die Mobilität wurde insbesondere in der Energiekrise der 1970er-Jahre erkannt. Um die Abhängig-

Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES) des KIT. Anders als Strom lasse sich Wasserstoff aber sehr gut speichern. „Strom und Wasserstoff können über Elektrolyse und energetische Rückwandlung eine sehr enge Beziehung miteinander eingehen. Strom kann so in Form von Wasserstoff gelagert und dieser bei Bedarf wieder in Strom oder Wärme zurückverwandelt werden“, erläutert der Wasserstoff-Experte. So könne das Energiesystem flexibler und robuster werden.

Mit Wasserstoff ließen sich demnach nicht nur Brennstoffzellen, sondern auch Verbrennungsmotoren effizient und klimaneutral betreiben. Die Ernte der Sonnenenergie aus dem Sommer könne zudem im Winter die Abhängigkeit von Öl, Kohle und Gas verringern. Zudem kann Grüner Wasserstoff als nachhaltiger

ger Rohstoff in der Chemieindustrie für die Synthese unterschiedlicher Stoffe eingesetzt werden, wie zum Beispiel Methanol oder Ammoniak, das zur Produktion von Stickstoffdünger gebraucht wird. „Damit ist Wasserstoff aus der Elektrolyse mit grünem Strom das Herzstück der Power-to-X-Technologien zur Speicherung von Stromüberschüssen in Zeiten, in denen die Produktion von Wind- oder Sonnenenergie den Bedarf übersteigt. Das kann den CO₂-Fußabdruck verschiedener Produkte drastisch reduzieren“, betont Jordan. „Wasserstofftechnologien ermöglichen es, den Energie-, Industrie- und Verkehrssektor miteinander zu koppeln, zu optimieren und nachhaltig zu gestalten“, erklärt Thomas Hirth, Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT. „Um die Energiewende zu meistern, sollten wir das ganze Potenzial von



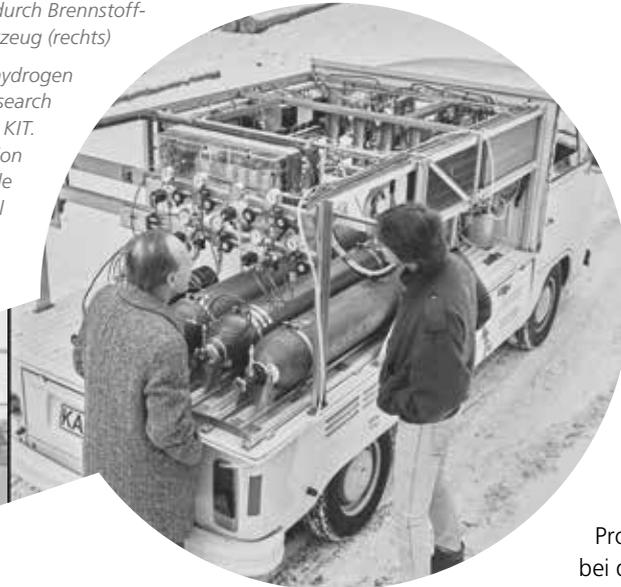
FOTO: MARKUS BREIG

Professor Thomas Hirth, Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT

Professor Thomas Hirth, Vice-President for Transfer and International Affairs at KIT

Bereits in den 70er- und 80er-Jahren wurde am Kernforschungszentrum Karlsruhe, einer der Vorgängerinstitutionen des KIT, an Wasserstoff geforscht. Dazu gehörten eine Versuchsanlage im Rahmen der Kernfusionsforschung (links) und ein durch Brennstoffzellen angetriebenes Wasserstoffversuchsfahrzeug (rechts)

As early as in the 1970s and 1980s, research on hydrogen was carried out at the Karlsruhe Nuclear Research Center, one of the predecessor institutions of KIT. This included a test facility as part of nuclear fusion research (left) and a hydrogen test vehicle powered by fuel cells (right)



FOTOS: KIT ARCHIV

Produktionskapazitäten bei der Elektrolyse.

keit von Ölimporten zu verringern, wurden unter anderem an den Vorgängerinstitutionen des KIT Prototypen für wasserstoffbetriebene Straßen- und Schienenfahrzeuge sowie Flugzeuge entwickelt. „Am damaligen Kernforschungszentrum Karlsruhe entstand ein Antriebskonzept für einen Wasserstoffbus mit Brennstoffzelle“, berichtet Jordan. Große Autohersteller produzierten und vermarkteten kleinere Serien an wasserstoffbetriebenen Autos – häufig mit Förderung durch öffentliche Gelder. „Vielfach verschwanden diese Konzepte in den Schubladen, die Technik galt als zu teuer“, konstatiert der Wasserstoffexperte. Die Herausforderungen der Klimakrise und Benzinpreise von zwei Euro pro Liter haben diese Einschätzung geändert.

Grüner Wasserstoff: eine Mangelressource

Ein Problem bleibt die mangelnde Verfügbarkeit von Grünem Wasserstoff: „In der Wasserstoffwirtschaft wird unterschieden zwi-

schen Grünem Wasserstoff, der aus erneuerbaren Quellen wie Sonne, Biomasse oder Wind stammt, und Grauem Wasserstoff aus fossilen Rohstoffen“, erläutert Jordan. Dabei werde Wasserstoff schon heute kommerziell in erheblichem Umfang erzeugt, weltweit etwa 120 Millionen Tonnen pro Jahr. „Allerdings sind über 99 Prozent davon Grauer Wasserstoff mit einem enormen ökologischen Fußabdruck von zehn Tonnen ausgestoßenem klimaschädlichem CO₂ pro produzierter Tonne Wasserstoff.“

Einen wesentlichen Anteil hat dabei die Petrochemie, wo der erzeugte Wasserstoff allerdings gleich wieder zur Raffinierung von Öl zu Benzin, Diesel oder Kerosin verbraucht wird. „Es besteht also ein gewaltiges Potenzial, CO₂ zu reduzieren, indem wir konventionell hergestellten Wasserstoff durch Grünen Wasserstoff ersetzen“, folgert Jordan. Um auf dem „Königsweg“ zur Herstellung von Grünem Wasserstoff aus grünem Strom und Elektrolyse endlich weiter voranzukommen, fehle allerdings bislang eine wasserstofffreundliche Gesetzgebung, beklagt der Wissenschaftler. Neben den erforderlichen Mengen an geeignetem Strom fehlen auch

Ausbau der Infrastruktur ist mit einigen Herausforderungen verbunden

Ein weiterer Stolperstein könnten Sicherheitsaspekte sein – auch wenn der Umgang mit Wasserstoff nicht automatisch gefährlicher sei als mit anderen Energieträgern wie Benzin oder Strom, betont Jordan. Dezentral mit erneuerbaren Energien oder in anderen, mit mehr Sonne und Wind begünstigten Ländern erzeugter Wasserstoff könnte sicher durch vorhandene Gasleitungen oder wie Erdgas verflüssigt per Schiff transportiert werden. „Hier sind Profis schon am Werk, um den Transport nach und in Deutschland sicher zu gestalten“, sagt Jordan, der selbst seit vielen Jahren zur Sicherheit bei der Nutzung von Wasserstoff forscht.

Jedoch sei die Verteilung an private Endkundinnen und -kunden bislang wenig verbreitet: Aufgrund seiner geringen Dichte erfordern Lagerung und Transport von Wasserstoff viel Raum, tiefste Temperaturen oder hohe Drücke, bis zum 1000-fachen des Umgebungsdrucks. Deutschlandweit gibt es erst etwa 100 Wasserstofftankstellen, die komprimierten Wasserstoff anbieten – eine davon am KIT für zwei wasserstoffbetriebene Busshuttles. „Tiefkalter oder verflüssigter Wasserstoff

DIE FARBEN DES WASSERSTOFFS



Grüner Wasserstoff
Erneuerbare Energien



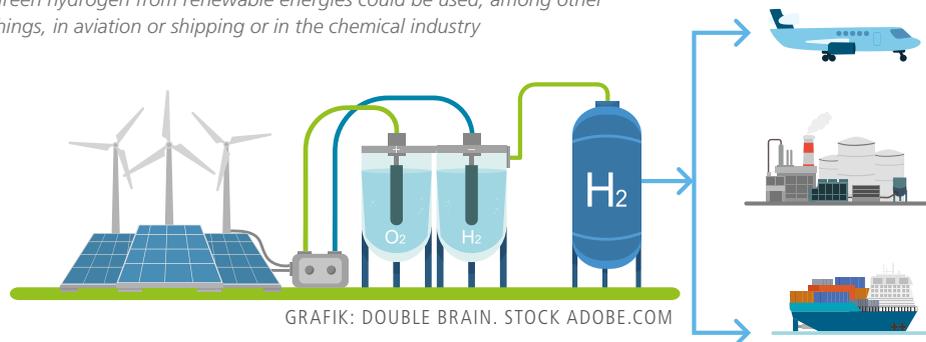
Grauer Wasserstoff
Fossile Brennstoffe



Blauer Wasserstoff
Fossile Brennstoffe, Speicherung des CO₂

Grüner Wasserstoff aus erneuerbaren Energien könnte unter anderem im Flug- oder Schiffsverkehr oder in der Chemieindustrie eingesetzt werden

Green hydrogen from renewable energies could be used, among other things, in aviation or shipping or in the chemical industry



ist an diesen öffentlichen Tankstellen überhaupt noch nicht erhältlich“, so Jordan. Große Speicher, die für eine großflächige Verteilung über Tankstellen notwendig wären, sind ebenfalls selten.

In einer Hochskalierung der Wasserstoffwirtschaft kämen zunehmend technische Laien in Berührung mit Wasserstoff, gibt Jordan zu bedenken. Ob beim Tanken oder im heimischen Keller, wo über Brennstoffzellen oder Kraft-Wärme-Kopplung bei Bedarf mit Wasserstoff erzeugter Strom in das Netz eingespeist werden kann, die Endkundinnen und -kunden kämen unmittelbar in Kontakt mit dem neuen Energieträger. Dies erfordere ein noch besseres Verständnis vom Verhalten von Wasserstoff bei Unfällen im Alltag. Außerdem brauche es fehlertolerante Technologien, größtmögliche Transparenz und eine umfangreiche Kommunikation, die den Ausbau der technischen Infrastruktur begleite, fordert Jordan: „Wasserstoff braucht nicht nur Akzeptanz, sondern auch Vertrauen.“ ■

Energy Carrier of Unlimited Possibilities?

Hydrogen Is the Most Widespread Element on Earth – and It Is Very Rich in Energy

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM

Hydrogen offers almost infinite possibilities as an energy carrier – as a climate-neutral fuel for vehicles, as an energy storage medium, and as a basic material for many production processes in the chemical industry. “Hydrogen technologies make it possible to combine the energy, industrial, and transport sectors, to optimize them, and to make them sustainable,” says Thomas Hirth, Vice-President for Transfer and International Affairs of KIT. “To cope with the energy transition, we should use the full potential of hydrogen. At KIT, we want to show that this is feasible.”

As early as the first half of the 20th century, hydrogen was produced from gasified coal and used as an essential component of synthesis gas for street lighting and home heating in the city gas network of the Ruhr region. Its importance to mobility was recognized especially during the energy crisis of the 1970s. “A drive concept for a hydrogen bus with a fuel cell was developed at the then Kernforschungszentrum Karlsruhe,” reports Professor Thomas Jordan of KIT’s Institute for Thermal Energy Technology and Safety (ITES). “At that time, however, the concepts of the car manufacturers were soon buried in the files, the technology was still considered too expensive.” The challenges of the climate crisis and gasoline prices of around two euros per liter have changed this assessment.

However, green hydrogen, which comes from renewable sources such as the sun, biomass, and wind, is not yet available in sufficient quantities. Another important concern is safety. It is true that handling hydrogen is not automatically more dangerous than handling other energy sources such as gasoline or electricity, Jordan emphasizes. But because of its low density, storing and transporting hydrogen require a lot of space, ultra-low temperatures or high pressures of up to 1000 times ambient pressure. In an upscaling of the hydrogen economy, technical laypersons would increasingly come into contact with hydrogen. “This requires a better understanding of the behavior of hydrogen in everyday accidents, fault-tolerant technologies, the greatest possible transparency, and comprehensive communication to accompany the expansion of the technical infrastructure,” Jordan clarifies. ■

@ thomas.jordan@kit.edu





FOTO: PATRICK LANGER

Ist Grüner

DIE HERAUSFORDERUNGEN DES AUFBAUS EINER WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

VON DR. STEFAN FUCHS

Nicht wenige Fachleute sehen mithilfe von Wind- oder Sonnenenergie hergestelltem Grünem Wasserstoff als klimaneutrales Erdöl der Zukunft. Auch die Bundesregierung sieht den Energieträger als zentralen Bestandteil für eine erfolgreiche Energiewende. Im Gespräch mit den beiden Experten Professor Roland Dittmeyer und Dr. Frank Graf, die am KIT zu Wasserstoff forschen, geht es um eine Einschätzung, ob das kleinste Element des Periodensystems die Erwartungen erfüllen kann, die weltweit zur Entwicklung nationaler Wasserstoffstrategien geführt haben, auch in Deutschland. Roland Dittmeyer ist Leiter des Instituts für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) des KIT und Mitglied des Forschungsteams im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Wasserstoffleitprojekt H₂Mare. Frank Graf ist Bereichsleiter Gasttechnologie der Forschungsstelle des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e. V. am Engler-Bunte-Institut (EBI) des KIT und koordiniert den Verbund GET H₂ TransHyDE im ebenfalls vom BMBF geförderten Wasserstoffleitprojekt TransHyDE.

lookKIT: Grüner Wasserstoff gilt als überaus vielseitig einsetzbar, als universell einsetzbarer Schlüsselrohstoff für die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft im Rahmen der Klimapolitik. Sind diese Hoffnungen gerechtfertigt?

Professor Roland Dittmeyer: Nur unter der Voraussetzung, dass es gelingt, ihn in den benötigten gewaltigen Mengen als Grünen Wasserstoff, das heißt aus erneuerbaren Quellen herzustellen.

Dr. Frank Graf: Der Hydrogen Council, ein internationaler Unternehmenszusammenschluss mit dem Ziel, den Einsatz von Wasserstofftechnologien zu beschleunigen, erwartet in einer aktuellen Analyse einen weltweiten Bedarf von circa 25 000 Terawattstunden aus Was-

In einer Versuchsanlage am KIT werden aus Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid synthetische Kraftstoffe hergestellt

Synthetic fuels are produced from hydrogen and carbon monoxide in an experimental plant at KIT



Wasserstoff das Erdöl der Zukunft?

serstoff pro Jahr. Wir haben im Rahmen eines Projekts ein Szenario entwickelt, bei dem wir allein in Deutschland bis 2045 etwa 700 bis 800 Terawattstunden benötigen.

Kann man diese Menge in Deutschland erzeugen?

Graf: Rund 40 Prozent der benötigten Menge können wir selbst herstellen. Der Rest muss importiert werden. Dafür ist der Aufbau einer Infrastruktur unerlässlich. Dazu gehören insbesondere ein europäisches Pipelinennetz und der Schiffstransport von Flüssigwasserstoff und Derivaten davon, etwa Methan, Methanol oder Ammoniak.

Aber kommt der Ausbau von Produktionskapazitäten nicht auch in den infrage kommenden Exportländern eher schlep-pend voran?

Graf: Der Vorteil bei den erneuerbaren Energien ist, dass wir nicht auf einzelne Länder oder Regionen angewiesen sind. Im Gegensatz zu Erdöl oder Erdgas gibt es weltweit große Potenziale, eine Diversifizierung der Bezugsquellen fällt deshalb leichter. Theoretisch könnte sich Europa sogar autark mit Grünem Wasserstoff versorgen. Aus Kostengründen wird man das aber sicherlich nicht tun.

Aufgrund großer Erzeugungspotenziale, geringer Erzeugungskosten und der moderaten Entfernung ist für Europa insbesondere die MENA-Region von Interesse, also der Mittlere Osten und Nordafrika. Hier sind bereits Infrastrukturen für Erdgas vorhanden, die auch für grüne Gase genutzt werden könnten. Dazu gehören Erdgas-Transportleitungen und Erdgas-Verflüssigungsanlagen. Allerdings gibt es in der Region erhebliche politische Risiken.

Wo liegen die Herausforderungen für einerseits kleinere, dezentrale Anlagen und andererseits zentrale Großanlagen, die beispielsweise mit großen Windparks gekoppelt sind?



Professor Roland Dittmeyer, Leiter des Instituts für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) des KIT (links) und Dr. Frank Graf, Bereichsleiter Gastechologie der Forschungsstelle des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e. V. am Engler-Bunte-Institut (EBI) des KIT (rechts)

Professor Roland Dittmeyer, Head of the Institute for Micro Process Engineering (IMVT) at KIT (left), and Dr. Frank Graf, Head of the Gas Technology Group of the DVGW Research Center at the Engler-Bunte Institute of KIT (right)

Dittmeyer: Selbst kleinere Anlagen bewegen sich im Megawattbereich. Da man davon sehr viele benötigt, ist die industrielle Serienfertigung von Elektrolyseuren für die Wasserstoffproduktion ein wichtiges Forschungsthema. Große Anlagen wiederum produzieren im Gigawattbereich. Dafür braucht es Standorte, wo regenerative Energie in großen Mengen kostengünstig zur Verfügung steht.

Graf: Für die großskalige Wasserstoffproduktion, beispielsweise in der MENA-Region, müssen die im Megawatt-Maßstab verfügbaren Elektrolysesysteme zu großtechnischen Anlagen im Gigawatt-Bereich gekoppelt werden. Auch die Weiterentwicklung der Produktion von Kohlenstoffmonoxid-Wasserstoff-Gemischen mithilfe der Hochtemperatur-Co-Elektrolyse ist ein wichtiges Thema. Auf diese Weise synthetisierte Kohlenwasserstoffe können zur Herstellung von alternativen Kraftstoffen oder in der Chemieindustrie zum Einsatz kommen.

Daneben werden wir aber auch viele Elektrolyseure brauchen, um überschüssigen Strom, etwa aus Produktionsspitzen beim Solarstrom, in kleineren dezentralen Anlagen aufnehmen zu können. Damit kann die Wasserstoffelektrolyse zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen.

Welchen Wirkungsgrad kann man bei der Elektrolyse erreichen?

Dittmeyer: Mit klassischen Verfahren, der alkalischen oder Proton-Exchange-Membran-Elektrolyse, erreichen wir eine Effizienz von etwa 60 bis 70 Prozent. Mit der neueren Hochtemperatur-Dampf-Elektrolyse erreicht man Wirkungsgrade von über 80 Prozent, wenn der Dampf durch Abwärme erzeugt wird. Die Effizienz der Elektrolyse hängt aber auch davon ab, mit welcher Last sie betrieben wird. Mit hoher Last hat sie eine geringere Effizienz als mit niedrigerer Last.

*In Anlagen angebunden
an Wind- oder Solarparks
könnte Wasserstoff in großen
Mengen produziert werden*

*Hydrogen could be produced
in large quantities in plants
connected to wind or solar parks*

FOTO: MALPI/STOCK-ADOBE.COM



Is Green Hydrogen the Future Petroleum?

Challenges in Establishing a Hydrogen Economy

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

According to the Federal Government's National Hydrogen Strategy, hydrogen is central to a successful energy transition. But are hopes justified for hydrogen becoming a universally usable resource for decarbonizing the world's economy? "Only if we succeed in producing necessary quantities in the form of green hydrogen, i.e. based on renewable sources," says Professor Roland Dittmeyer, Head of KIT's Institute for Micro Process Engineering (IMVT) and one of the researchers involved in the H₂Mare hydrogen lead project funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). "We have developed a scenario, according to which Germany alone will need about 700 to 800 terawatt hours from hydrogen by 2045," says Dr. Frank Graf, Head of the Gas Technology Group of the DVGW Research Center at the Engler-Bunte Institute (DVGW-EBI) of KIT. He also is coordinator of the GET H₂ TransHyDE collaboration in the TransHyDE hydrogen lead project funded by BMBF. About 40 percent of the required hydrogen can be produced by Germany on its own, Graf says. 60 percent will have to be imported. "Importing hydrogen from the Middle East and North Africa, the MENA region, is of particular interest to Europe. There, big generation capacities exist. Production costs are low. Infrastructures, such as transport pipelines, have already been built. However, political risks are great in this region," Graf says.

The researchers think that both small, decentralized plants as well as big central facilities can be used for the production of hydrogen. "Big plants need locations where large quantities of regenerative energy are available at low cost, such as big offshore wind parks or solar parks," Dittmeyer says. Smaller plants could contribute to stabilizing the power grid. "When megawatt-scaled photovoltaic facilities are operated, power also is produced at times of low consumption. To use this excess power, we need smaller, decentralized facilities for hydrogen electrolysis," Graf says. Using hydrogen to chemically store energy has advantages and drawbacks. "In contrast to battery storage, chemical storage by hydrogen is suited for large quantities and longer periods. Battery storage is relatively expensive. However, chemical storage is associated with bigger efficiency losses," Dittmeyer says. Researchers are now investigating whether and how the existing natural gas infrastructure can be used for the storage and transportation of hydrogen. "As regards the pipeline materials, 96 percent of our gas grids are compatible with hydrogen," Graf says. "But the whole periphery and the applications must be considered. What are the payment arrangements? Technical rules already exist for feeding hydrogen into the grid. But this issue will gain importance in the coming years." ■

Ist die chemische Zwischenspeicherung von Energie in Form von Wasserstoff eher für lange oder kürzere Zeiträume geeignet?

Graf: Wasserstoff erlaubt eine vergleichbare saisonale Speicherung über mehrere Wochen und Monate in großen Untergrundspeichern wie Erdgas. Für die Stabilisierung der lokalen Stromversorgung ist die Einspeisung ins Gasverteilnetz oder die Speicherung in Kugelgasbehältern denkbar, um den Wasserstoff bei Bedarf wieder verstromen zu können.

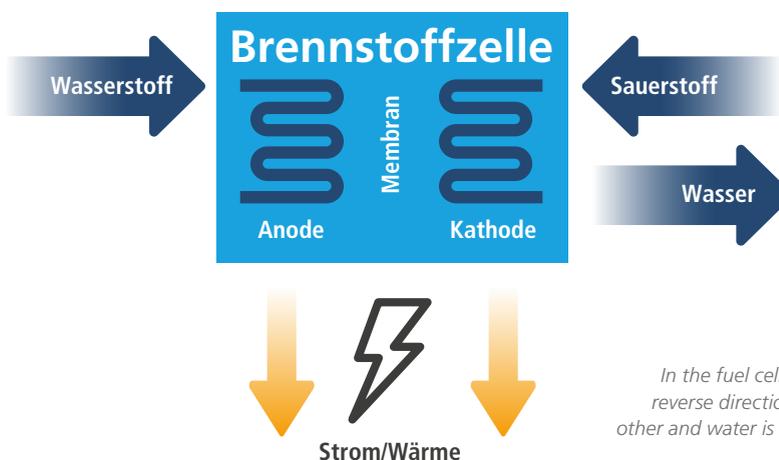
Dittmeyer: Im Unterschied zur Batteriespeicherung eignet sich die chemische Speicherung über Wasserstoff vor allem für größere Mengen und längere Zeiträume. Die Batteriespeicherung ist relativ teuer. Dafür sind die Effizienzverluste bei der chemischen Speicherung größer.

Kann man die bestehende Erdgasinfrastruktur für Speicherung und Transport nutzen?

Graf: Man muss unterscheiden, ob es um eine Zumischung zum Erdgas oder um reine Wasserstoffnetze geht. Was das Material der Rohrleitungen betrifft, können 96 Prozent unserer Gasnetze Wasserstoff vertragen. Aber man muss die ganze Peripherie und die Anwendungen beachten. Wie wird beispielsweise abgerechnet? Hierfür gibt es bereits technische Regelwerke, die in den nächsten Jahren ein wichtiges Thema sein werden.

Neben der Speicherfunktion spielt der Grüne Wasserstoff auch eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung der chemischen Industrie.

Dittmeyer: Richtig. Chemische Prozessketten, wie zum Beispiel die Herstellung von Ammoniak oder Ethylen, nutzen bisher Grauen Wasserstoff, der mit Hilfe von fossilen Brennstoffen gewonnen wurde. Tatsächlich können diese Prozesse mit Grünem Wasserstoff weiterbetrieben werden.



In der Brennstoffzelle findet der Prozess der Elektrolyse umgekehrt statt: Wasserstoff und Sauerstoff reagieren miteinander und es bildet sich Wasser. Die Reaktionsenergie wird in Strom umgewandelt, zudem entsteht Wärme

In the fuel cell, the process of electrolysis takes place in reverse direction: Hydrogen and oxygen react with each other and water is formed. The reaction energy is converted into electricity and heat is produced

Und bei der Dekarbonisierung der Mobilität mithilfe von Wasserstoff?

Dittmeyer: Züge, die mit Wasserstoff und Brennstoffzellen angetrieben werden, gibt es schon. Das ergibt Sinn, wenn eine Elektrifizierung der Strecke zu aufwendig ist. LKW könnte man ebenfalls mit Wasserstoff und Brennstoffzellen betreiben. Bei den PKW hängt es von der Entwicklung der Brennstoffzelle im Vergleich zur Batterie ab.

Was ist mit den aus Wasserstoff gewonnenen E-Fuels, also klimaneutralen Kraftstoffen?

Dittmeyer: Die Politik limitiert den Einsatz von E-Fuels auf bestimmte Anwendungen. Synthetisches Kerosin als Flugkraftstoff zum Beispiel. Als Nebenprodukt entsteht dann aber auch synthetischer Diesel. Der kann beim Schwerlastverkehr oder für Arbeitsmaschinen eingesetzt werden. Man könnte E-Fuels auch in PKW einsetzen. Das Argument dagegen ist, dass wir uns inzwischen auf die effizientere direkt-elektrische Lösung festgelegt haben.

Wird dadurch nicht das Prinzip der Technologieoffenheit verletzt? Die Geschwindigkeit der Dekarbonisierung ist ja auch ein wichtiger Faktor.

Dittmeyer: Ja, aber auch die Tiefe der Dekarbonisierung ist relevant. Die Kunst ist es, beides voranzubringen. Die Politik fürchtet, die gesellschaftliche Akzeptanz der batteriebetriebenen Mobilität zu schwächen, wenn sie die E-Fuels gleichwertig behandelt. Damit würde sich die Erneuerung des Fahrzeugbestands möglicherweise verzögern.

Graf: Aber selbst, wenn wir in zehn Jahren 15 Millionen Elektrofahrzeuge auf der Straße haben, gibt es immer noch 30 Millionen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Deshalb werden wir die synthetischen Kraftstoffe möglichst bald in großen Mengen herstellen müssen, nicht nur für den Schwerlast- oder Flugverkehr. Wir werden schlicht nicht warten können, bis alle Fahrzeuge elektrifiziert sind.

Das KIT ist am Wasserstoffleitprojekt des Bundes H₂Mare beteiligt. Da geht es um

die direkte Kopplung der Wasserstoffproduktion an die großen Windparks vor der Küste. Was sind die Vorteile?

Dittmeyer: Für weit vor der Küste liegende Windparks ist die elektrische Anbindung teuer. Wenn man Wasserstoff offshore erzeugen kann und ihn mit einer Pipeline an Land bringt, sind die Transportkosten niedriger als es eine elektrische Anbindung wäre. Außerdem ist die direkte Koppelung der Elektrolyse mit Windenergieanlagen effizienter, man benötigt weniger Komponenten und vermeidet die aufwändige Einspeisung elektrischer Energie im Gigawattbereich an Land.

Dem gegenüber steht der Aufwand, das offshore zu machen: die Kosten der Plattform, die Wartung auf See, die Automatisierung der Abläufe oder auch die Härtung gegen Weteroneinflüsse. Das wollen wir im Projekt analysieren. ■

@ roland.dittmeyer@kit.edu, frank.graf@kit.edu

ANZEIGE

HECTOR SCHOOL

OF ENGINEERING & MANAGEMENT

● **Developing Hydrogen Technologies for the Future**
 with an executive master of science, or certificate courses

● **Part-Time Studies and Work**
 in the fields of hydrogen, smart grids & buildings,
 power to X and X to power, regenerative energy systems,
 and learn about e-mobility & fuel cell



www.ectorschool.kit.edu/EEM



Testing Catalyst Degradation, E.g. O₂ evolution at Ir-ox

current density i / mA cm⁻²

potential E vs RHE / V

relative change of Δ_{O_2} / %

operation time / h

$r_{O_2} = f(\phi)$

1 Rutile Ir: Long-term operation leads to activity losses.
2 Kinetic model can capture features
3 Model reveals higher activation energies for deprotonation steps

Institute for Applied Materials - Electrochemical

FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

Wasserstoffherzeugung im **KLEINEN** und **GROSSEN** optimieren

MIT GRUNDLAGENFORSCHUNG UND
PRAXISBEZOGENEN PROJEKTEN MIT
INDUSTRIEPARTNERN EBNET DAS KIT DEN WEG
ZUR GRÜNEN WASSERSTOFFERZEUGUNG

VON MARTIN GROLMS



Professorin Ulrike Krewer, Leiterin des Instituts für Angewandte Materialien – Elektrochemische Technologien (IAM-ET) des KIT und Dr. Philipp Röse, Leiter der Forschungsgruppe Elektrokatalyse/Elektrosynthese am IAM-ET (linke Seite) forschen an Katalysatoren für die Elektrolyse

Professor Ulrike Krewer, head of the Institute for Applied Materials – Electrochemical Technologies (IAM-ET) at KIT and Dr. Philipp Röse, leader of the research group Electrocatalysis/Electrosynthesis at IAM-ET (left page) are working on catalysts for electrolysis



FOTOS: MAGALI HAUSER



Das Institut für Angewandte Materialien – Elektrochemische Technologien (IAM-ET) des KIT forscht erfolgreich an der Verbesserung von Elektrolyseuren. Ziel ist es, damit zukünftig möglichst viel Grünen Wasserstoff für die Energiewende zu produzieren.

Bei einem Katalysator (kurz: „Kat“) denken die meisten wahrscheinlich an einen Fahrzeugkatalysator. Er kann die Schadstoffe im Abgas fast vollständig in ungiftige Stoffe umwandeln. Doch eigentlich wandelt der Kat die Stoffe gar nicht um, sondern beschleunigt oder ermöglicht spezielle Reaktionen, indem er die nötige Aktivierungsenergie absenkt.

Ein weiteres Anwendungsgebiet, in dem Katalysatoren eine wichtige Rolle spielen, sind Elektrolyseure, die Wasser mithilfe von elektrischem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufspalten. Mit regenerativer Wind- oder Solarenergie lässt sich auf diese Weise Grüner Wasserstoff herstellen, der zukünftig eine zentrale Rolle in der Energiewirtschaft spielen soll.

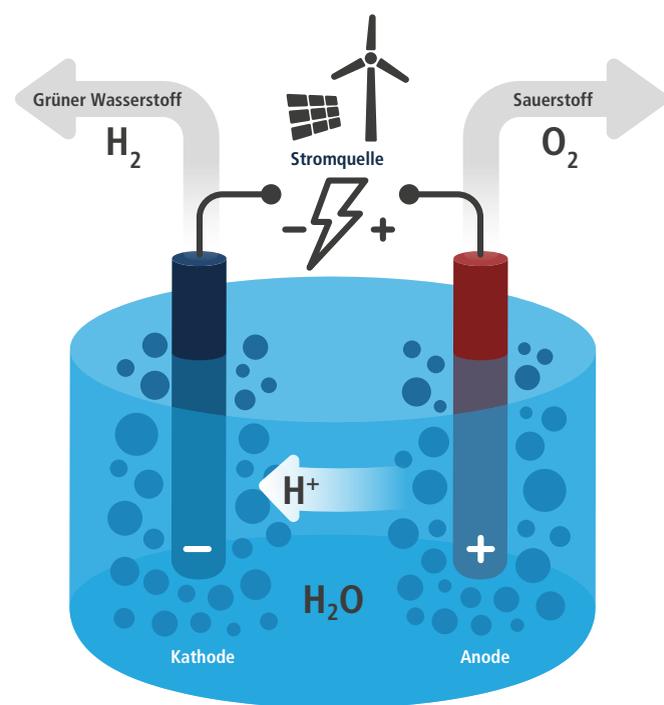
Richtungsweisende Grundlagenforschung

„Die Elektrolyse braucht große Mengen Elektrizität“, sagt Dr. Philipp Röse, Leiter der Forschungsgruppe Elektrokatalyse/Elektrosynthese am Institut für Angewandte Materialien –

Elektrochemische Technologien (IAM-ET) des KIT. „Mit geeigneten Katalysatoren können wir allerdings die Aktivierungsenergie der Reaktion verringern und die Wasserelektrolyse deutlich energieeffizienter gestalten.“

Röses Team um Professorin Ulrike Krewer, Institutsleiterin des IAM-ET, hat eine Analyse-methode entwickelt, mit der die Forschenden herausfinden können, was genau während der Elektrolyse an den Katalysatoren passiert. „Ein digitaler Zwilling, also ein virtuelles Modell des Sauerstoff-Katalysators, zeigt uns erstmals, welche Oberflächenprozesse die Elektrolyse hemmen. Außerdem sehen wir mithilfe des Modells, wie der Katalysator über die Betriebszeit hinweg altert“, erklärt Krewer. Die Forschenden können nun gezielt nach Katalysatoren und Methoden suchen, die den leistungsmindernden Phänomenen entgegenwirken.

Das Team vom IAM-ET hat Experimente mit winzigen Nanopartikeln aus Iridium (Ir) und Ruthenium (Ru) als Katalysatoren durchgeführt. Ruthenium ist ein besonders guter Katalysator, ist aber nicht langzeitstabil. Das besonders teure Iridium ist zwar langzeitstabil, aber etwas weniger effizient. Ein Team um Kooperationspartner Professor Jan-Dierk Grunwaldt vom Institut für Technische Chemie und Polymerchemie (ITC) des KIT hat die



Für die Herstellung von Grünem Wasserstoff wird Wasser in der Elektrolyse mithilfe von Strom aus erneuerbaren Energien in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten

For the production of green hydrogen, water is split into hydrogen and oxygen in electrolysis using electricity from renewable energies

beiden Elemente zu unterschiedlichen Anteilen gemischt. Krewers Team hat die resultierenden Katalysatoren getestet und ebenfalls mit dem digitalen Zwilling analysiert.

„Die experimentellen Ergebnisse stimmten einwandfrei mit unseren Simulationen überein, die wir mit dem sogenannten mikrokinetischen Modell berechnet haben“, bestätigt Röse. „Das erfolgreiche Modell kann sogar auf andere elektrochemische Technologien wie Brennstoffzellen übertragen werden“, erläutert er. Doch aktuell konzentrieren sich die Forschenden auf die wichtige Aufgabe, den Elektrolyseprozess weiter zu verbessern.

PRAXISORIENTIERTE WASSERSTOFF ONLINEKURSE

Erlangen Sie Fachkenntnisse
und Rechtssicherheit im
Umgang mit Wasserstoff

- Sowohl für Quereinsteiger*innen als auch zur Vertiefung von spezifischen Fachkenntnissen
- Rund 27 Stunden Lernvideos mit ausführlichem Schulungsmaterial
- Inklusive Abschlusstest und Teilnahmezertifikat
- Erforderlicher Wissenserwerb gem. §12 des ArbSchG
- Fachreferent mit 20 Jahren Erfahrung aus der beruflichen Praxis

Jetzt
scannen
und mehr
erfahren



HYDROGEN
INTERNATIONAL INSTITUTE

hydrogeninstitute.com/kit

ANZEIGE

Der Weg zur Massenproduktion

Auch Dr. André Weber vom IAM-ET forscht an der Optimierung der Elektrolyse. Er leitet die Gruppe Brennstoffzellen und Elektrolyse, die sich mit den technischen Herausforderungen in der Umsetzung der Elektrolyseure beschäftigt.

Mit zwei Projekten ist er innerhalb des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Wasserstoff-Leitprojekts H₂Giga aktiv. Im ersten Projekt unterstützt seine Gruppe zusammen mit Dr. Alexander Stroh vom Institut für Strömungsmechanik (ISTM) des KIT ein Industriekonsortium um die Firma

Schaeffler bei der Industrialisierung der Niedertemperatur-Elektrolyse (PEM).

Im zweiten Projekt untersuchen Forschende am IAM-ET und am Laboratorium für Elektronenmikroskopie (LEM) des KIT Hochtemperatur-Festoxidzellen. Gemeinsam mit dem Dresdener Unternehmen Sunfire, das in H₂Giga das Upscaling von Produktionsprozessen und Anlagen fokussiert, werden Maßnahmen zur Erhöhung von Leistungsfähigkeit und Stabilität abgeleitet. „Bei Betriebstemperaturen von 600 bis 900 Grad Celsius benötigt die Hochtemperatur-Elektrolyse sehr viel weniger elektrische Energie, um Wasser zu spalten“, sagt Weber.

Optimizing Hydrogen Production on Small and Large Scales

KIT Paves the Way for Green Hydrogen Production with Basic Research and Practice-related Projects with Industrial Partners

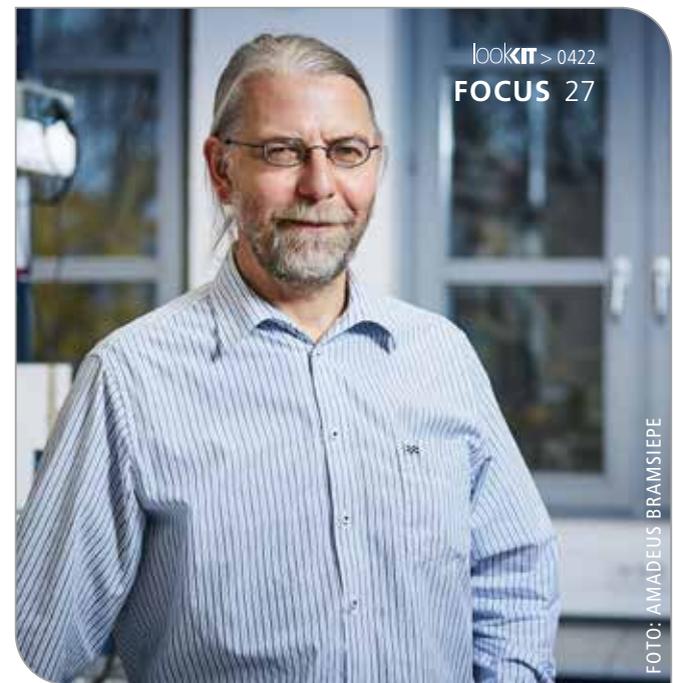
TRANSLATION: HEIDI KNIERIM

KIT's Institute for Applied Materials – Electrochemical Technologies (IAM-ET) is conducting research to improve electrolyzers, which use electric current to split water into hydrogen and oxygen. "Electrolysis needs large amounts of electricity," says Dr. Philipp Röse, Head of the Electrocatalysis / Electrosynthesis Research Group at KIT's Institute for Applied Materials – Electrochemical Technologies (IAM-ET). "With suitable catalysts, we can reduce the activation energy of the reaction and make water electrolysis much more energy-efficient." Röse's team, led by Head of IAM-ET Professor Ulrike Krewer, has developed a method that allows the researchers to discover exactly what happens at the catalyst surface during electrolysis. "A digital twin, i.e. a virtual model of the oxygen catalyst, shows us for the first time which surface processes inhibit electrolysis. We also use the model to see how the catalyst ages over its operating time," Krewer explains. With the help of the digital twin, the researchers can search for catalysts and methods that counteract the performance-reducing phenomena.

Dr. André Weber from IAM-ET is also researching the optimization of electrolysis. He heads the Fuel Cells and Electrolysis Group, which deals with technical challenges in the implementation of electrolyzers. He is active in two projects within the hydrogen lead project H₂Giga, funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). In the first project, his group, together with Dr. Alexander Stroh from KIT's Institute of Fluid Mechanics (ISTM), supports an consortium around the company Schaeffler for industrializing low-temperature electrolysis (PEM). In the second project, researchers at the IAM-ET and the Laboratory of Electron Microscopy (LEM) of KIT are investigating high-temperature solid oxide cells. Together with the Dresden-based company Sunfire, which focuses on the upscaling of production processes and plants in H₂Giga, the researchers are working to increase electrolysis performance and stability. "If we want to become climate-neutral with the help of hydrogen in the future, we need many electrolyzers to produce hydrogen," Weber says. "Each process has its advantages and disadvantages." ■

Dr. André Weber, Leiter der Forschungsgruppe Brennstoffzellen und Elektrolyse am IAM-ET arbeitet mit seinem Team daran, die Elektrolyse zu verbessern

Dr. André Weber, head of the research group Fuel Cells and Electrolysis at IAM-ET, works at improving the electrolysis with his team



lookIT > 0422
FOCUS 27

	Alkalische Elektrolyse	Niedertemperatur-Elektrolyse (PEM)	Hochtemperatur-Elektrolyse
Dynamik	●	●	●
Investitionskosten	●	●	●
H ₂ -Druck	●	●	●
Betriebskosten/Stromverbrauch	●	●	●
Leistungsdichte	●	●	●

Die Hochtemperaturolektrolyse (HT) bietet insbesondere dann große Vorteile, wenn etwa Industriewärme zur Verfügung steht.

„Wenn wir in Zukunft mithilfe von Wasserstoff klimaneutral werden wollen, brauchen wir viele Elektrolyseure, um Wasserstoff für die Industrie, Gebäudeversorgung und Elektromobilität zu erzeugen“, so Weber. „Die Elektrolyse bei niedrigen Temperaturen ist derzeit die verbreitetste Technologie, dazu gehören beispielsweise die Alkalische Elektrolyse oder die Niedertemperatur-Elektrolyse (PEM). Jedes Verfahren hat seine Vor- und Nachteile.“

Noch viel zu tun

Neben dem KIT arbeiten in H₂Giga mehr als 130 Institutionen aus Wirtschaft und Wissen-

schaft daran, Grünen Wasserstoff in großem Maßstab kostengünstig und effizient herzustellen. Das Leitprojekt hat ein Finanzvolumen von 500 Millionen Euro – das KIT erhält für die beiden Projekte 2,7 Millionen Euro.

Die Industriepartner koordinieren jeweils die Forschungsprojekte. „Das stellt eine anwendungsrelevante Forschung sicher“, so Weber. Am KIT erfolgen strukturelle, elektrochemische und strömungstechnische Analysen, aus denen dann Optimierungsvorschläge abgeleitet werden.

Ein Baustein, damit die großen Anlagen immer wirtschaftlicher werden, ist die Forschung im ganz Kleinen, im Nanometer-Bereich. „Das energietechnische Optimum der Elektrolyse-

re wird uns bestimmt noch die nächsten 15 Jahre beschäftigen“, glaubt Röse. Da gibt es in Zukunft für die Teams des KIT noch viel zu tun. „Aber wir sollten ebenfalls alle Möglichkeiten ausschöpfen, um die regenerative Energieerzeugung auszubauen“, meint Röse. Schließlich ist grün erzeugter Strom die Grundlage für Grünen Wasserstoff. ■

@ ulrike.krewer@kit.edu
philipp.roese@kit.edu
andre.weber@kit.edu

ANZEIGE

600W HIGH PERFORMANCE POWER FÜR DIE E-SYNTHESE

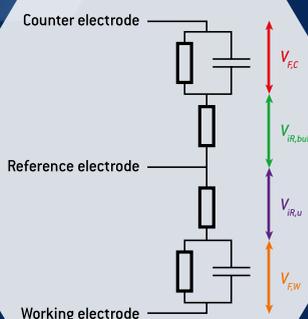
DOPPELSCHICHTEN, ELEKTROLYTWIDERSTAND UND ÜBERSpannungen bei der E-SYNTHESE VON GASföRMIGEN END- ODER ZWISCHENPRODUKTEN ERfordERN HÖCHSTE ANSPRÜCHE AN DIE GERÄTECHNIK – GAMRY HAT DIE PASSENDE ANTWORT.



C3 PROZESS- UND ANALYSETECHNIK



Gamry Reference 3000 AE
High Performance Potentiostat/Galvanostat – ideal für anspruchsvolle Syntheseaufgaben in der Elektrochemie



COMPETENCE
CREATES
CONFIDENCE

DRUCKREAKTOREN | ELEKTROCHEMIE | PROBENVORBEREITUNG | GLASANLAGEN | WÄRMELEITFÄHIGKEIT | KALORIMETER | MISCHEN | HOMOGENISIEREN | OPTISCHE GITTER

www.c3-analysentechnik.de

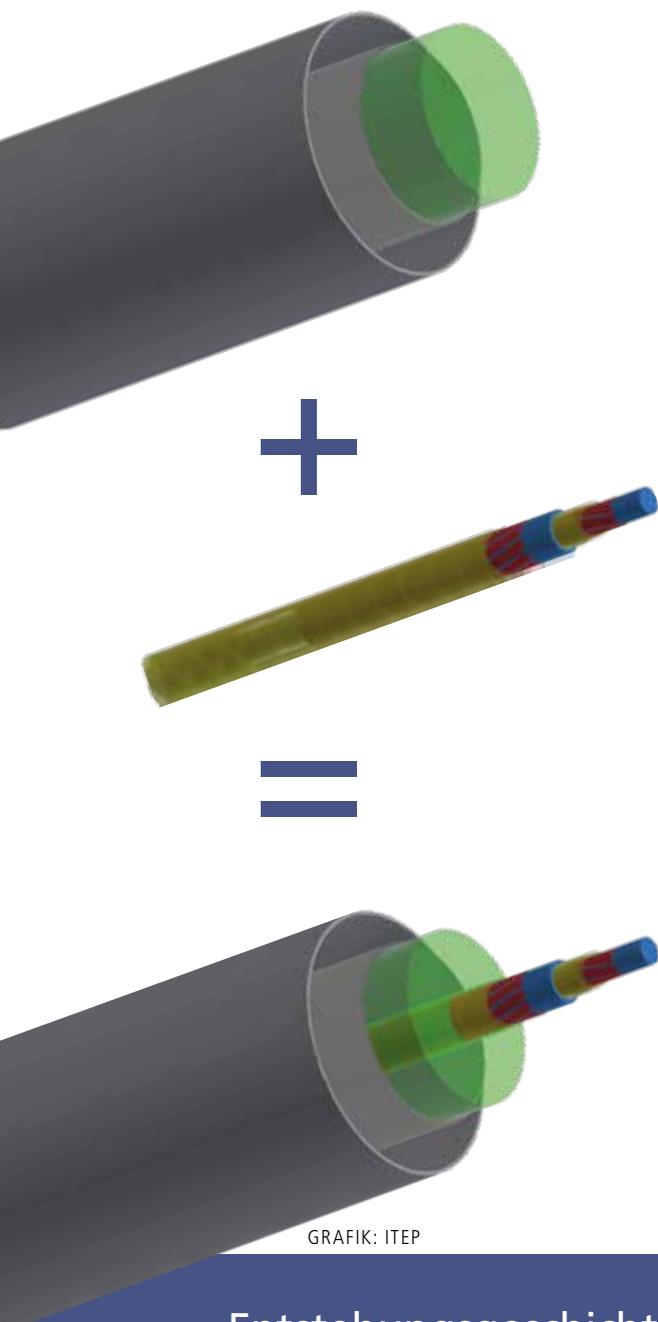
STROM UND WASSERSTOFF IN EINER LEITUNG

VON DR. MARTIN HEIDELBERGER

Stark als Paar

Bei der hybriden Energieübertragung wird eine Pipeline für flüssigen Wasserstoff mit einem Supraleiterkabel so kombiniert, dass gleichzeitig chemische und elektrische Energie fließen. Mit der

hybriden Energie-Pipeline kann Energie besonders effizient transportiert werden, weil sich die Eigenschaften der beiden Übertragungstechniken ideal ergänzen.



GRAFIK: ITEP

LH₂-Pipeline

Wasserstoff wird bei -253 Grad Celsius flüssig. Beim Transport von flüssigem Wasserstoff (LH₂) mit Pipelines kann chemische Energie sehr platzsparend übertragen werden. Zudem sinkt durch den notwendigen thermischen Isolationsraum um die Pipeline das Risiko für Leckage-Unfälle, weil kein direkter Kontakt zur Umgebung besteht.

Flüssigwasserstoff-Pipelines sind bereits seit vielen Jahren im Einsatz, etwa zur Betankung von Trägerraketen in der Raumfahrt. Im amerikanischen Kennedy Space Center verbindet eine rund 450 Meter lange vakuumisolierte LH₂-Pipeline einen Speichertank mit einem Startplatz.

Supraleiterkabel

Mit Leitungen, die aus Supraleitern bestehen, kann elektrische Energie kompakt und verlustfrei übertragen werden. Supraleiter sind Materialien, die bei niedrigen Temperaturen ihren elektrischen Widerstand vollständig verlieren.

konnten die Praxistauglichkeit, Vorteile wie niedrigere Spannungsniveaus sowie die Zuverlässigkeit der Supraleiterkabeltechnologie bereits über viele Jahre belegt werden. Wird das übliche Kühlmedium flüssiger Stickstoff (ab -196 Grad Celsius) durch noch kälteren flüssigen Wasserstoff ersetzt (ab -253 Grad Celsius), dann steigt die Leistungsfähigkeit der Supraleiter zusätzlich an.

In verschiedenen Demonstrationsprojekten, etwa dem Kabelprojekt AmpaCity in Essen,

Hybride Energie-Pipeline

Ein Supraleiterkabel produziert keine Wärme und lässt sich in eine LH₂-Pipeline integrieren, ohne diese zu beeinflussen. Werden chemische und elektrische Energie in der Hybriden-Energie-Pipeline gleichzeitig übertragen, dann steigert sich die Gesamteffizienz durch die Kombination beider Zukunfts-

technologien. Der Kühlaufwand wird dabei nur eingangs erbracht, durch die vakuumisolierte Pipeline bleibt die Temperatur stabil. Bei der Übertragungsleistung gibt es kaum Grenzen, mehrere Gigawatt sowie Übertragungslängen von Hunderten Kilometern sind denkbar.

Entstehungsgeschichte der Hybriden-Energie-Pipeline

- 1972: Die kombinierte Nutzung einer Pipeline wird erstmals in einer Publikation diskutiert (W. J. R. Bartlit et al., 1972).
- 2013–2015: Erste Demonstratoren eines LH₂-gekühlten, flexiblen Mitteltemperatur-Supraleiterkabels mit 80 Megawatt elektrischer Übertragungsleistung (Russian Academy of Sciences).
- ab 2022: Am Institut für Technische Physik (ITEP) des KIT entsteht eine Testumgebung mit fester Pipeline (Projekt AppLHy! im Wasserstoff-Leitprojekt der Bundesregierung TransHyDE).

„Wesentlicher Baustein für die Wasserstoffwirtschaft“



Frau Arndt, warum wollen Sie eine hybride Energie-Pipeline entwickeln?

Wenn wir ohne fossile Energieträger und Rohstoffe auskommen wollen, dann müssen wir unser Energiesystem ertüchtigen – denken Sie an Elektroautos oder Wärmepumpen. Gleichzeitig müssen wir eine Wasserstoffwirtschaft etablieren, mit einem gigantischen Bedarf für industrielle Prozesse, den Schwertransport und zur Energiespeicherung. In diesem Szenario sehe ich den Einsatz dieser Technologie als einen wesentlichen Baustein.

Aber wäre es nicht eine schnellere und auch effizientere Lösung, den Wasserstoff gasförmig im bestehenden Erdgasnetz und die elektrische Energie mit konventionellen Kabeln zu transportieren?

Die Auswirkungen auf die Natur sind mit der hybriden Lösung tendenziell eher geringer, ebenso der Planungs- und Genehmigungsaufwand. Wird der Wasserstoff gasförmig transportiert, dann fließt zudem bei gleichem Druck viel weniger Energie pro Volumen, wir bräuchten also auch hier vermutlich erweiterte Pipelines. Beim interkontinentalen Transport per Schiff kommt Wasserstoff außerdem bereits verflüssigt an, eine gasförmige Einspeisung wäre eine riesige Energieverschwendung. Wenn wir uns die Stromnetze anschauen, dann erfolgt der Langstreckentransport

heute meist per Hochspannungsgleichstrom. Neue Freileitungen mit den entsprechenden Abstandsflächen in dicht besiedelten Ländern wie Deutschland zu realisieren ist schwierig, Erdkabel sind teuer und in ihrer Kapazität beschränkt. Unter dem Strich könnte deshalb ein hybrider Energietransport insbesondere über lange Strecken und bei einem hohen Bedarf vorteilhaft sein. Auch die Akzeptanz in der Bevölkerung wäre vermutlich höher.

Wo genau würde ein Einsatz denn Sinn ergeben?

Sinnvoll sind beispielsweise kompakte Energieautobahnen, mit denen Großverbraucher versorgt werden. Also direkte Energieleitun-



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

Professorin Tabea Arndt,
Direktorin des Institut für
Technische Physik (ITEP) des KIT

Professor Tabea Arndt,
Director of the KIT Institute
for Technical Physics (ITEP)

Einrichtung des Cryogenic Material Test Karlsruhe (CryoMaK)-Labors am Institut für Technische Physik (ITEP) des KIT. Hier werden Struktur- und Funktionsmaterialien für ihren Einsatz in der Hybriden Energie-Pipeline untersucht

Establishment of the Karlsruhe Cryogenic Material Test (CryoMaK) Laboratory at KIT Institute for Technical Physics (ITEP). Here, structural and functional materials are investigated for use in the hybrid energy pipeline



A Powerful Combination

Power and Hydrogen in the Same Pipeline

TRANSLATION: BENNO STOPPE

Hydrogen becomes liquid at minus 253 degrees Celsius. Transporting liquid hydrogen (LH₂) allows for very compact transmission of chemical energy through pipelines. At the same time, electrical energy can be transmitted compactly and lossless over cables made of superconductors, materials that lose their electrical resistance at low temperatures. If liquid hydrogen is used instead of the commonly used liquid nitrogen to lower temperatures even further, the efficiency of the superconductors is further increased. A hybrid energy pipeline can therefore transport energy with exceptional efficiency because these two technologies complement each other perfectly. There is almost no limit to the transmission capacity: Transmitting multiple gigawatts over hundreds of kilometers is possible.

The research team of Professor Tabea Arndt, Director of the KIT Institute for Technical Physics (ITEP), is developing and building a test environment for a hybrid energy pipeline. The work is part of the AppLHy! project within the hydrogen lead project TransHyDE, which is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). "Hybrid pipelines can serve as compact energy highways, transmitting power and hydrogen directly from port terminals or wind and solar parks to bulk consumers like industrial sites, airports, loading stations, or truck centers," says Arndt. The pipelines can supply not only electrical and chemical energy, but also hydrogen used as a replacement for fossil resources in steel production or in the chemical industry.

The hybrid pipeline developed by Arndt uses so-called REBCO superconductors, short for rare earth element yttrium barium copper oxide. "The superconducting layer transmitting all the power in the lines is only a few thousandths of a millimeter thick. The amount of rare earths is therefore less than a thousandth of the total volume," explains Arndt. The test environment under development at ITEP will be finished in 2024. ■

gen von Hafenterminals, von Wind- oder Solarparks in industrielle Zentren. Diese Leitungen könnten dabei nicht nur elektrische Energie liefern, sondern auch den zentralen Rohstoff der Wasserstoffwirtschaft. So können dann auch fossile Rohstoffe ersetzt werden, etwa bei der Stahlherstellung, aber auch in der chemischen Industrie, die aus Wasserstoff synthetische Kohlenwasserstoffe herstellen kann. Außerdem wäre natürlich die Anbindung von Mobilitätshubs sinnvoll, also Flughäfen, Verladestationen, Bahnhöfen oder LKW-Zentren.

In den Hybridleitungen, die Sie entwickeln, sollen sogenannte REBCO-Supraleiter genutzt werden, das steht für Rare Earth Element-Yttrium-Barium-Kupferoxid. Stehen sie denn in ausreichendem Maß zur Verfügung und welchen Einfluss hat der Abbau auf die Ökobilanz der Technologie?

Es muss nicht gerade Yttrium sein, fast alle Seltenen Erden können für die Hochtemperatur-Supraleiter verwendet werden. Außerdem wird die Leistungsfähigkeit der Supraleiter oft unterschätzt. Die supraleitende Schicht, die den hohen Strom trägt, ist in den fertigen Kabeln nur wenige tausendstel Millimeter dick. Der Bedarf an Seltenen Erden ist noch einmal weniger als ein Tausendstel des Gesamtvolumens. Hier sind also keine Engpässe zu erwarten und der Einfluss auf die Natur beim Abbau ist eher gering. Außerdem wird bei der Diskussion um die Seltenen Erden oft außer Acht gelassen, dass auch Kupfer für konventionelle Kabel nur beschränkt verfügbar ist und ein Abbau hohe ökologische sowie finanzielle



FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE

Kosten verursacht. Die Hochtemperatur-Supraleiter sind demgegenüber tatsächlich vielfach ressourceneffizienter.

Stehen denn die Produktionstechnologien bereit, um Pipelines und Supraleiterkabel industriell herzustellen?

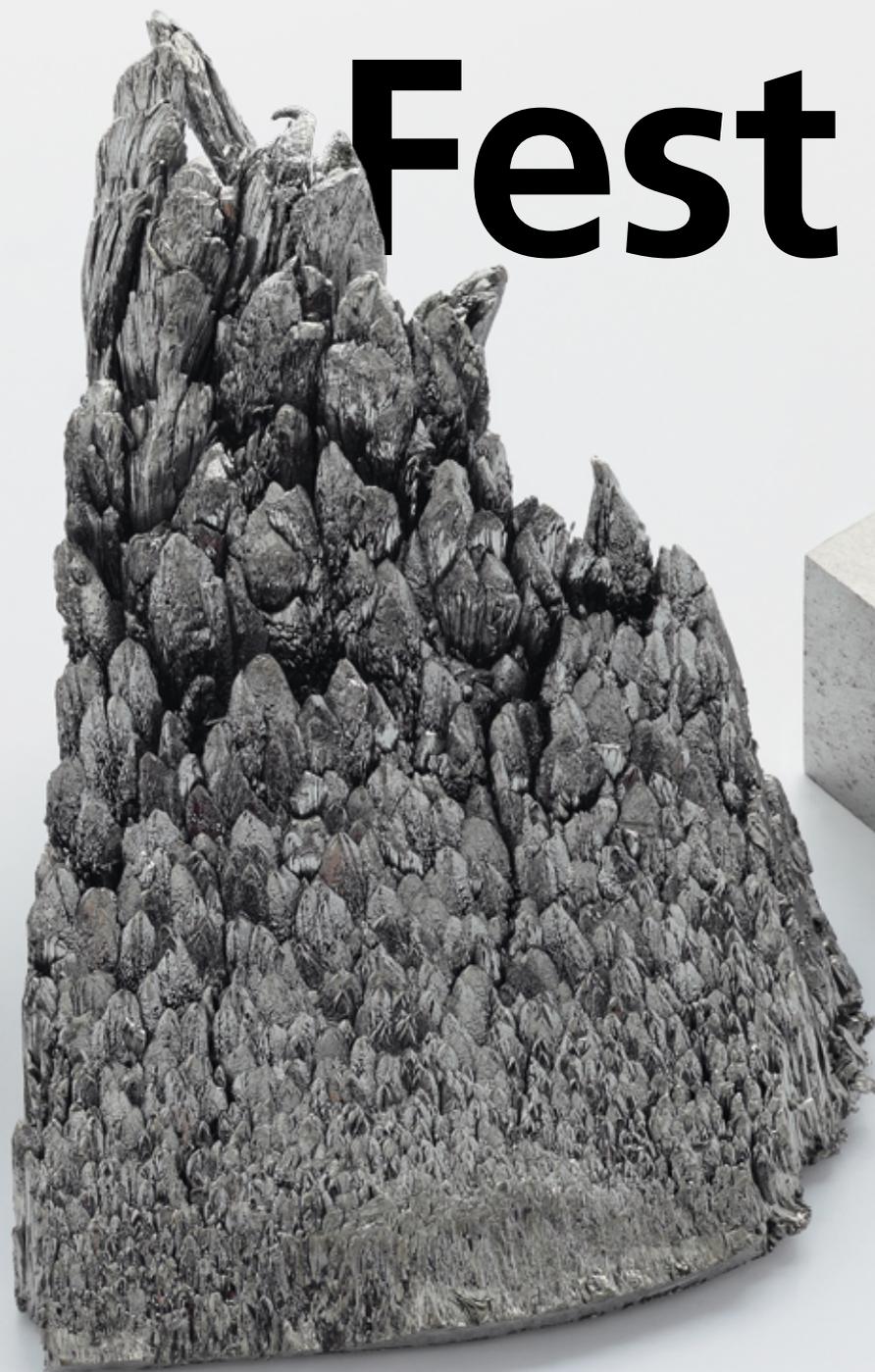
Aktuell gibt es weltweit bereits ungefähr zehn Hersteller für diese Supraleiterdrähte, die auf einem stark wachsenden Markt agieren. Eine Steigerung der Produktionskapazitäten ist bei fast allen geplant. Auch an unserem Institut wird an Produktionsanlagen geforscht. Bei der Pipelinteknologie für den Wasserstoff wiederum können wir bereits auf umfangreiches Kryotechnik-Wissen zurückgreifen, also den Umgang mit flüssigen

Gasen. Allerdings müssen Komponenten der Peripherie wie Pumpen, Materialien, Wärmetauscher aber auch Sicherheitsbestimmungen noch an flüssigen Wasserstoff angepasst werden.

Der hybride Energietransport wurde bereits vor einem halben Jahrhundert zum ersten Mal vorgeschlagen. Wann wird die erste Leitung in Betrieb gehen?

Damals waren die Technologien noch nicht reif. Moderne Hochtemperatursupraleiter wurden beispielsweise erst 1987 entdeckt. Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Wasserstoff-Leitprojekts TransHyDE arbeiten wir im Verbundprojekt AppLHy! nun an der

Entwicklung und dem Aufbau einer Testumgebung für diesen Energietransport. Wenn die Lieferketten in der aktuellen globalen Situation funktionieren, dann wird sie bereits 2024 fertiggestellt. Anschließend können auch unsere Prototypen in Betrieb gehen. Sobald das erste LH₂-Terminal betriebsbereit ist und das erste Schiff mit flüssigem Wasserstoff eintrifft, muss auch außerhalb des KIT die erste Pipeline betriebsbereit sein. ■



Fest

Einige Metalle wie Yttrium (linke Seite) können bis zu drei Wasserstoffatome pro Metallatom in den Lücken ihres Metallgitters aufnehmen. Professorin Astrid Pundt und ihr Team forschen an leichten Metallen wie Magnesium (rechte Seite), die als Wasserstoffspeicher dienen könnten

Some metals like yttrium (left page) can absorb up to three hydrogen atoms per metal atom in the space between the metal lattice. Professor Astrid Pundt and her team are doing research into light metals like magnesium (right page) which could be used for hydrogen storage

Wasserstoff gilt als Energieträger der Zukunft. Zu den grundlegenden Herausforderungen auf dem Weg dorthin gehört die Speicherung des energiereichen Elements. Professorin Astrid Pundt, stellvertretende Leiterin des Direktoriums des Instituts für Angewandte Materialien (IAM) des KIT, beschäftigt sich mit der Speicherung von Wasserstoff in nanoskaligen Materialien, sogenannten Material-Wasserstoff-Systemen.

Die Materialien, die Astrid Pundt mit ihrem Team für die Speicherung von Wasserstoff un-

tersucht, sind Metalle und Metalllegierungen. Metallatome sind in einem regelmäßigen Gitter angeordnet. In die Lücken zwischen den kugelförmigen Metallatomen können sich die sehr kleinen Wasserstoffatome setzen. Ist in der Umgebung von Metallen Wasserstoff vorhanden, gelangt er in das Metall – sofern das keine Barrieren wie Oxide oder Nitride an der Metalloberfläche verhindern. Die Wasserstoff-Aufnahmefähigkeit der verschiedenen Metalle ist sehr unterschiedlich. Einige können bis zu drei Wasserstoffatome pro Metallatom in den Lücken des Metallgitters aufnehmen. Ein Beispiel dafür ist Yttrium. Andere, wie Stähle,

nehmen kaum messbare Mengen Wasserstoff auf. Die Thermodynamik bestimmt die Aufnahmefähigkeit, das heißt das Gleichgewicht zwischen dem äußeren Partialdruck des Wasserstoffs und der Wasserstoffkonzentration im Metall. So lässt sich Wasserstoff in Metallen speichern. „Metall-Wasserstoff-Systeme haben ein enormes Anwendungspotenzial als Energiespeicher der Zukunft“, erklärt Pundt.

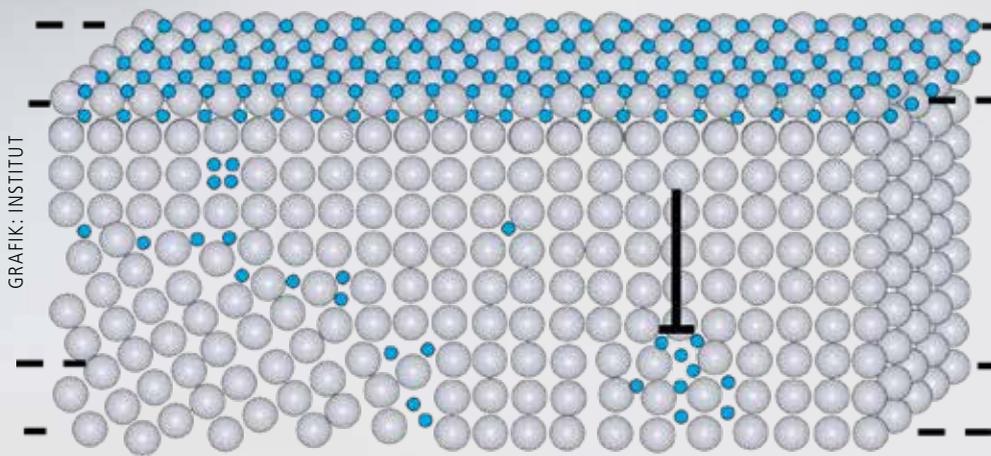
Vor- und Nachteile der Speichersysteme

Der Vorteil dieser Art der Speicherung: Im Metall sind die Wasserstoffatome dichter angeordnet als in komprimiertem Gas oder in tief-

gehalten

SPEICHERUNG VON WASSERSTOFF IN NANOSKALIGEN METALLEN

VON CORNELIA MROSK



In den aufgeweiteten Gebieten des Metallgitters (grau), die durch Defekte wie Oberflächen, Korngrenzen, Versetzungen oder Leerstellen entstehen, können sich Wasserstoffatome (blau) einlagern (nach A. Pundt, R. Kirchheim, Annual Review of Materials Research 36 (2006) 555)

Hydrogen atoms (blue) can settle in areas of the metal lattice (gray) widened by defects, such as surfaces, grain boundaries, dislocations, or vacancies (A. Pundt, R. Kirchheim, Annual Review of Materials Research 36 (2006) 555)

kaltem flüssigem Wasserstoff. So lassen sich große Speicherdichten erzeugen. Der Nachteil ist das hohe Gewicht des Speichermaterials, des Metallgitters. Daher ist die gravimetrische Speicherdichte gering. Aktuelle Speichermetalllegierungen, wie Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren (Ni-MeH-Akkus), haben Speicherdichten von nur rund zwei Gewichtsprozent. Für größere Speicherdichten werden leichte Materialien als Speichermedium benötigt. Für die Anwendung als Wasserstoffspeicher sollten sie außerdem in möglichst großen Mengen verfügbar sein. Astrid Pundt erläutert: „Unsere Forschung konzentriert sich aktuell

auf leichte Metalle wie Magnesium, Lithium, Bor oder Natrium. Ziel ist es, Wasserstoff unter moderaten Bedingungen wieder aus dem System entladen zu können.“ Ein wichtiges Kriterium für den Einsatz von Metallen als Speichermedium ist die Art der Bindung, die der Wasserstoff mit dem Material eingeht. In einigen Metallen und deren Legierungen sind die Bindungen der Wasserstoffatome in Metallgittern reversibel. Das heißt, Wasserstoff kann wieder freigesetzt werden. Für das Entladen sind bei technologisch interessanten Metalllegierungen nur moderate Temperaturen und Drücke notwendig. Andere Legierungen brauchen hö-

here Temperaturen oder sehr niedrige Drücke, um entladen zu werden. Einige leichte Metalle gehen mit dem Wasserstoff so feste chemische Bindungen ein, dass die Prozesse technologisch irreversibel sind. Dann kommen sie nicht als Speichermedium infrage.

Sicherheitstechnisch bietet die Speicherung in Metallen Vorteile: Der Wasserstoff kann nicht schlagartig entweichen, sondern muss durch das Metallgitter an die Metalloberfläche diffundieren und rekombiniert dort mit Sauerstoff aus der Luft zu Wasser. Interessant ist die Speicherung in Metall-Wasserstoff-Systemen



FOTO: LYDIA ALBRECHT



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

vor allem bei stationären Anwendungen oder im Schwerlast-, Zug- und Schiffsverkehr, wo das zusätzliche Gewicht der Speichermaterialien keine entscheidende Rolle spielt. Darüber hinaus eignen sich diese Speicher als Langzeit-energiespeicher.

Blick in die Zukunft

Astrid Pundt erläutert: „Schon seit 1997 forschen wir an nanoskaligen Partikeln, Clustern, dünnen Schichten und defektreichen Metallen als Material-Wasserstoff-Systeme. Ziel war es, einzelne Defekte wie Oberflächen, Korngrenzen, Versetzungen, Leerstellen oder auch mechanische Spannungen in einem einfachen Modellmaterial dominieren zu lassen, um den Einfluss auf das Materialverhalten zu ergründen. Unsere Forschung bewegt sich jetzt von den idealen Systemen hin zu anwendungsnäheren Systemen. Zukünftig werden wir diverse defektreiche Stähle in die Untersuchungen einbeziehen und deren Versprödungs- und Ermüdungsverhalten untersuchen.“ Das Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK) ist im Innovationspool-Projekt Pure & Compressed Solar Hydrogen des Helmholtz-Programms Materials and Technologies for the Energy Transition an der Forschung an Brennstoffzellen beteiligt sowie an der Materialuntersuchung im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten ApplHy!-Projekt, das den Einsatz von flüssigem Wasserstoff thematisiert. ■

Captured

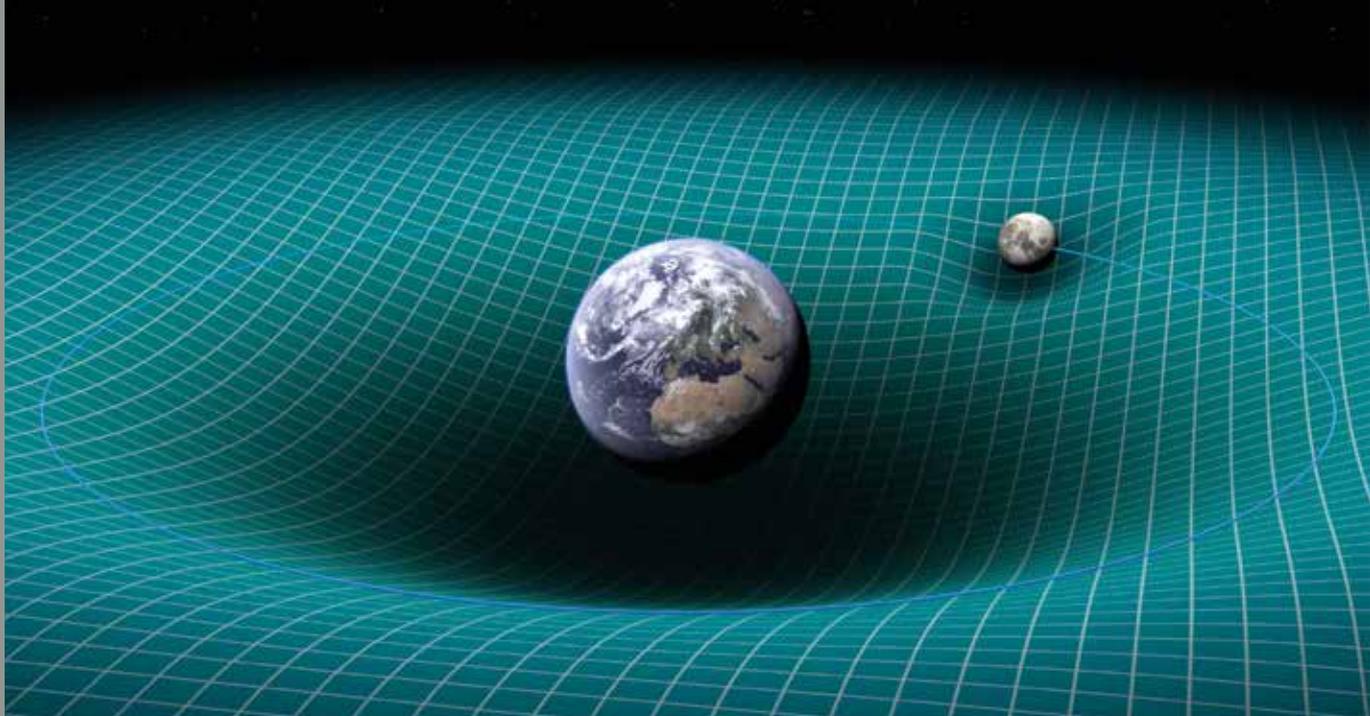
Storing Hydrogen in Nanoscale Metals

TRANSLATION: BENNO STOPPE

One of the challenges for the use of hydrogen as an energy carrier is storing it. Professor Astrid Pundt, Director at the KIT Institute for Applied Materials (IAM), researches hydrogen storage in nanoscale materials called material-hydrogen systems. Their principle: Metal atoms are arranged in a regular lattice and in the spaces between them, hydrogen atoms can settle due to their small size. Some metals can absorb up to three hydrogen atoms per metal atom in the space between the metal lattice. “Metal-hydrogen systems have huge application potential as future energy storage,” Pundt explains.

The main advantage: In metals, hydrogen atoms are more condensed than in compressed gas or in cryogenic liquid hydrogen. The high weight of the metal lattice as a storage material remains a disadvantage. Current metal alloys used as storage, such as nickel-metal hydride (Ni-MH batteries), have storage densities of around two percent by weight. For higher percentages, lightweight materials are needed. “Our research at the moment is concentrated on light metals, such as magnesium, lithium, boron, or sodium,” says Pundt. Storage in metals comes with safety benefits; hydrogen cannot escape abruptly, it can only slowly diffuse out of the metal lattice. As energy storage, metal-hydrogen systems are especially relevant to stationary applications, heavy loads, and freight train or ship traffic, where the additional weight of material storage is less significant. Another possible use case is long-term energy storage.

The Institute for Applied Materials – Materials Science and Engineering (IAM-WK) is involved in the Innovation Pool Project “Solar Hydrogen – Pure & Compressed” of the Helmholtz Programme “Materials and Technologies for the Energy Transition,” researching fuel cells and exploring materials as part of the ApplHy! project funded by the Federal Ministry of Education and Research, a project that focuses on the application of liquid hydrogen. ■



KANN MAN DIE GRAVITATION ALS ENERGIEQUELLE NUTZEN?

CAN GRAVITATION BE USED AS A SOURCE OF ENERGY?

VON SANDRA WIEBE // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // GRAFIK: CHRISTIAN GRUPE

In Zeiten der Energie- und Klimakrise ist die Forschung stetig auf der Suche nach klimafreundlichen und nachhaltigen Quellen für Strom und Wärme. Könnte neben Sonnen- und Windenergie auch die Gravitation als Energiequelle wirtschaftlich genutzt werden? Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, muss zunächst geklärt werden, was Gravitation überhaupt ist. Als Gravitation beziehungsweise Schwerkraft bezeichnet man das Phänomen, dass sich Körper aufgrund ihrer Masse gegenseitig anziehen. Gravitation tritt daher zwischen allen Körpern auf, die eine Masse haben. Spürbar wird sie aber erst bei sehr schweren Objekten wie unserer Erde. Hier ist sie dafür verantwortlich, dass alle Objekte in Richtung Erdmittelpunkt gezogen werden. „Die naheliegende Frage, ob man die Gravitation, als eine der vier Grundkräfte der Physik, als Energiequelle nutzen kann, ist nicht neu“, sagt Dr. Andreas Haungs, stellvertretender Leiter des Instituts für Astroteilchenphysik (IAP) des KIT. Der Physiker erforscht unter anderem die physikalischen Prozesse im Hochenergie-Universum. „In der Tat nutzt der Mensch sie schon seit Jahrtausenden – und zwar in der Form von Wasserkraft. Dass Wasser den Berg herunterfließt, geschieht nur aufgrund der allgegenwärtigen Gravitationskraft – auch Anziehungs- oder Schwerkraft genannt. Und so konnte Wasser schon in der Frühzeit Mühlensteine antreiben und Korn mahlen.“ Auch heute noch sei die Nutzung des Wassers die wichtigste Energiequelle auf Basis der Gravitation. Wasserkraftwerke ermöglichen es, diese zu nutzen, indem sie die potenzielle Energie des Wassers in mechanische beziehungsweise elektrische Energie umwandeln.

„Andere Ideen zur Nutzung der Gravitation als Energiequelle verfolgen Forschende schon lange. Diese sind aber trotz theoretischer Machbarkeit entweder technologisch und wirtschaftlich noch nicht umsetzbar oder nicht effizient genug“, erklärt Haungs. „Eine dieser Ideen ist zum Beispiel, dass man Teile der Erdkruste mit Überschussenergie hydraulisch anhebt. Bei Bedarf kann man die so gespeicherte Energie gravitativ wieder freisetzen.“ ■

In these times of the energy and climate crises, researchers are more eagerly looking for climate-friendly and sustainable sources of power and heat. Can gravitation be used as an economically efficient source of energy besides solar and wind power? To answer this question, it is necessary to first define what gravitation is. Gravitation is the phenomenon of bodies attracting each other due to their mass. Gravitation takes place among all bodies having a mass. However, it can only be felt in the case of very heavy objects, such as our Earth. Here, gravitation is responsible for all objects being drawn towards the Earth's center.

“The question of whether gravitation, one of the four fundamental forces of physics, can be used as an energy source is not new,” says Dr. Andreas Haungs. The physicist and Deputy Head of KIT's Institute for Astroparticle Physics (IAP) studies physical processes in the high-energy universe. “Humans have used it for thousands of years, in the form of hydropower. Water flows down a hill due to the omnipresent gravitational force, or gravity. In the early history of humankind, gravitation was used to move millstones and to grind grain.” Today, water power still is the most important source of energy based on gravitation. It is used by water power plants that convert the potential energy of water into mechanical or electrical power.

“For a long time, researchers have pursued other ideas to use gravitation as a source of energy. Although they are feasible in theory, they cannot yet be implemented technologically and economically or they are not efficient enough,” Haungs explains. “One of these ideas is to hydraulically lift parts of the Earth's crust with surplus energy. If needed, the energy stored in this way could be released again by gravitation.” ■

@ andreas.haungs@kit.edu

Neues Gas in alten Netzen

WIE DIE ERDGASINFRASTRUKTUR FÜR DEN TRANSPORT VON WASSERSTOFF UMGERÜSTET WERDEN KÖNNTE

VON ARIANE LINDEMANN



FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE



Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft stellt Energieversorger und Netzbetreiber vor Herausforderungen. Wie kommt der Wasserstoff ins Netz, beziehungsweise zu den Nutzerinnen und Nutzern? Im Forschungsprojekt TrafoHyVe untersuchen Partner aus Industrie und Forschung, inwieweit bestehende Gasinfrastrukturen für die Wasserstofftechnologie genutzt werden können. Dr. Steffen Knapp, Bereichsleiter Geschäftsfeldentwicklung und Strategie der am Projekt beteiligten Stadtwerke Karlsruhe, zur Wasserstoffstrategie des regionalen Energieversorgers.

lookKIT: Welche Rolle spielen Wasserstofftechnologien für Energieversorger?
Dr. Steffen Knapp: Perspektivisch ist Was-

serstoff für uns ein sehr interessantes Produkt, da wir sehen, dass unser klassisches Gasprodukt Erdgas in der Breite keine Zukunft hat und wir unsere Geschäftsmodelle nicht dauerhaft darauf aufbauen können. Daher ist die Substitution von Erdgas eine unserer größten Herausforderungen. Grüner Wasserstoff wird hier einen wichtigen Beitrag leisten.

Für welche Bereiche ist der Einsatz von Wasserstoff relevant?

Aus unserer Sicht wird Wasserstoff in erster Linie dort eingesetzt werden, wo eine Verwendung als stoffliche Grundlage notwendig ist oder es schwierig ist, eine alternative Lösung zu fossilen Energieträgern zu finden. Zum Beispiel in der chemischen Industrie, in der Zementindustrie, im Schiffsverkehr und im Schwerlastverkehr.

Wir gehen davon aus, dass ein Gasnetz auf Basis von Wasserstoff nicht dieselbe Anzahl an Kundinnen und Kunden und dasselbe jährliche Volumen auf Energieebene haben wird, wie das heutige Erdgasnetz. Wir rechnen damit, dass es Substitutionseffekte gibt, die vermutlich in den Privathaushalten größer sind als im Gewerbe und in der Industrie. Da Wasserstoff in den nächsten beiden Dekaden ein knappes Gut sein wird, wird sich voraussichtlich ein Preis am Markt etablieren, der signifikant über den Erdgaspreisen der letzten Jahre liegt. Diesen werden nur diejenigen am Markt bereit sein zu bezahlen, für die mögliche Alternativen noch teurer sind. Privathaushalte werden dagegen versuchen, günstigere Alternativen zur Wärmeenergieversorgung zu nutzen. Zum Beispiel Wärmepumpen oder Wärmnetze.

Wie sieht die Wasserstoffstrategie der Stadtwerke Karlsruhe aus?

Für Karlsruhe haben wir ganz klar das Ziel, die Fernwärme weiter auszubauen. Wir sprechen hier von einer CO₂-neutralen Fernwärme, bei der dann Wasserstoff für die Wärmeerzeugung bei Spitzenlasten zum Einsatz kommt. Aber auch für den Teil der Kundinnen und Kunden, die nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen werden können oder die Temperaturniveaus benötigen, die mit Wärmepumpen nicht wirtschaftlich erzeugt werden können, wird Wasserstoff ein klassischer Anwendungsfall sein.

Im Forschungsprojekt TrafoHyVe, eine Abkürzung für Transformationsprozess für die Integration von Wasserstoff auf Verteilnetzebene, an dem die Stadtwerke Karlsruhe und auch das KIT beteiligt sind, geht es darum, das bestehende Gasnetz für Wasserstoff zu nutzen. Was spricht eine solche Nutzung?

Zum einen sind Gasleitungen bereits vorhanden, zum anderen ist es möglich, mithilfe von Wasserstoff wesentlich größere Energiemen-

Im Forschungsprojekt TrafoHyVe untersuchen die Stadtwerke Karlsruhe gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung, ob sich das bestehende Erdgasnetz für den Einsatz von Wasserstoff eignet

In the TrafoHyVe research project, Stadtwerke Karlsruhe, together with partners from industry and research, is investigating whether the existing natural gas network can be used to transport hydrogen



FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE

Forschungsprojekt TrafoHyVe

Partner des Forschungsprojekts „Transformationsprozess für die Integration von Wasserstoff auf Verteilnetzebene“ (TrafoHyVe) sind die beiden Energieversorger Stadtwerke Karlsruhe und Energieversorger Filstal sowie die Netzbetreiber Stadtwerke Karlsruhe Netzservice, NBB Netzgesellschaft Berlin-Brandenburg und das Gasnetz Hamburg. Auch die Technologieberatungsunternehmen keep it green und die DVGW CERT GmbH sind Teil des Forschungsvorhabens. Auf wissenschaftlicher Seite wird das Projekt durch den Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) mit seiner Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut (EBI) des KIT und die Leipziger DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (DBI) begleitet. ■

gen zu transportieren als mit einer elektrischen Leitung. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Speicherkapazität.

Worum geht es konkret im Projekt TrafoHyVe?

Wir analysieren die technische Umsetzbarkeit und den Aufwand einer Umstellung des Verteilnetzes oder von Netzabschnitten auf Wasserstoff. Neben einem planerischen Ansatz prüfen wir, welche Maßnahmen für eine Umnutzung getroffen werden müssten.

Welche Maßnahmen könnten das sein?

Damit Wasserstoff durch die Gasleitungen fließen kann, müssen alle Komponenten des Netzes „Wasserstoff-ready“ sein. Bestandteile, die nicht für den Einsatz von Wasserstoff geeignet sind, müssen ausgetauscht werden. Aber nicht nur das Netz muss umgerüstet werden, sondern auch die Haushalte müssen prüfen, ob ihre heutigen Gasthermen wasserstofftauglich sind. Das sind allerdings bislang die wenigsten.

Für die Nutzung des bestehenden Gasnetzes sind zwei Szenarien denkbar: Entweder fließen Erdgas und Wasserstoff gemeinsam durch die Leitungen oder nur Wasserstoff.

Für die Industrie und den Schwerlastverkehr ist eine Nutzung mit hundert Prozent Wasser-

stoff durchaus sinnvoll. Über Wasserstoff-Backbones, also eine eigene Leitungsinfrastruktur für Wasserstoff, lassen sich Industriezentren direkt ansteuern. Im Verteilnetz ist auch ein Szenario denkbar, bei dem Erdgas und Wasserstoff gleichzeitig in den Gasleitungen fließt – vorrangig zur Wärmeerzeugung. Derzeit liegt die Menge an Wasserstoff, die ins Gasnetz eingespeist werden darf, allerdings bei nur zehn Prozent. Für alles, was darüber hinausgeht, müssen sowohl Netzmodifikationen als auch Anpassungen bei den Anwenderinnen und Anwendern vorgenommen werden. Gegenstand des Forschungsprojekts ist darüber hinaus ein Szenario, bei dem einzelne Netzabschnitte vom Erdgas abgetrennt und auf den Einsatz von hundert Prozent Wasserstoff umgerüstet werden.

Wie realistisch schätzen Sie diese Pläne ein?

Wir hoffen, dass die im Projekt analysierte Umnutzung der bestehenden Erdgasnetze für Wasserstoff eine Blaupause für die Realität wird. Im Forschungsprojekt HyBest, das wir zusammen mit dem KIT und dem DVGW-EBI initiiert haben, planen wir, eine Bestandsliegenschaft auf den Wasserstoffeinsatz umzustellen und die unterschiedlichen Beimischungsquoten an einem realen Objekt zu testen.



New Gas in Old Grids

How Natural Gas Infrastructure Could Be Retrofitted for Transporting Hydrogen

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

In the opinion of Dr. Steffen Knapp, Head of the Business Development and Strategy Group of the regional utility company Stadtwerke Karlsruhe, hydrogen is a very interesting product. "Wide use of classical natural gas has no future. Green hydrogen will largely replace it," Knapp says. However, development of a hydrogen economy is a big challenge for utility companies and grid operators. How can hydrogen be fed into the grid and transported to the users? Within TrafoHyVe (the German acronym stands for transformation process for the integration of hydrogen on the distribution grid level), Stadtwerke Karlsruhe, in cooperation with KIT and other partners, analyzes the extent to which existing gas infrastructures could be used for transporting hydrogen. Knapp thinks that there are good reasons to do so. "Firstly, this infrastructure already exists. Secondly, it is possible to transport much bigger quantities of energy with hydrogen than via an electrical line. Another advantage is its high storage capacity," Knapp adds.

At the moment, the hydrogen quantity that may be fed into the gas grid is ten percent of the total only. "If this limit would be exceeded, grid modifications and adaptations by the users would be required. All components of the grid must be hydrogen-ready," the expert says. "Components that are not suited for the use of hydrogen will have to be exchanged. Households will have to check whether their gas heaters are hydrogen-ready. Only very few are at the moment. It is a mammoth task to ensure that hydrogen-compatible technology is installed properly in all heaters or co-generation plants on the user side by a certain time X," the grid expert explains. The project partners hope to use the project results as a blueprint for practical implementation. Within the framework of another project, researchers plan to retrofit an existing infrastructure for hydrogen use and to test various mixing rates. ■

Harrer Ingenieure



Die Zukunft braucht tragfähige Lösungen



Wir sind ein kerngesundes, expansives, mittelständisches Ingenieur- und Planungsbüro mit Hauptsitz in Karlsruhe. 100 Mitarbeiter an 3 Standorten planen anspruchsvolle Projekte im Industrie-, Gewerbe-, Hoch-, Brücken- und Kraftwerksbau für Kunden unterschiedlicher Größenordnung. Wir sind besonders stolz, dass wir auch an wichtigen Projekten der Energiewende mitarbeiten dürfen.

Wachsen Sie mit uns

Werden Sie Teil eines innovativen Unternehmens mit Tradition. Auf dem Fundament von Wertschätzung und Vertrauen wächst unser Team seit über 60 Jahren. Bringen Sie Ihr Know-how und Engagement ein und erweitern Sie es, denn gemeinsam erreichen wir mehr.

Als **Young Professional** oder als **Werkstudent/in** freuen wir uns auf Sie.

www.harrer-ingenieure.de/karriere

ANZEIGE

Für die Umstellung auf reinen Wasserstoff müssten auch alle Geräte der Kundinnen und Kunden dafür kompatibel sein

In order to switch to pure hydrogen, all of the customers' devices would have to be compatible



Das zweite Szenario – hundert Prozent Wasserstoff in den Leitungen – könnte sich zu einem infrastrukturellen Mammutprojekt auswachsen...

Planerisch ist ein solches Thema durchaus darstellbar. Auch die physische Umsetzung ist machbar. Aber sicherzustellen, dass auf Anwenderseite zum Zeitpunkt X in sämtlichen Thermen oder Blockheizkraftwerken wasserstoffkompatible Technik ordnungsgemäß ver-

baut ist und auch noch funktioniert, das halte ich in der Tat für eine Mammutaufgabe.

Die EU favorisiert völlig separate Wasserstoffleitungen.

Ich halte es für volkswirtschaftlich nicht vertretbar, auf Verteilnetzebene neben das heutige Erdgas- noch ein Wasserstoffnetz zu legen. Abgesehen davon werden wir das in dem verbleibenden Zeitraum, den wir uns in



Deutschland und Europa für die Transformation gesetzt haben, gar nicht schaffen. Anders sieht dies auf Ebene der Transportnetze aus. Hier sind für eine Übergangszeit Wasserstoff-Backbones eine realistische Option.

Wasserstoff als Hoffnungsschimmer?

Auf jeden Fall. Vor allem für die industrielle Defossilisierung sowie im Energie- und Transportsektor ist Wasserstoff ein Hoffnungsträger. Im Bereich der direkten Gebäudebeheizung wird er dagegen nur eine untergeordnete Rolle spielen. Darüber hinaus kann Wasserstoff helfen, unsere Energieversorgung zu diversifizieren – einerseits durch eigene Erzeugung in Europa, andererseits durch neue Energiepartnerschaften, beispielsweise mit Nordafrika, der arabischen Halbinsel, Südamerika oder Skandinavien. ■

@ stefen.knapp@stadtwerke-karlsruhe.de

ANZEIGE



Fachkompetenz in der Fluid- & Gastechnologie

Fachgroßhandel

• Baugruppenfertigung

• Orbitalschweiß-Zentrum



Verschraubungen für Niederdruck Wasserstoffanwendungen zertifiziert nach EC79



Druckregler für Wasserstoffanwendungen zertifiziert nach EC79



Verschraubungen für Hochdruck Wasserstoffanwendungen zertifiziert nach EC79

Eine detaillierte Übersicht unseres **Produktportfolios** sowie unserer **Dienstleistungen** finden Sie in unserem Webshop: www.hps-solutions.de

HPS Solutions GmbH | Fraunhoferstr. 5 | D-82152 Martinsried | +49 (0) 89 74 49 26-0 | info@hps-solutions.de



ENERGIESYSTEM DER ZUKUNFT

BUNDESFORSCHUNGSMINISTERIN STARTET GROSSSIMULATION IM ENERGY LAB 2.0

ENERGY SYSTEM OF THE FUTURE

FEDERAL RESEARCH MINISTER LAUNCHES LARGE-SCALE SIMULATION AT ENERGY LAB 2.0

VON DR. MARTIN HEIDELBERGER UND LEONIE KROLL // TRANSLATION: HEIDI KNIERIM // FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE

Mit dem Ziel der Klimaneutralität vor Augen, haben Forschende im Energy Lab 2.0 am KIT einen detaillierten „digitalen Zwilling“ des deutschen Energiesystems aufgebaut. Unter realer Einbindung von Zukunftstechnologien wie einem Solarpark, Netzspeicher oder Power-to-X-Anlagen nutzen sie diesen, um virtuell das Energiesystem der Zukunft mit all seinen Komponenten zu testen. Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger hat die Simulation bei einem Besuch vor Ort gestartet.

„Der voranschreitende Klimawandel und die Energiekrise machen deutlich, dass wir bei der Transformation unserer Energieversorgung mehr Tempo benötigen“, sagte Stark-Watzinger. „Um unsere ehrgeizigen Ziele zu erreichen, sind wir auf intensive Forschung angewiesen. Die Energieforschung hier am KIT und in der Helmholtz-Gemeinschaft leistet einen wichtigen Beitrag, um den Umbau zu beschleunigen und die Energieversorgung der Zukunft etwa in Form von Grünem Wasserstoff zielgerichtet aufzubauen.“

Die Forschung am Energy Lab 2.0 soll klären, wie ein klimaneutrales und resilientes Energiesystem konstruiert sein sollte und wie es sich sicher und stabil steuern lässt. Die Simulation basiert auf erneuerbaren Energien sowie einem geschlossenen Kohlenstoffkreislauf, also auf einem Energiesystem, wie es nach den Plänen der Bundesregierung im Jahr 2045 Wirklichkeit sein soll. „Mit dem Energy Lab 2.0 können wir zeigen, dass ein klimaneutrales Energiesystem perspektivisch möglich ist“, so Professor Thomas Hirth, Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT. „Die Energieforschung, wie sie hier am Energy Lab 2.0 durchgeführt wird, macht im besten Sinne deutlich, wie praxisnah sich die Wissenschaft den großen Herausforderungen unserer Zeit stellt.“

Das Energy Lab 2.0 ist Europas größte Forschungsinfrastruktur für erneuerbare Energien und Sektorenkopplung. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert die Arbeit am Energy Lab 2.0 zu einem großen Teil. ■

With the goal of climate neutrality in mind, researchers at KIT's Energy Lab 2.0 have built a detailed „digital twin“ of the German energy system. By integrating future technologies such as a solar park, grid storage, and power-to-X plants, they use it to virtually test the energy system of the future with all of its components. Federal Research Minister Bettina Stark-Watzinger launched the simulation during a visit to the lab.

“The aggravating climate change and the energy crisis make it clear that we need to transform our energy supply faster,” said Stark-Watzinger. “To achieve our ambitious goals, we need intensive research. Energy research here at KIT and in the Helmholtz Association makes an important contribution to accelerating the transformation and to purposefully build the energy supply of the future, such as green hydrogen.”

The research at Energy Lab 2.0 aims to clarify how a climate-neutral and resilient energy system should be constructed and how it can be controlled in a safe and stable manner. The simulation is based on renewable energies as well as a closed carbon cycle, i.e. an energy system that should be reality by 2045 according to the plans of the German government. “With the Energy Lab 2.0, we can show that a climate-neutral energy system is feasible in the medium and long term,” says Professor Thomas Hirth, Vice-President for Transfer and International Affairs of KIT. “Energy research, as it is conducted here at Energy Lab 2.0, indeed makes evident the practical way in which science faces up to the great challenges of our time.”

The Energy Lab 2.0 is Europe's largest research infrastructure for renewable energies and sector coupling. The German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) largely funds the work at Energy Lab 2.0. ■

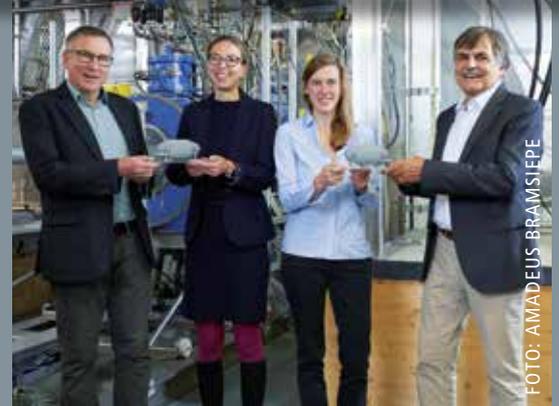
PASSING THE BATON AT KATRIN EXPERIMENT

The international KARlsruhe TRitium Neutrino Experiment (KATRIN) at KIT, the world's leading experiment for the determination of neutrino mass, is headed by two new scientific spokeswomen: Professor Kathrin Valerius from KIT and Professor Susanne Mertens from TU Munich. The two women replace KATRIN's long-standing co-speakers, Professor Guido Drexlin from KIT and Professor Christian Weinheimer from University of Münster. The ceremonial handover of the baton took place during the fall meeting of the KATRIN Collaboration on September 30, 2022. At the beginning of 2022, KATRIN achieved an important experimental breakthrough: By comparing the experimental data of the first year of measurements with elaborate simulations, its researchers determined an upper limit for the neutrino mass of 0.8 eV. Kathrin Valerius and Susanne Mertens, together with an international analysis team, played a significant role in this globally acclaimed result.

Contact: kathrin.valerius@kit.edu

Read more: www.katrin.kit.edu

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM



POTENZIAL VON LITHIUMGEWINNUNG IN DEUTSCHLAND

Lithium ist ein wichtiger Rohstoff für die Produktion von Batterien und damit für die Energiewende. „Deutschland ist dabei vollständig auf Importe angewiesen, weltweit stammen 80 Prozent des Lithiums aus Chile und Australien“, sagt Valentin Goldberg vom Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW) des KIT. Die Idee, Lithium aus Thermalwässern in Deutschland als Nebenprodukt der Geothermie zu gewinnen, scheint daher vielversprechend. Inwiefern sich der heimische Abbau lohnt, war bislang nicht ausreichend geklärt. Forschende des KIT haben daher den Forschungsstand zusammengefasst, Rohstoffmärkte analysiert und Technologien bewertet. Das Team kommt zu dem Ergebnis, dass jährlich ungefähr 2 600 bis 4 700 Tonnen Lithium produziert werden könnten. Damit wäre es möglich, etwa 2 bis 13 Prozent des Jahresbedarfs der geplanten Batteriefertigung in Deutschland zu decken. Das Lithium aus der Geothermie könne mittelfristig aber nur eine Ergänzung zum Import darstellen, so Goldberg.

Kontakt: valentin.goldberg@kit.edu

SPITZENFORSCHERIN DES KIT ERHÄLT LANDESFORSCHUNGSPREIS

Die Professorin Anke-Susanne Müller, Leiterin des Instituts für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) des KIT, hat für ihre Leistungen im Bereich der Grundlagenforschung den Landesforschungspreis Baden-Württemberg 2022 erhalten. Zusammen mit ihrem Team leistete sie bahnbrechende Beiträge, um Teilchenbeschleuniger stabiler, kompakter und energieeffizienter zu machen und deren Anwendungsfelder zu erweitern. Für die Verbesserung dieses essenziellen Werkzeugs für unterschiedliche Forschungsbereiche erhält sie den mit 100 000 Euro höchstdotierten Forschungspreis eines Bundeslandes. „Anke-Susanne Müller hat sich im Bereich der Beschleunigerforschung eine weltweit führende Position erarbeitet“, sagt Petra Olschowski, Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst von Baden-Württemberg. „Anke-Susanne Müller ist eine herausragende Wissenschaftlerin, die ihre Ergebnisse aus der Grundlagenforschung in beeindruckender Weise in die Anwendung überführt – sowohl am KIT als auch an anderen Beschleunigeranlagen“, so Professor Holger Hanselka, Präsident des KIT.

Kontakt: anke-susanne.mueller@kit.edu



SOLARPARK 2.0 AM CAMPUS NORD DES KIT

Auf dem Weg zur Klimaneutralität ist es wichtig, erneuerbare Energien auszubauen und effizienter zu gestalten. Das KIT arbeitet deshalb im Forschungsprojekt Solarpark 2.0 gemeinsam mit Beteiligten aus Wissenschaft und Wirtschaft daran, die Effizienz von Solaranlagen zu steigern. Gemeinsam hat sich das Team zur Aufgabe gemacht, elektronische Komponenten und Methoden für große Flächenanlagen zu entwickeln. Zum Einsatz kommt dabei die vom KIT patentierte HiLEM-Schaltung (steht für: High Efficiency Low Effort Maximum Power Point Tracking), welche die Solarmodule an ihrem Maximum Power Point (MPP) arbeiten lässt und somit deren Ertrag steigert. Am Campus Nord des KIT soll eine Testanlage für das von Nina Munzke vom Elektrotechnischen Institut (ETI) des KIT initiierte Projekt entstehen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) fördert das Vorhaben für drei Jahre mit 2,5 Millionen Euro.

Kontakt: lukas.stefanski@kit.edu



FOTO: MARKUS BREIG



FOTO: PROF. CARLA ALLENDE

GERMAN-ARGENTINE RESEARCH PARTNERSHIP

The German-Argentine University Center (DAHZ), which supports institutional, academic, and scientific collaboration between Argentina and Germany, celebrated its 10th anniversary on Nov. 14. During the celebration at Universidad Nacional de San Martín in Buenos Aires, the President of KIT, Holger Hanselka, introduced KIT and the three double-degree programs supported by DAHZ. In the course of a meeting with representatives of the Federal Ministry of Education and Research and the Argentine Ministry of Science, Technology, and Innovation, Hanselka discussed joint activities of the Helmholtz Association and its research partners in Argentina. Professor Johannes Blümer, KIT Distinguished Senior Fellow and former Head of KIT Division V, highlighted the German-Argentine collaboration at the Pierre Auger Observatory. During his subsequent visit to the Observatory, the President of KIT opened an exhibition designed by science-loving pupils.

TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

JUGEND FORSCHT KOMMT ANS KIT

Unter dem Motto „Mach Ideen groß“ ist im Herbst die 58. Wettbewerbsrunde von Jugend forscht in Baden-Württemberg gestartet. Gastgeber des Finales vom 29. bis zum 31. März 2023 ist das KIT, das sich als neue Pateninstitution für den Landeswettbewerb engagiert. „Die Teilnahme bei Jugend forscht prägt für viele den weiteren Weg und kann ein erster Schritt in die Wissenschaft oder gar die Spitzenforschung sein“, Professor Holger Hanselka, der Präsident des KIT. „Wir freuen uns, dass so viele interessierte Schülerinnen und Schüler teilnehmen und sind schon sehr gespannt auf ihre Projekte.“ Deutschlands bekanntester Nachwuchswettbewerb soll für Forschung begeistern sowie jungen Talenten unabhängig von ihrer Herkunft einen Zugang zu optimaler Förderung ermöglichen. Teilnehmen können Kinder ab der vierten Klasse sowie Jugendliche und junge Erwachsene bis 21 Jahre. Wer mitmachen will, sucht sich eine interessante Fragestellung für sein Forschungsprojekt. Die Themen können von der Biologie über die Raumfahrt bis zur Chemie reichen. Die Teilnahme ist für einzelne Personen oder Teams möglich.

Weitere Informationen:
www.jugend-forscht-bw.de



FOTO: STIFTUNG JUGEND FORSCHT E. V.



HEIZKOSTEN SENKEN – KONFIGURATOR ZEIGT WIE

EIN ONLINE-TOOL DES START-UPS MODUGEN SCHLÄGT SPARMASSNAHMEN VOR

REDUCING HEAT COSTS – A CONFIGURATION TOOL HELPS

STARTUP MODUGEN'S ONLINE TOOL SUGGESTS COST-SAVING MEASURES

VON SOFIA GRÖZINGER // TRANSLATION: HEIDI KNIERIM // FOTOS: MODUGEN

Das Haus oder die Wohnung warm zu halten, wird teurer. Besonders für alle, die mit Gas heizen. Was tun, um die Kosten zu senken? Das Start-up ModuGen wurde Anfang 2020 von den ehemaligen Studenten des KIT Joshua Brett, Maximilian Franz, Samuel Gensch und Sandro Braun gegründet und bietet passende Tipps sowie Informationen zu einfachen Maßnahmen. „Wir haben uns überlegt, wie sich mit wenigen Schritten herausfinden lässt, welche Sparmaßnahmen sich für die eigene Wohnung eignen“, erklärt Franz, Geschäftsführer der ModuGen GmbH. Der von dem Start-up entwickelte Online-Konfigurator benötigt für die Analyse unter anderem Angaben zur Wohnungs- und Fenstergröße, Raumhöhe, Heizart und ob es sich um einen Altbau oder Neubau handelt. Daraus ermittelt das Tool die voraussichtlichen Heizkosten und die mögliche Einsparsumme mit einer Reihe von verschiedenen Maßnahmen. Zu den für die jeweiligen Gegebenheiten im Gebäude vorgeschlagenen Sparmaßnahmen gehören beispielsweise smarte Thermostate, Heizkörper-Reflexionsfolien oder Fensterdichtungen. „Der Fokus liegt auf simplen bautechnischen Verbesserungen, die sich preisgünstig und ohne großen Aufwand installieren lassen“, betont Franz. Der Konfigurator war in einem dreitägigen internen Hackathon entstanden und wird kostenlos von ModuGen betrieben. Eigentlich ist das Unternehmen auf Konstruktionssoftware für Holzbau spezialisiert. Es bietet eine digitale Planungsassistenz für die Tragwerksplanung nachhaltiger Gebäude an. Dadurch wird es schon früh im Entstehungsprozess eines Wohngebäudes möglich, verschiedene Varianten zu vergleichen und so die nachhaltigste Alternative für den Bau zu finden.

Gefördert wurde das Start-up durch ein EXIST-Gründungsstipendium des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Professor Shervin Haghsheno, Leiter des Fachgebiets Baubetrieb und Bauprozessmanagement am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) des KIT unterstützte die Gründer als Mentor und Wagniskapitalgeber. Inzwischen hat ModuGen elf Mitarbeitende. ■

Keeping one's house or apartment warm is becoming more expensive. That is especially so for those who heat with gas. What can be done to reduce costs? The startup ModuGen, founded in early 2020 by KIT alumni Joshua Brett, Maximilian Franz, Samuel Gensch and Sandro Braun, offers tips and provides information about simple cost-saving measures. “We thought about how to identify which measures are suitable for one's own home in just a few steps,” explains Maximilian Franz, managing director of ModuGen GmbH. An online configuration tool, or configurator, developed by the startup provides an analysis based on such information as the size of the house or apartment, window size, room height, type of heating, and the building's age. From this, the tool determines the expected heating costs and possible savings for a number of different improvements. The configurator's suggestions might include, for example, smart thermostats, radiator reflective foils, or window seals. “The focus is on simple building improvements that can be installed inexpensively and without great effort,” Franz emphasizes.

The configurator was created during a three-day internal hackathon and is operated free of charge by ModuGen. The company specializes in design software for timber construction. It offers a digital design assistant for structural design of sustainable buildings. This makes it possible to compare different options early in the process of creating a residential building and thus find the most sustainable alternative for construction.

The startup was supported by an EXIST startup grant from the German Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action. Professor Shervin Haghsheno, Head of the Department of Construction at KIT's Institute for Technology and Management in Construction (TMB), supported the founders as a mentor and venture capitalist. ModuGen now has eleven employees. ■

IM APRIL ERSCHEINT
DIE NEUE AUSGABE!

Bei Interesse an einer
Anzeigenschaltung
wenden Sie sich bitte an:

ALPHA

ALPHA Informationsgesellschaft mbH

Ansprechpartnerin: Frau Kark

Telefon: 06206 939-342

E-Mail: tatjana.kark@alphapublic.de

www.alphapublic.de



/be an
explorer

Be the one who rewrites
the rules of what
tech can do.

ericsson.com/careers

ifh 

Innovationsfabrik
Heilbronn



Wächter + Wächter Architekten BDA PartmbB
Visualisierung: PONNIE Images

VERMARKTUNGSSTART
OKTOBER 2022!

Du hast Interesse an weiteren Infos?
www.innovationsfabrik.de



IFH GOES ZUKUNFTSPARK

FUTURE OF WORK. NEUE IDEEN. RAUM FÜR STARTUPS UND KREATIVARBEITENDE.
COWORKING SPACES. KOLLABORATION. KOMMUNIKATION. TRANSPARENZ. HOLZ.
NACHHALTIGKEIT. LIFESTYLE. GET TOGETHER. THINKTANKS. INNOVATION HUB. 2024.

Compact Power-to-Liquid



THE E-XPLORE CONTAINER LAB EXPLORES USE OF GREEN HYDROGEN FOR OFFSHORE FUEL PRODUCTION

BY DR. JUTTA WITTE // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER

More wind, more full-load hours, and much space: Offshore hydrogen production has many advantages. But economic efficiency and environmental compatibility must be ensured. On KIT's Campus North, the e-XPlore container lab now is being prepared for use as a floating test platform. It will serve to study how green fuels can be produced directly from hydrogen at sea, without expensive and complex feeding of offshore power into the transmission grid.

The process equipment container, roughly 12 meters long, has a weight of 35 tons, a sea-proof coating, a ventilation system that prevents salt spray from entering it, and various auxiliary systems, such as water processing. The key component of the mobile lab, developed by KIT's Institute for Micro Process Engineering (IMVT) and located at Energy Lab 2.0, is a complete Power-to-Liquid (PtL) plant for the conversion of hydrogen and carbon dioxide into liquid fuels. Offshore wind power plants would supply the required energy.

"KIT's Energy Lab is our home port, so to speak," says Professor Roland Dittmeyer, Head of IMVT, during a tour of the Power-to-X (PtX) testbed. From here, the container will head to a floating platform in the North Sea in two years' time. There, it will be coupled to its e-XPlore twin, a high-temperature electrolyzer designed for pressures of up to 30 bar and developed by the German Aerospace Center (DLR). Both containers will then be connected to a system for the extraction of CO₂ from ambient air and a CO₂ interim stor-

Lab



The e-XPlore container lab on KIT's Campus North is designed for producing green fuels from hydrogen generated offshore

Das e-XPlore-Containerlabor auf dem Campus Nord des KIT soll regenerative Kraftstoffe aus Wasserstoff herstellen, der offshore produziert wird



FOTOS: AMADEUS BRAMSIEPE



age system, forming an autonomous PtL plant. At a depth of about 40 meters in the open sea, the containers will then start offshore operation as part of the H₂Mare hydrogen lead project funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

Economically Efficient, Safe, and Environmentally Friendly

Dittmeyer and his project partners from DLR and KIT's Engler-Bunte Institute (EBI) want to know whether and how PtX products can be produced in dynamic operation under the conditions prevailing at sea. The entire process will be studied, from seawater desalination to electrolysis to synthesis to wastewater treatment. How do such plants cope with fluctuating wind conditions? How can hydrogen be stored and how can the feedstocks and products be handled? What about water management? How much does it cost to operate and maintain a production plant? And not least: Which products can be produced by direct coupling to offshore wind parks?



Fluctuating wind, desalination of seawater for electrolysis, and maintenance of the plants are just some of the challenges the research team is dealing with

Schwankender Wind, die Entsalzung des Meerwassers für die Elektrolyse und die Wartung der Anlagen sind nur einige der Herausforderungen, mit denen sich das Forschungsteam beschäftigen

“In the end, the entire process must be economically efficient, safe, and environmentally friendly,” Dittmeyer emphasizes. “Otherwise, this technology will not be accepted and will not find any investors.” The range of PtX products that might be produced from green offshore hydrogen at sea is great: Liquefied methane for trucks and ships, methanol for the chemical industry, and so-called e-crude – synthetic hydrocarbons for the production of petrol, diesel, and kerosene. Another option is liquefied ammonia for the production of fertilizers and as a hydrogen transport vector.

Flexible Plants as Components for the Energy Transition

Based on the findings gained from the experiments in the North Sea, the team will also design a universal offshore research platform for testing future components of PtX plants on a larger scale. Dittmeyer is convinced that apart from conventional large-scale facilities, robust, modular, load-flexible plants based on microstructured reactors, such as in the seaworthy container lab on KIT's Campus North, will play a decisive role on the way to a renewable energy supply. The technologies that will soon be tested at sea may potentially be adapted to other uses in deserts or tropical rain forests, for example. ■

Power-to-Liquid im kompakten Labor

Das Containerlabor e-XPlore soll vor der Küste alternative Kraftstoffe aus Grünem Wasserstoff erzeugen

Mehr Wind, mehr Volllaststunden und viel Platz: Die Offshore-Erzeugung von Wasserstoff hat viele potenzielle Vorteile. Auf dem Campus Nord des KIT wird gerade das Containerlabor e-XPlore für eine schwimmende Versuchsplattform seetüchtig gemacht. Sie soll untersuchen, wie mittels Wasserstoffs grüne Kraftstoffe direkt auf dem Meer – und ohne eine teure und aufwendige Einspeisung des Offshore-Stroms ins Übertragungsnetz – produziert werden könnten.

Das am Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) des KIT entwickelte und im Energy Lab 2.0 aufgebaute mobile Labor beherbergt eine vollständige Power-to-Liquid- (PtL-) Anlage zur Umwandlung von Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid in flüssige Kraftstoffe. In rund zwei Jahren soll der Container seine Reise in Richtung Nordsee antreten und auf einer Schwimmplattform mit seinem e-XPlore-Zwillingsbruder, einem vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für Drücke bis 30 bar konzipierten Hochtemperatur-Elektrolyseur, gekoppelt werden. Beide Container sollen darüber hinaus mit einer Anlage zur Gewinnung von CO₂ aus der Umgebungsluft und einem Zwischenspeicher für CO₂ zu einer autarken PtL-Anlage verbunden werden. Als Teil des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Wasserstoffleitprojekts H₂Mare sollen die Container dann offshore ihre Arbeit aufnehmen.

Professor Roland Dittmeyer, Leiter des IMVT, und seine Projektpartner vom DLR und vom Engler-Bunte-Institut (EBI) des KIT wollen wissen, ob und wie im dynamischen Betrieb unter den Umweltbedingungen, die auf See herrschen, die Herstellung von Power-to-X- (PtX-) Produkten von der Meerwasserentsalzung über die Elektrolyse bis hin zur Synthese und der Abwasserbehandlung direkt vor Ort gelingen kann. „Der Prozess muss wirtschaftlich, sicher und umweltverträglich laufen“, betont Dittmeyer. Mögliche Produkte der Anlage sind verflüssigtes Methan, Methanol, synthetische Kohlenwasserstoffe sowie verflüssigter Ammoniak.

Auf Basis der Ergebnisse des Experiments will das Team eine universelle Offshore-Forschungsplattform konzipieren, auf der Komponenten von PtX-Anlagen in einem größeren Maßstab erprobt werden könnten. „Ich bin überzeugt, dass neben konventionell betriebenen Großanlagen robuste, modular aufgebaute, lastflexible Anlagen auf Basis von Mikrostrukturreaktoren eine entscheidende Rolle auf dem Weg in eine erneuerbare Energieversorgung spielen werden“, sagt Dittmeyer. ■

@ roland.dittmeyer@kit.edu

www.elab2.kit.edu
www.elab2.kit.edu/english



NEU

SigmaPlot^{ng}®

Foundation

Datenanalyse
und Graphen:
Einfach und intuitiv



WEITERE PRODUKTE VON

inpixon Indoor
Intelligence

Statistik-Software mit Berater

SigmaSTAT
Advisory Statistics for Non-statisticians

Automatische Bildanalyse

SigmaSCAN
Automated Image Analysis

Automatische Kurvenanpassung

TableCurve 2D
Automated Curve Fitting Analysis

Mehr Statistik, mehr Graphen,
weniger Aufwand

SYSTAT
Comprehensive
Statistical Analysis

Automatische Peak-Separation
und -Analyse

PeakFIT
Automated Peak Separation Analysis

Automatische Oberflächenanpassung

TableCurve 3D
Automated Surface Fitting Analysis

Informationen über spezielle Lizenzmodelle telefonisch unter ++49 211 5403 9646,
Kostenlose Demo Version anfordern: saveskontakt@inpixon.com (bitte AK1022 angeben)
Inpixon GmbH, Königsallee 92a, D-40212 Düsseldorf

KIT
Karlsruher Institut für Technologie



Verkaufsstellen:

Buchhandlung Kronenplatz, Karlsruhe
Cafeteria, KIT-Campus Nord

online bestellen unter:

www.kit-shop.de



NACHHALTIG.GUT.
Deine Campus-Kollektion



Von **Abhängigkeiten,** **Umweltstandards** und **bezahlbarer Energie**

TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG ZUR
ZUKUNFTSTECHNOLOGIE WASSERSTOFF
VON BRIGITTE STAHL-BUSSE



*Dr. Dirk Scheer und
Dr. Christine Rösch vom Institut
für Technikfolgenabschätzung
und Systemanalyse (ITAS) des KIT*

*Dr. Dirk Scheer and
Dr. Christine Rösch from KIT's
Institute for Technology
Assessment and Systems
Analysis (ITAS)*



Mit Wasserstoff verbinden sich große Hoffnungen: eine CO₂-neutrale Energiewirtschaft und Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen. Dr. Christine Rösch, Leiterin der Forschungsgruppe „Nachhaltige Bioökonomie“ am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT und Dr. Dirk Scheer, wissenschaftlicher Mitarbeiter der ITAS-Forschungsgruppe „Soziotechnische Energiezukunft“ beantworten Fragen darüber, ob sich diese Erwartungen erfüllen lassen und welche Rahmenbedingungen nötig sind, um die ambitionierten Wasserstoffstrategien Deutschlands und der EU zum Erfolg zu führen.

lookKIT: Vor 20 Jahren gab es schon einmal einen Hype um Wasserstoff als Energieträger der Zukunft. Wieso flachte das Interesse auf breiter Front wieder ab?

Dr. Dirk Scheer: Ganz entscheidend waren hier die ökonomischen Randbedingungen und der starke Fokus auf die Brennstoffzelle. Wasserstoff als flexibler Energieträger war in seiner ganzen Anwendungsbandbreite, wie wir ihn heute sehen, nicht im Blick. Der ausbleibende Peak-Oil und teils niedrige Benzinpreise begünstigten den Verbrennungsmotor, stark fallende Kosten für Lithiumionenbatterien die Elektromobilität – beides zu Ungunsten der Brennstoffzelle. Für einen umfassenden Technologiewandel brauchen Unternehmen aber zumindest mittelfristig ein funktionierendes Geschäftsmodell. Wenn sich der Erfolg nach drei oder spätestens fünf Jahren nicht einstellt, dann ist das ein unternehmerisches No-Go und die technischen Innovationen werden zurückgefahren.

Was hat sich zwischenzeitlich geändert?

Dr. Christine Rösch: Kurz gesagt: Klimakrise plus Energiekrise. 2005 trat das Kyoto-Proto-

koll zur Reduktion von Treibhausgasen in Kraft. Der Anteil von erneuerbaren Energien lag in Deutschland damals bei gut fünf Prozent am Primärenergieverbrauch. In dieser Dimension war nicht daran zu denken, Grünen Wasserstoff als flexiblen sekundären Energieträger zu produzieren. Heute liegt der Anteil der Erneuerbaren dreimal so hoch. Statt die Anlagen abzuschalten oder herunterzeregeln, wenn zu viel Wind oder Sonne zur Verfügung stehen und nicht ins Stromnetz eingespeist werden können, ließe sich dieser Überschussstrom über die Wasserstoff-Elektrolyse in Form von Grünem Wasserstoff speichern, flexibel transportieren und einsetzen. Gleichzeitig verschärft der Klimawandel durch massive Ernteauffälle den Nutzungskonflikt zwischen der Herstellung von Biokraftstoffen und der Produktion von Nahrungsmitteln. Wasserstoff bietet hier als gut speicherbarer und über weite Strecken transportierbarer Rohstoff einen Ausweg.

Über welche Anteile von Grünem Wasserstoff an der Energieversorgung sprechen wir?

Scheer: Wasserstoff ist ein kleiner, aber entscheidender Mosaikstein im Gesamtgefüge

einer gelingenden Energiewende. Für eine Energiewende, die eine CO₂-Reduktion um 80 Prozent anstrebt, brauchen wir keinen Wasserstoff – für eine ambitionierte Wende mit 95 Prozent-Reduktion bis 2045, wie Deutschland es sich jetzt vorgenommen hat, aber schon. Diese Lücke kann durch Grünen Wasserstoff geschlossen werden. Wasserstoff wird aber immer ein teures Gut bleiben. Deshalb sollte er ganz gezielt nur in Bereichen eingesetzt werden, wo es technisch keine andere Option gibt. Hierzu zählen energieintensive Industriezweige wie Chemie, Stahl, Glas oder Keramik sowie der Flug- und Schiffsverkehr, aber auch Spezialmaschinen beispielsweise in der Landwirtschaft oder der Baubranche.

Können wir die benötigten Mengen an Grünem Wasserstoff für die heimische Industrie in Deutschland selbst herstellen?

Rösch: Nein, angesichts des hohen prognostizierten Wasserstoffbedarfs und einer erst aufzubauenden Erzeugungsinfrastruktur mit begrenzter Kapazität wird nach derzeitiger Schätzung bis 2050 etwa ein Viertel der jährlichen Wasserstoffnachfrage inländisch erzeugt. Wir werden also massiv auf Importe angewiesen sein.



Of Dependencies, Environmental Standards, and Affordable Energy

Technology Assessment of the Future of Hydrogen

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM

Hype about hydrogen already had began 20 years ago. At that time, the focus was strongly on fuel cells, even though they could not yet be used economically. Interest therefore waned. Much has changed since then: We need to address the climate and energy crises. "For an ambitious energy transition with a 95 percent reduction of CO₂ emissions by 2045, the goal that Germany has set for itself, we need green hydrogen," says Dr. Dirk Scheer, research associate of the "Sociotechnical Energy Futures Research Group" at KIT's Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS). "Hydrogen will always remain an expensive commodity, though," Scheer admits. "Therefore, it should be used very specifically only in areas where there is no other option technically."

Since Germany cannot produce the required quantities of green hydrogen itself, imports are highly important. "Risk diversification is the order of the day," emphasizes Dr. Christine Rösch, Head of the Research Group Sustainable Bioeconomy at ITAS. "We must not put all our eggs in one basket, as we did with natural gas. Governments are deliberately trying to rule this out from the outset by concluding agreements with as many countries as possible." But the production of green hydrogen also gives rise to conflicts in the allocation of resources. "An optimal production site has the highest possible energy input from wind and solar plus proximity to the coast for shipping the hydrogen. In addition, there is the supply of high-quality water to operate the electrolyzers," Rösch explains. "The biggest conflict of use I see, therefore, is with the drinking water supply. The plants also take up a lot of land. Competition with agriculture and nature conservation concerns must be taken into account." To ensure that green hydrogen is really green, certificates of origin, transparent supply chains, and sustainability certificates are important. "This is where the dilemma between environmental standards and affordable energy for Germany's energy hunger comes to light. We need to find a good balance here," says Dirk Scheer. ■

Laufen wir dabei nicht wieder Gefahr, geopolitisch von anderen Ländern abhängig zu werden?

Scheer: Risikodiversifikation ist das Gebot der Stunde! Wir dürfen nicht wie beim Erdgas alles auf eine Karte setzen. Dies versuchen die Regierungen derzeit gezielt von vornherein auszuschließen, indem mit möglichst vielen Staaten Verträge abgeschlossen werden.

Um ausreichend Grünen Wasserstoff zu produzieren, benötigt es riesige Kapazitäten an Wind- und Solarkraftwerken. Welche Nutzungskonflikte wird es geben?

Rösch: Ein optimaler Standort zur Produktion von Grünem Wasserstoff verfügt über einen möglichst hohen und gleichmäßigen Energieeintrag aus Wind und Sonne plus Küstennähe zur Verschiffung des Wasserstoffs. Dazu kommt aber auch eine gute Versorgung mit hochwertigem Wasser zum Betrieb der Elektrolyseure. Den größten Nutzungskonflikt sehe ich daher mit der Trinkwasserversorgung des jeweiligen Standorts. Die Anlagen nehmen außerdem einiges an Fläche ein. Also müssen die Konkurrenz mit der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelproduktion sowie Belange des Naturschutzes berücksichtigt werden.

Wie „grün“ kann Grüner Wasserstoff dann noch sein, wenn sich jetzt schon deutliche Nutzungskonflikte abzeichnen?

Scheer: Hier sind Herkunftsnachweise, gläserne Lieferketten und Nachhaltigkeitszertifikate wichtig, deren Anforderungen noch auszugestalten sind. Gleichwohl: Hier tritt natürlich das Dilemma zwischen Umweltstandards und bezahlbarer Energie für den deutschen Energiehunger zutage. Es wird darum gehen, einen guten Ausgleich zu finden. ■

@ christine.roesch@kit.edu
dirk.scheer@kit.edu



www.itas.kit.edu/2022_001.php



„WasserStoff der Träume“ am
28. Juni 2022 im TRIANGEL Open Space
<https://youtu.be/e6k2CYtm-Xg>





INTERNATIONAL STARTUP PROMOTION

WOMEN IN SCIENCE

35 YEARS OF ERASMUS



FOTOS: INTL



FOTO: LISA JUNGEIM

The Global Horizon Program (GHPro) is a program of the KIT Founders' Forge for the strategic internationalization of startup support. The vision of GHPro is to make KIT and its regional partners an internationally visible contact point and center of expertise for prospective founders, supporters, industry partners, and investors. Its focus is the development of startups that offer technological solutions to global societal challenges. The cluster "DeepTech Start-up Hub South West," which combines technological potential with a large talent pool, establishes close cooperation among regional partners. Among the partners in the regional network are the universities of Heidelberg and Mannheim and the local universities and partners of Gründerallianz Karlsruhe. As part of this program, KIT collaborates with numerous strategic industrial partners such as ABB, BASF, BOSCH, Daimler, SAP, or Zeiss. With the EXIST program, the German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action supports the development and establishment of the DeepTechHub.

As a KIT International Excellence Fellow in 2022, Dr. Isabella Schalko worked with Professor Mario Franca from the Institute for Water and River Basin Management (IWG) at KIT on a research project on the interaction of flow, sediment, and wood in rivers. Schalko is a research associate and lecturer at ETH Zurich and also works at the Massachusetts Institute of Technology (MIT). In a video interview, Schalko and Franca talk about their project. The KIT International Excellence Fellowship allowed Schalko to exchange ideas with KIT researchers, work closely with a KIT doctoral researcher, and give a seminar to students. In the interview, the researcher talks about what it means to her to be a woman in science. She talks about her positive experiences and how female scientists and professors can support each other. You can find more interviews of selected guest researchers on the YouTube channel *KIT International Excellence Talks*. The International Excellence Fellowships program is coordinated by the International Scholars & Welcome Office (ISCO) of KIT's International Affairs Business Unit (INTL).

For 35 years, the Erasmus funding program has been a flagship for academic exchange and understanding in Europe. Since its launch on June 15, 1987, around one million German students have gone abroad in Europe with support from Erasmus. The European Union's best-known program to date has enabled more than twelve million people from all educational backgrounds to study abroad. The program has continuously expanded since its beginning. In 2014, its name was changed to Erasmus+ to reflect its extension to all educational sectors, as well as youth and sport. In the new funding period for 2021 to 2027, Erasmus+ has a budget of 26.2 billion euros – almost twice as much as the predecessor program. This means KIT will have access to about 1.5 million euros to sponsor KIT student stays abroad in 2023. "Our goal at KIT is to open the program to as many students as possible and thus build bridges within Europe that facilitate understanding," says Dr. Julia Johnsen, Head of the Mobility Programs Team of the International Students Office (IStO) at KIT.

@ nermin.siam@kit.edu

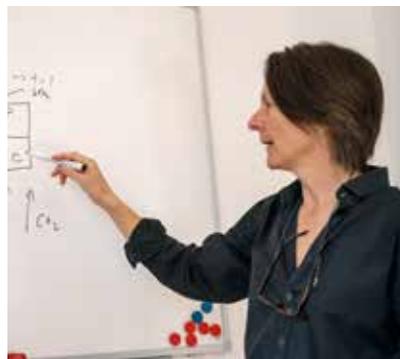
@ elena.pfeifer@kit.edu

@ julia.johnsen@kit.edu

 kit-gruenderschmiede.de/global-horizon-program

 www.intl.kit.edu/schalko

„Wir machen uns als
Spezies das
Leben verdammt
schwer“



Professorin Almut Arneth vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) des KIT hat für ihre herausragende Forschung den Leibniz-Preis 2022 erhalten

Professor Almut Arneth from the Atmospheric Environmental Research Division of KIT's Institute of Meteorology and Climate Research (IMK-IFU) received the 2022 Leibniz Prize for her outstanding research

DIE ÖKOSYSTEMFORSCHERIN PROFESSORIN ALMUT ARNETH DENKT KLIMA- UND UMWELTSCHUTZ ZUSAMMEN

VON ISABELLE HARTMANN

Leibniz-Preisträgerin Professorin Almut Arneth forscht am Campus Alpin des KIT zu den Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klima. Ihre Ergebnisse sind klar: Wir zerstören gewissenhaft unsere Lebensgrundlage. Über eine Arbeit zwischen Wissensdurst und politischem Frust.

Sommer 2022. Mal wieder lässt eine Hitzewelle die deutsche Landschaft verdursten, der Wald in Brandenburg und Sachsen brennt lichterloh, genauso wie – gefühlt – der ganze Süden Europas. Wieder sterben Menschen in den Flammen, wieder werden Dörfer evakuiert, wieder Existenzen ruiniert. Der Klimawandel ist nicht nur eine Sache von Inselstaaten im Pazifik, er ist bei uns angekommen. „Vielleicht ist es gar nicht so schlecht, wenn wir es in Deutschland auch merken – so bitter es für diejenigen klingt, die betroffen sind“, sagt Almut Arneth, Professorin am Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) des KIT. „Wir brauchen den Weckruf als Gesellschaft wirklich. Es ist aber sehr schade, dass das für die Menschheit notwendig ist, um den Klimawandel wahrzunehmen.“

Essen anbauen oder Naturschutz?

Almut Arneth ist Ökosystemforscherin. Ihr Spezialgebiet: die Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klima. Was macht es mit dem Planeten, wenn Wälder zugunsten von Soja-Monokulturen gerodet werden? Wie viel weniger CO₂ speichern Bäume, die immer wieder mit sehr trockenen Sommern zu kämpfen haben? Was bedeutet es, wenn für Solarpaneele Seltene Erden abgebaut werden?

Mit ihrer Arbeitsgruppe „Modellierungen Globaler Landökosysteme“ am Campus Alpin des KIT in Garmisch-Partenkirchen erstellt sie Computersimulationen zum Klimawandel, die bis ins Jahr 2100 reichen. „Natürlich sind darin viele Unsicherheiten enthalten. Werden neun,

zehn oder elf Milliarden Menschen auf der Erde wohnen? Wie viel Fläche werden wir für Agrarprodukte verbrauchen oder als Naturschutzgebiete ausweisen? Das können wir nicht sagen. Aber die Prozesse, an denen wir forschen, dauern auch über Jahrzehnte. Es reicht also nicht, nur die nächsten paar Jahre zu modellieren“, erklärt Arneth.

Für ihre bahnbrechende Forschung hat die Ökosystem-Expertin den Leibniz-Preis 2022 erhalten, den bedeutendsten Forschungspreis Deutschlands. Das Preisgeld in Höhe von 2,5 Millionen Euro darf sie in den nächsten sieben Jahren für ihre Forschung frei einsetzen, ohne bürokratische Hürden. Die Jury erklärte, Almut Arneth „verknüpft mit ihren Forschungsarbeiten die bisher nur lose verbundenen Bereiche der Biodiversität und der Klimawissenschaft.“

Autorin für den Weltklimarat

Schon vor dem Preis war Arneths Expertise weltweit gefragt. Die Professorin war Mitautorin des letzten Sonderberichts des Weltklimarats zu Klima- und Landnutzungswandel (IPCC), hat am Weltbiodiversitätsrat (IPBES) mitgewirkt und gehört zu den meistzitierten Forschenden der Welt.

Und dennoch: Über ihren Einfluss auf die Gesellschaft macht sich Almut Arneth keine Illusionen. Eine Pressemitteilung zu einer Veröffentlichung würde zwar ab und zu aufgegriffen, aber die Aufmerksamkeit verpuffe am nächsten Tag schon wieder. „Es ist eher die Masse an Forschung, die wir alle gemeinsam machen, von der wir uns erhoffen, dass sie einen gesellschaftlichen Einfluss hat“, sagt die Forscherin.

Sogar die Arbeit mit dem Weltklimarat oder dem Weltbiodiversitätsrat könne „frustrierend“ sein, weil die Wissenschaft nur Empfehlungen aussprechen dürfe, keine Vorgaben. „Das Schlussdokument wird mit der Politik abgestimmt, es wird Zeile für Zeile verhandelt und ja, verwässert“, schildert Arneth. Der Bericht stelle die Notwendigkeit mancher Maßnahmen nicht so stark hervor, wie es seitens der wissenschaftlichen Community erwünscht sei. Da müsse man sich schon fragen, ob man den Kompromiss als Forschende dann tragen könne, so Arneth. Sie tue das. „Kompromisse eingehen heißt aber nicht,



FOTOS: MARKUS BREIG

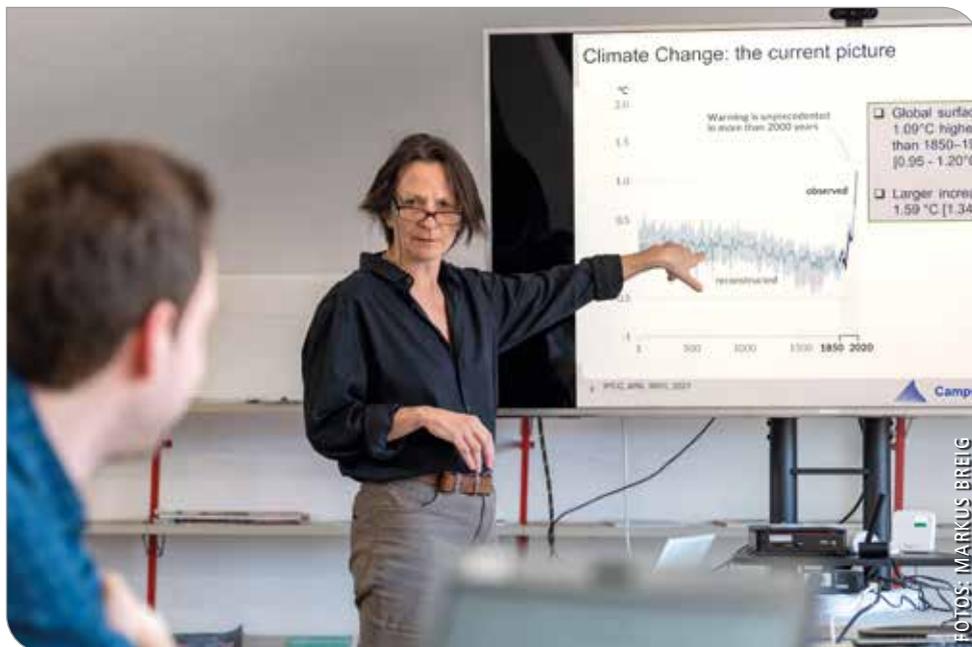


Die Arbeiten von Almut Arneth haben wesentlich zum Verständnis dazu beigetragen, wie Klimaveränderungen sich auf Ökosysteme auswirken und die Landnutzung das regionale Klima verändert

Almut Arneth's work has contributed significantly to understanding how climate change affects ecosystems and how land use alters regional climate

Arneth fordert, Land- und Forstwirtschaft sowie die Küstennutzung neu zu durchdenken, um die Kohlenstoffspeicher der Wälder und Böden zu erhalten

Arneth demands to rethink agriculture, forestry, and use of coasts in order to preserve the carbon reservoirs of forests of soils



We Humans Are Making Life Damn Hard for Ourselves

Ecologist Professor Almut Arneth Combines Climate and Environmental Protection

TRANSLATION: BENNO STOPPE

Summer of 2022. Another heat wave dries up the German landscape; forests in Brandenburg and Saxony are burning. Climate change has arrived. "Maybe it has its benefits when we feel it here in Germany too, as hard as that sounds to those affected," comments Almut Arneth, Professor at the KIT Institute of Meteorology and Climate Research – Atmospheric Environmental Research Division (IMK-IFU). "Our society really needs a wake-up call."

Almut Arneth studies ecosystems. Her specialty: The interconnection of land use and climate. With her Working Group Global Land Ecosystem Modeling at the KIT Campus Alpine in Garmisch-Partenkirchen, she creates computer models for climate change simulations through the year 2100. For her groundbreaking research, the ecologist received the Leibniz Prize in 2022, Germany's most important research award. She can use the prize money of 2.5 million euros for her research over the next seven years. The prize jury explained how Almut Arneth "combines two areas in her research that were previously only loosely connected: Biodiversity and climate science."

Almut Arneth is a co-author of the latest Special Report on Climate Change and Land of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). She also participated in the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) and she is one of the world's most cited researchers. But she harbors no illusion about her influence on society. "Public attention for a press release about a publication disappears quickly. It is the combined amount of research done by all of us together that hopefully carries some weight in society," says Arneth. Even working with the IPCC or the IPBES can be "frustrating," she says, because science can only issue recommendations, not regulations.

The climate is already 1.2 degrees Celsius higher than in pre-industrial times. Extreme weather events are almost five times as likely to happen as they were in 1750, according to the World Climate Report of 2021. "It is not that there are merely more reports now, there is an actual change going on," stresses the climate expert. "It really is baffling to see how we humans as a species are making lives so damn hard for ourselves. And yet we presume ourselves to be intelligent." ■

dass man keine klaren Ansagen macht. Und Forschen hilft mir, das eigene Erstaunen über die fehlende Handlungsbereitschaft ein bisschen abzupuffern."

Mittelfranken, Neuseeland, Schweden

Also macht Almut Arneth weiter, angetrieben davon zu verstehen, wie Klimaprozesse funktionieren und um Lösungsansätze anzubieten. Die geborene Mittelfränkkin begann ihren Weg dorthin im Biologiestudium. Es waren spannende Vorlesungen im Laufe ihres Studiums, die sie Stück für Stück von der Biologie zur Ökosystemforschung brachten, nach Neuseeland zur Promotion oder 2004 nach Schweden, wo sie später ihren ersten Ruf erhielt.

Seit 2012 arbeitet Arneth nun am KIT. Aus ihrem Büro, am Fuß der markanten Alpspitze und des höchsten Bergs Deutschlands, der Zugspitze, hört sie die Bahn pfeifen, die Jahr für Jahr Millionen Touristen auf Berge hochschaukelt, die immer seltener weiß werden. Das Klima ist bereits 1,2 Grad wärmer als zu vorindustriellen Zeiten. Extremwetterereignisse treten laut dem Weltklimabericht von 2021 knapp fünfmal wahrscheinlicher auf als 1750. „Es ist nicht, dass mehr darüber berichtet wird, es ist wirklich ein Umschwung da“, sagt die Expertin. Sie schaut hinauf zu den mächtigen bayerischen Bergen und genießt kurz den Anblick, bevor sie sich auf der Suche nach Erkenntnissen wieder in die Arbeit stürzt: „Es ist schon frappierend zu sehen, wie wir als Spezies uns das Leben verdammt schwer machen. Und dann nennen wir uns intelligent.“ ■

@ almut.arneth@kit.edu

 lemg.imk-ifu.kit.edu



SPARDAZERO: NULL GEBÜHREN, ALLES DRIN.

Das All-inclusive-Girokonto bis zum
31. Geburtstag. Gebührenfrei mit drin:
Die Sparda Debit Mastercard.

Sparda-Bank

BADEN-WÜRTTEMBERG

Egal bei welcher Bank im ganzen Euroraum: Mit der Sparda Debit Mastercard sind monatlich 2 Bargeldauszahlungen in Euro an allen Geldautomaten gebührenfrei mit drin. Jetzt mehr erfahren: sparda-bw.de

Lenovo™ ThinkVision™ Large Format Displays

Mit den neuen Lenovo™ ThinkVision™ Large Format Displays (LFD) werden Konferenzen produktiver als jemals zuvor. Denn diese benutzerfreundlichen 4K-Bildschirme garantieren intuitive Touchbedienung, flexible Anpassbarkeit und Effizienz, sodass erfolgreiche Zusammenarbeit nur noch eine Fingerbewegung entfernt ist.

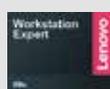
Dank dem leistungsstarken System-on-Chip (SoC) mit integriertem Android™-Betriebssystem, eingebauten 15-Watt-Lautsprechern, einem 8-Array-Mikrofon, der modularen 4K-Webcam mit KI-Unterstützung und nativen Microsoft Teams und Zoom, werden die Welten zwischen internen und externen Mitarbeiter/-innen einfach und natürlich verbunden. Mit dem Lenovo™ Smart Whiteboard entsteht sogleich eine neue Dimension der Kommunikation und Effizienz von Brainstormings. Ideen werden in Echtzeit festgehalten, Notizen geschrieben, Anmerkungen hervorgehoben, kopiert oder gelöscht, bestimmte Bereiche von Notizen oder Zeichnungen hinein- oder herausgezoomt, was Konferenzen noch intuitiver und flexibler werden lässt.

Kompromisslose Zusammenarbeit



pro-com – Seit 1989 stehen wir bei Beratung, Konzeption, Implementierung und Integration von innovativen IT-Lösungen an Ihrer Seite. Denn die Verlässlichkeit auf Produkte, Services, und Qualität ist die einzige Möglichkeit, den höchsten Ansprüchen unserer Kunden gerecht zu werden.

pro-com
DATENSYSTEME GmbH



Preis ab 2.550,00 inkl. MwSt.

Weitere Informationen zum Produkt finden Sie auf www.pro-com.org oder kontaktieren Sie uns: +49 7161/93200-0



Inspired by Challenges

SPITZENFORSCHUNG FÜR GROSSE HERAUSFORDERUNGEN
VON DR. JOACHIM HOFFMANN



Das KIT arbeitet mit Hochdruck an der Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen. Eine Kampagne zeigt die Themenvielfalt der Helmholtz-Gemeinschaft.

Bereits zum 200. Geburtstag von Hermann von Helmholtz im Jahr 2021 begann die Helmholtz-Gemeinschaft damit, die großen Herausforderungen der Menschheit, ihre Challenges, im Überblick zusammenzustellen. Damit will die Forschungsorganisation zeigen, in welchen Themenfeldern sich die Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft für die Lösung großer Zukunftsfragen einsetzen. Die bisher veröffentlichten 163 Challenges auf der Kampagnenseite geben einen facettenreichen Überblick über die Leistungsfähigkeit der 18 Zentren. Zudem gewähren sie einen tiefen Einblick in die Forschung für unsere Zukunft: „Inspired by Challenges“.

„Die Zusammenstellung zeigt deutlich, dass die Helmholtz-Gemeinschaft die großen Probleme unserer Zeit, zum Beispiel eine nachhaltige und stabile Energieversorgung, adressiert und mit ihrer interdisziplinären Forschung auch Lösungen dafür anbieten kann“, sagt Professor Holger Hanselka, Präsident des KIT und Vizepräsident für den Forschungsbereich Energie der Helmholtz-Gemeinschaft. „Um für die Zukunftsfähigkeit unseres Planeten zu forschen, brauchen wir die besten Köpfe – und dies in einem international höchst kompetitiven Wissenschaftssystem.“ Daher soll „Inspired by Challenges“ auch in- und ausländische Talente auf die Zentren als Arbeitgeber aufmerksam machen.

Inspired by Challenges

Cutting-edge Research for Major Tasks

TRANSLATION: HEIDI KNIERIM

To mark the 200th anniversary of the birth of Hermann von Helmholtz, the Helmholtz Association is compiling an overview of the challenges facing humanity to highlight how the centers are working to solve the key issues for the future. “The compilation of the 163 challenges published so far shows that the Helmholtz Association addresses the major problems of our time, such as a sustainable and stable energy supply, and can also offer solutions to them through its interdisciplinary research,” says Professor Holger Hanselka, President of KIT and Vice President for the Research Field Energy of the Helmholtz Association. KIT is involved in 56 of the 163 challenges displayed on the campaign website with significant contributions in the Research Field Energy, but also in the Research Fields of Information, Matter, and Earth and Environment. “As the Research University in the Helmholtz Association, KIT shows its full strength here,” Hanselka points out. To conduct research into the sustainability of our planet, the Helmholtz Association needs the best minds. For this reason, “Inspired by Challenges” is also intended to attract domestic and foreign talents to join the Helmholtz centers as employees. ■

Das KIT ist an 56 der 163 Challenges der Kampagnenseite mit wesentlichen Beiträgen beteiligt, davon hat es etwa die Hälfte der Challenges federführend beigetragen. Insbesondere im Forschungsbereich Energie, aber auch bei Information, Materie sowie Erde und Umwelt ist das KIT stark vertreten.

„Das KIT als die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft zeigt hier seine ganze Stärke“, stellt Hanselka fest. „Auf der einen Seite sind wir in den zent-

ralen Themen der Gemeinschaft oft federführend, auf der anderen Seite führen wir junge Menschen – Studierende und Forschende – an die großen Forschungsthemen heran. Denn sie brauchen wir für unsere Zukunft.“ ■



www.helmholtz.de/forschung/helmholtz-challenges





FARBIGE FASSADEN STEIGERN AKZEPTANZ

ARCHITEKTUR-STUDIE ERSCHLIESST DEN BAUSTOFF HOLZ FÜR DIE STADT

COLORED FACADES INCREASE ACCEPTANCE

ARCHITECTURE STUDY REVEALS IMPORTANCE OF WOOD AS A SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL FOR CITIES

VON JUSTUS HARTLIEB // TRANSLATION: MAIKE SCHRÖDER // FOTOS: BAUWERK

Im Gedächtnis zahlreicher Kulturlandschaften ist der Baustoff Holz tief verankert. Nun zeigt eine am Institut Entwerfen und Bautechnik (IEB) des KIT entstandene Studie die Zukunft des Bauens mit Holz auf. Dabei identifizieren die Architekten Professor Ludwig Wappner, Dr. Falk Schneemann und Peter Hoffmann zunächst die Megatrends „Ökologie und Umwelt“, „Technisierung und Digitalisierung“ sowie „Schaffung von Wohnraum“, welche den Holzbau als solchen wieder attraktiv machen sollen. Wie der Baustoff Holz auch in die Stadt zurückkehren kann, erörtern die Autoren unter baukulturellen, bautechnischen und gestalterischen Gesichtspunkten. Im urbanen Raum gelte es die konstruktive Logik des Holzbaus mit den städtebaulichen Anforderungen der Gegenwart zu vereinbaren: „Gerade weil der Holzbau im gesellschaftlichen Diskurs immer mehr Raum einnimmt, muss er sich in seinem Ausdruck neu erfinden, um speziell in der Stadt eine neue Position einnehmen und halten zu können“, betont Wappner.

Im Fokus der für Planer, Bau- und Sanierungswillige sowie interessierte Laien aufbereiteten Arbeit steht die Holzfassade. Die Forschenden des KIT beschreiben den Wandel von stabförmigen zu flächigen Bauelementen wie Sperrholzflächen und Brettstapeldecken und plädieren für einen nicht-chemischen sondern einen konstruktiven Holzschutz für ökologisch durchdachte Begrünungskonzepte – sowie für ein Mehr an Farbigkeit. „Farbe ist die Eintrittskarte des Holzbaus in die Stadt“, erläutert Schneemann. „Farbe schafft Akzeptanz und erleichtert die kontextuelle Einfügung von Holzbauten in gewachsene städtische Quartiere.“ Referenzprojekt der vom Projektentwickler „Bauwerk“ beauftragten und finanzierten Untersuchung ist der in München-Neuhausen entstehende Holzhybridbau „Vinzent“. Das Wohn- und Bürogebäude wird geprägt von einer farbigen Fassade aus Fichtenholz mit zahlreichen Gestaltungsdetails und einem angegliederten, selbstversorgenden Pflanzensystem. ■

Die Studie „Farbige Holzfassaden im urbanen Kontext“ kann unter <https://fek.ieb.kit.edu/941.php> kostenlos heruntergeladen werden.

Wood as a building material has deep roots in the cultural memory of many regions. A study by KIT's Institute of Design and Construction Engineering (IEB) shows wood's potential for use in future construction. Architects Professor Ludwig Wappner, Dr. Falk Schneemann, and Peter Hoffmann identify three megatrends driving a new boom in timber construction: Ecology and environment, mechanization and digitalization, and new housing. Considering the cultural, technical, and design aspects of building with wood, the authors discuss how timber construction can make a comeback in cities. In urban space, they say, timber construction has to be reconciled with the present requirements of urban architecture. “Precisely because timber construction is becoming more and more prominent in current social discourse, it needs to reinvent itself in order to assume and maintain a new place, especially in cities,” Wappner emphasizes.

The study, which addresses planners, builders, renovators, and the interested public, focuses on wooden facades. The researchers from KIT describe the transition from linear to planar structural elements and advocate plywood surfaces and laminated ceilings, structural rather than chemical wood protection, ecologically sound planting schemes – and more color. “Color is timber construction's admission ticket to urban architecture,” Schneemann says. “It inspires acceptance and facilitates the contextual integration of wooden structures into established urban neighborhoods.” The reference project for the study commissioned and financed by the Munich-based project developer Bauwerk is “Vinzent,” a wood hybrid building in the Neuhausen district of Munich. The residential and office building is characterized by a colored facade made of spruce along with numerous design details and an adjoining, self-sustaining plant system. ■

The study “Farbige Holzfassaden im urbanen Kontext” (Colored wooden facades in urban contexts) can be downloaded cost-free at <https://fek.ieb.kit.edu/941.php> (in German).

@ ludwig.wappner@kit.edu, falk.schneemann@kit.edu, hoffmann.peter@kit.edu

IMPRESSUM / IMPRINT

Herausgeber/Editor

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

Präsident Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe // Germany

www.kit.edu

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

KIT – The Research University in the Helmholtz Association



AUFLAGE/CIRCULATION

15 000

REDAKTIONSANSCHRIFT/EDITORIAL OFFICE

Strategische Entwicklung und Kommunikation (SEK)/

Strategic Corporate Development and Communication

Leiterin (komm.): Dr. Isabelle Südmeyer

SEK-Gesamtkommunikation, Leiterin: Monika Landgraf

Postfach 3640 // 76021 Karlsruhe

REDAKTION/EDITORIAL STAFF

Carola Mensch (verantwortlich/responsible) <cme>

Tel./Phone: 0721 608-41159 // E-Mail: carola.mensch@kit.edu

BILDREDAKTION/COMPOSITION OF PHOTOGRAPHS

Gabi Zachmann und Dienstleistungseinheit Allgemeine Services/Dokumente

General Services Unit/Documents Group

Nachdruck und elektronische Weiterverwendung von Texten und

Bildern nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Redaktion.

Reprint and further use of texts and pictures in an electronic form require the explicit permit of the Editorial Department.

ÜBERSETZUNG/TRANSLATION

Dienstleistungseinheit Internationales/Sprachendiens, Byron Spice

KORREKTORAT/PROOFREADING

Aileen Seebauer (SEK-GK), Sofia Grözinger, Leonie Kroll, Jannick Holste

Maike Schröder (INTL)

ANZEIGENVERWALTUNG/ADVERTISEMENT MANAGEMENT

ALPHA Informationsgesellschaft mbH // E-Mail: info@alphapublic.de

LAYOUT UND SATZ/LAYOUT AND COMPOSITION

modus: medien + kommunikation gmbh // Albert-Einstein-Str. 6

76829 Landau // www.modus-media.de

Mediengestaltung: Julia Eichberger

Grafik-Design: Dominika Rogocka

DRUCK/PRINT

Krüger Druck + Verlag GmbH & Co. KG // Handwerkstraße 8–10 // 66663 Merzig

lookKIT erscheint viermal pro Jahr, jeweils zum Ende eines Quartals.

lookKIT is published four times per year at the end of three months' intervals.

Gedruckt auf 100 Prozent Recyclingpapier mit dem Gütesiegel „Der Blaue Engel“

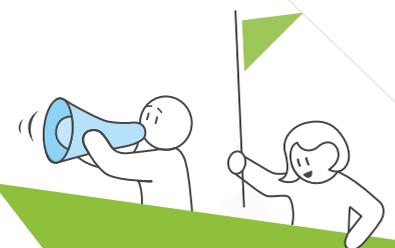
lookKIT

Professionell „sauberen“ Code programmieren, in spannenden Projekten arbeiten und abends wieder zu Hause sein? Geht.

Bei andrena.

Wo ein erfolgreicher Start Programm ist.

andrena
OBJECTS



Jetzt bewerben unter



www.andrena.de/karriere

IST MODUL BAU DEIN DING?



KOLLEGEN GESUCHT

m | w | d

- PROJEKTLEITER
- PROJEKTMITARBEITER
- STATIKER



DU BIST ... oder wirst

- ✓ Bauingenieur oder Architekt
- ✓ Du suchst spannende Projekte z.B. Hybrid-Ops, Labore, Rechenzentren, Botschaften, u.v.m....
- ✓ Du willst die innovative und nachhaltige Modulbauweise von ADK mitgestalten



JOB

oder
Praktikum

www.adk.info

> Karriere
> Stellenangebote



ADK Modulraum GmbH

Im Riegel 28 | 73450 Neresheim | +49 7326 9641-0 | www.adk.info

WIR...

ADK ist einer der führenden Hersteller modularer Gebäude, mit konstant steigenden Wachstums- und Umsatzzahlen.

SAP Entwickler (w/m/d)

(in Stuttgart, Karlsruhe, Heidelberg oder Freiburg)



Als Anstalt öffentlichen Rechts in gemeinsamer Trägerschaft von Land und Kommunen ist die Komm.ONE das größte IT-Dienstleistungsunternehmen für den öffentlichen Sektor in Baden-Württemberg. Als führende Spezialistin für die Digitalisierung von Kommunen und der öffentlichen Verwaltung begleitet die Komm.ONE ihre Kunden mit eigenen IT-gestützten und cloudbasierten Lösungen in die digitale Zukunft zum Nutzen von Bürgern und Gesellschaft. Dafür beschafft, entwickelt und betreibt die Komm.ONE IT-Fachverfahren und erbringt Beratungs- und Schulungsleistungen – flächendeckend, an sieben Standorten in ganz Baden-Württemberg, mit über 1.800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Ihre Aufgaben:

- Softwareentwicklung für die von Komm.ONE angebotenen SAP- und Kommunalmaster-Produkte
- Neu- und Weiterentwicklung von Applikationen und Schnittstellen in Zusammenarbeit mit den Fachteams
- Bewertung, Entwicklung und Einführung neuer innovativer SAP-Technologien
- Support der Fachteams im 3rd-Level und Unterstützung bei Upgrades
- Technische Anforderungsanalyse mit Konzeption und Design

Ihr Profil:

- Abgeschlossenes Studium der Informationstechnologie oder eine vergleichbare IT-Ausbildung mit mehrjähriger Berufserfahrung
- Gute Kenntnisse in ABAP, ABAP OO, SAP-Programmierertools
- Kenntnisse in WebDynproABAP, FloorPlanManager, SAP UI5, SAP Fiori, Formulartechnologien vorteilhaft
- Kenntnisse in SAP ERP-Modulen (z.B. FI/CO, Logistik, IS-U) und S/4 HANA Erfahrungen erwünscht
- Kommunikations- und Teamfähigkeit, sorgfältige Arbeitsweise, Eigenverantwortlichkeit, hohe Lernbereitschaft
- Fließende Deutsch- und gute Englischkenntnisse

Wir bieten:

- Eine unbefristete Einstellung
- Die Stelle ist nach EG 11 TVöD/bewertet. Eine entsprechende Eingruppierung ist möglich, sofern die rechtlichen Voraussetzungen (z.B. persönliche Anforderungen wie Vorbildung oder Ausbildung) vorliegen
- Ein interessantes und anspruchsvolles Arbeitsgebiet in einem angenehmen Arbeitsumfeld und Mitarbeit in einem motivierten Team
- Umfassende Weiterbildungsmöglichkeiten durch Seminare, Workshops und Trainings sowie individuelle Einarbeitung
- Umfangreiche Benefits (z.B. Zuschuss ÖPNV, exklusive Mitarbeiterangebote im Corporate Benefits Programm)
- Betriebliches Gesundheitsmanagement (z.B. Firmenfitnessprogramm)

Sie sind interessiert?

Dann freuen wir uns auf Ihre Online-Bewerbung mit aussagekräftigen Unterlagen unter bewerbung@komm.one



Komm.ONE

Krailenshaldenstraße 44, 70469 Stuttgart
www.komm.one

Hochschulabsolventen (m/w/d) und Entwicklungsingenieure (m/w/d) im Bereich Elektrotechnik und Elektrifizierung

Ihre Zukunft bei Putzmeister – Premiumhersteller von Betonpumpen, eingebunden in ein globales Netzwerk und weltweit tätig.

Ihre Aufgabe

- Entwicklung von elektrischen / elektronischen Systemen und Komponenten von der Idee bis zur Umsetzung in der Maschine
- Selbstständige Analyse neuer Technologien und Erarbeitung neuer Fachthemen
- Abstimmung und Freigabe von Elektrik-Komponenten
- Erstellung von Konstruktions-, Projekt- und Fertigungsunterlagen
- Programmierung der Systeme
- Weiterentwicklung und Pflege bestehender Produkte weltweit
- Aktives Mitgestalten und Arbeiten in interdisziplinären und internationalen Teams

Ihr Profil

- Abgeschlossenes Studium im Bereich Elektrotechnik oder vergleichbare Fachrichtung
- Hohe Leidenschaft für Elektronik und elektrische Antriebe
- Gute Deutsch- und Englischkenntnisse in Wort und Schrift
- Kreativität und Wissbegierde im Hinblick auf neue Innovationen
- Interesse an neuen Herausforderungen
- Analytisches, konzeptionelles Denken und Lösungsorientierung
- Strukturierte, zielorientierte und qualitätsbewusste Arbeitsweise sowie Selbstständigkeit
- Teamfähigkeit und Belastbarkeit

Ihre Vorteile

- Eigenverantwortliche und abwechslungsreiche Aufgaben in einem global vernetzten Unternehmen
- Unbefristetes Arbeitsverhältnis mit tarifvertraglicher Vergütung
- Flexible Arbeitszeitmodelle sowie die Möglichkeit zum mobilen Arbeiten
- Betriebliche Altersvorsorge
- Attraktive Angebote zum Gesundheitsmanagement wie Sportkurse und Vorsorgeuntersuchungen
- Elektroladesäulen für Elektrofahrzeuge und die Möglichkeit ein E-Bike zu beziehen
- Betriebsrestaurant
- Mitarbeitervergünstigungen
- Gebührenfreie Parkplätze

Machen Sie den ersten Schritt und senden uns Ihre Bewerbungsunterlagen mit Ihrer vertraglichen Kündigungsfrist und Ihrer Verdienstvorstellung an die Personalabteilung, Frau Liza Löfflath,
E-Mail: Bewerbung@putzmeister.com

Putzmeister Holding GmbH
Max-Eyth-Straße 10 · 72631 Aichtal
Tel. (07127) 599-764 · www.putzmeister.com



NEXT LEVEL: AUTOMATISIERUNG

Perspektive Zukunftstechnologien.
Jetzt bewerben und durchstarten!

Mit 1,8 Milliarden US-Dollar Gesamtumsatz pro Jahr ist die Inovance Gruppe ein führender Hersteller von industriellen Automatisierungslösungen. Das Unternehmen wurde 2003 in Shenzhen, China, gegründet und hat inzwischen Niederlassungen in 7 Ländern. Das europäische Headquarter in Pleidelsheim ist ein junges, motiviertes Team mit 30 MitarbeiterInnen.

www.inovance.eu

Inovance Technology Europe GmbH
Pleidelsheim (DE) | +49 7144 899-0

INOVANCE



e2open[®]

Moving as one.™

Werde Teil des e2open Teams!

e2open ist ein innovativer Anbieter von Supply-Chain-Management-Lösungen. Unsere Software für Collaborative Planning and Execution ermöglicht es unseren Kunden, über ihre globalen Standorte und ihr Partnernetzwerk hinweg ihre Effizienz in der Beschaffung, Fertigung und Distribution zu verbessern. Viele unserer Kunden zählen zu den Marktführern in ihrem Bereich, wie Bosch, Philip Morris, Maersk und Vodafone.

Wir bieten Praktika, Werkstudierendentätigkeiten und Direkteinstiege in den Bereichen

- Software Entwicklung • Consulting/Technical Consulting
- Sales Development • Customer Support

Für weitere Details kontaktiere bitte ashley.jones@e2open.com oder kevin.guhl@e2open.com

E2OPEN GmbH | An der Raumfabrik 31a | 76227 Karlsruhe | Tel.: 0721/ 7900-800 | www.e2open.com



IN GUTEN HÄNDEN.

Sie wollen Ihr Baufachwissen an die nächste Generation weitergeben?

Dann bewerben Sie sich bei uns als
Senior-Projektleiter (m/w/d) in der Bauausführung.

Jetzt bewerben unter: bewerbung@moerk.de
Weitere Infos erhalten Sie auf unserer Karriere-Seite:
www.moerk.de/karriere
oder telefonisch +49 7152 6049-348

**Ihr Spezialist für Architektur,
Bau und Immobilien.**



MAKE YOUR MOVE.

Elektronikkompetenz für Automotive, Batteriemangement Systeme und die sichere Leistungsverteilung

Technologie fasziniert Sie, und Sie wollen an den Innovationen von morgen mitarbeiten? Bei uns können und dürfen Sie sich einbringen. Wir suchen an unseren Standorten in Landau und Esslingen:

- Junior-Projektleiter (m/w/d)
- Junior-Systementwickler (m/w/d) und Junior-Softwareentwickler (m/w/d)
- Testingenieur (m/w/d) System Validation Automotive
- Werkstudent Einkauf (m/w/d)
- Abschlussarbeiten z.B. zur Systementwicklung LIB auf KI Basis
- Duale Studiengänge Elektrotechnik, Informatik und Wirtschaftsingenieurwesen (DHBW)

[ZUR KARRIERESEITE](#)

Besuchen Sie uns auf LinkedIn: [linkedin.com/company/eberspaecher](https://www.linkedin.com/company/eberspaecher)



Join us! Werde Teil von Atlas Copco

Mit Füge-technologien der Spitzenklasse und viel Leidenschaft schaffen wir Innovationen für eine nachhaltige Zukunft. Willst Du dabei sein? An unserem Standort in Bretten bieten wir spannende Einstiegsmöglichkeiten:

Software Engineer (m/w/d) HMI
Software Engineer (m/w/d) Embedded Software
Software Engineer (m/w/d) Prototype
Software Tester (m/w/d)

Wir freuen uns auf Deine Bewerbung.
IAS.career@atlascopco.com

Alle offenen Stellen findest Du auch unter:
www.atlascopco.com/jobsbretten





Planen Sie gerne Großes?

Auf mehr als 780 Kilometern Linienlänge bringen wir unsere Fahrgäste täglich zuverlässig ans Ziel. Damit unsere Kunden „mit gutem Gefühl unterwegs“ sein können, steht für die rnv eine nachhaltige und kundenfreundliche Mobilität im Fokus.

Um eine umweltfreundliche Mobilität in der Region weiter voranzubringen, suchen wir Experten in den Bereichen Verkehrswegebau, Informatik sowie Digitalisierung. Wir ermöglichen auch Werkstudententätigkeiten in diesen Bereichen.

Aktuelle Stellenausschreibungen finden Sie unter:
www.rnv-online.de/karriere.



Die BITBW sucht Berufseinsteigerinnen und Berufseinsteiger sowie erfahrene Fachkräfte, um die IT im Land weiter nach vorne zu bringen.

Neue Projekte und vielseitige Aufgaben lassen unsere Teams wachsen. Folgende Bereiche freuen sich über neue Kolleginnen und Kollegen:

IT-Sicherheit | SAP | Kommunikationstechnik | Programmierung | Windows-, Linux-Server | Systemadministration | Accountmanagement | Netzwerke

Wir suchen Sie!
Jetzt bewerben auf bitbw.de.



Baden-Württemberg

Mit Sicherheit. IT. BWgen.

ENTWICKLE MIT UNS DIGITALE SUPERKRÄFTE ...



... und schreibe Deine Heldenstory

Du möchtest Heldentaten in der Digitalisierung vollbringen? Du liebst Abwechslung statt Routine? Dann verwirkliche mit uns Deine Ideen und gestalte so die ECM-Software der Zukunft.

Erlebe den Spirit echter IT-Held:innen und werde Teil des wachsenden Teams der CTO!

Bewirb Dich einfach auf eine unserer offenen Stellen oder sende Deinen Lebenslauf an: jobs@cto.de



mehr unter: www.cto.de/karriere



ZU- KUNFT

DIE MOBILITÄT VON MORGEN GESTALTEN.

Gemeinsam verbinden und bewegen wir Menschen. Wir setzen uns für nachhaltige Fortbewegung ein und lenken die regionale Verkehrswende. Möchtest auch du mit deiner Arbeit die Welt jeden Tag ein Stückchen besser machen? Steig jetzt ein und freu dich auf:

- > Mitarbeit bei der Planung von Verkehrsanlagen und städtischen Infrastrukturprojekten
- > Persönliche Entwicklungsmöglichkeiten
- > Gestaltungsfreiheit und Eigenverantwortung
- > Sinnstiftende Tätigkeit bei einem attraktiven Arbeitgeber



www.vag-freiburg.de/karriere



Werden Sie Teil der KMW-Familie!

Sie lieben Technik? Wir haben mit Sicherheit die richtige Karriere für Sie!

Informieren Sie sich auf kmweg.de/karriere/stellenmarkt zu unseren offenen Stellen. Wir freuen uns von Ihnen zu hören.



KMW **K N**
A COMPANY OF **D S**

SCHLEITH BAUT ERFOLGSSTORYS

Als Familienunternehmen sind wir mit über 750 Mitarbeitern an sieben Standorten tätig. Unser umfangreiches Leistungsspektrum erstreckt sich vom Tief-, Erd- und Straßenbau über den Ingenieur- und Spezialtiefbau bis zum Hoch- und Schlüsselfertigbau.

STARTE DEINE STORY BEI UNS ALS:

- WERKSTUDENT (m/w/d)
- PRAKTIKANT (m/w/d)
- BACHELORAND (m/w/d)
- MASTERAND (m/w/d)

ODER DIREKT NACH DEINEM STUDIUM ALS:

- JUNIOR-BAULEITER (m/w/d)
- TRAINEE (m/w/d) KALKULATION

Alle weiteren Infos findest du unter schleith.de/karriere



Wir freuen uns auf deine
Bewerbung@schleith.de!

WALDSHUT-TIENGEN | STEISSLINGEN | RHEINFELDEN | UMKIRCH | ACHERN | MANNHEIM | KARLSRUHE

Nicht nur viele Produktionsprozesse bedürfen der Beheizung mit Temperaturen weit über den mit Wasser oder Dampf sinnvoll zu bewältigenden Bereichen, auch bei der Nutzung von regenerativen Energiequellen werden zunehmend dampfdrucklose Hochtemperatursysteme zur Wärmespeicherung eingesetzt. Als Primärenergiequellen dienen fossile Normbrennstoffe, Sonderbrennstoffe wie Bio- und Faulgase oder auch Wasserstoff sowie diverse Abfallströme und Produktionsreststoffe. Zunehmend steht auch ein breites Spektrum an Biomassen mit entsprechend hohen Anforderungen an Verbrennungsführung, Effizienz und Umweltverträglichkeit zur Verfügung. Als Wärmeträger fungieren hierbei Thermoöle und Salzschnmelzen.

Als Mitarbeiter in unserem Unternehmen unterstützen Sie unsere erfahrenen Teams beginnend mit der Projektierung bis hin zur kompletten Abwicklung komplexer Anlagen zur Wärmezeugung, Wärmespeicherung und Wärmeverteilung im Temperaturbereich bis weit über 400 °C. Dazu gehören neben der konzeptionellen und verfahrenstechnischen Planung die komplette Auftragsabwicklung einschließlich der Aufstellungs- und Rohrleitungsplanung, das Einholen und Bewerten von Angeboten, die Fertigungsüberwachung und Qualitätsprüfung, die Termin- und Kostenüberwachung sowie auch die Leitung der Montage- und Inbetriebnahme. Vielleicht schlägt Ihr Herz darüber hinaus auch für den direkten Kundenkontakt nebst Akquisition und versierter technischer Beratung vor Ort – damit eröffnet sich Ihnen ein noch größeres Tätigkeitsfeld.

Ihr Profil

Ingenieur (m/w/d) im Fachbereich Verfahrenstechnik, Chemieingenieurwesen oder Maschinenbau

Sie sind fähig, in der deutschen sowie in der englischen Sprache qualifiziert schriftlich und mündlich mit unseren Kunden und Geschäftspartnern zu kommunizieren. Grundkenntnisse in weiteren Fremdsprachen sind von Vorteil aber keine Voraussetzung. Die umfassende und verantwortliche Bearbeitung von Anlagen im industriellen Größenbereich mit Projektierung und Angebotsbearbeitung, bis hin zur Übergabe an unsere Kunden, stellt für Sie ein besonderes Ziel dar.

Unser Angebot:

- Wir bieten Ihnen ein sehr anspruchsvolles und interessantes Aufgabengebiet
- Wir sorgen für eine umfassende und zielorientierte Einarbeitung
- Wir bieten alle erforderlichen Weiterbildungsmöglichkeiten
- Wir geben auch Berufsanfängern eine realistische Chance
- Wir bieten ein attraktives Gehalt und entsprechende Nebenleistungen
- Sowie vieles mehr.

CAW

Industrial Combustion and Heat Transfer



Unser Unternehmen hat sich innerhalb von 25 Jahren einen international bedeutenden und höchst geschätzten Namen für hochwertige, ausschließlich individuell zugeschnittene Anlagen in der Hochtemperaturwärmetechnik, der Biomasseverstromung und der thermischen Abluftreinigung geschaffen.

Wir arbeiten weltweit in festen Partnerschaften mit ebenso namhaften Firmen zusammen und liefern unsere Anlagen in praktisch alle Industrien und Länder dieser Erde.

Wenn Sie diese ständig neue Herausforderung reizt, sollten wir uns kennenlernen.

Wir freuen uns über Ihr Interesse.

Bitte senden Sie uns Ihre Bewerbung schriftlich per Post zu oder bevorzugt online als PDF-Dokument an:
bewerbung@caw-wiesloch.de

Ihre Ansprechpartnerin

Katja Roos, Classen Apparatebau Wiesloch GmbH
Ludwig-Wagner-Straße 9/1, 69168 Wiesloch
Tel +49 (0)6222 5726-14, Fax +49 (0)6222 5726-10
www.caw-wiesloch.de

IN AGILEN WORKSTREAMS

DIE CLOUD-LÖSUNGEN

VON MORGEN ENTWICKELN.

DARUM SIND WIR BEI DATEV.

Valeria und Dominik,
Cloud-Entwicklerin und
-Entwickler bei DATEV

Gemeinsam sichere Cloud-Lösungen und innovative Apps realisieren: Als Cloud-Entwicklerin oder -Entwickler erwarten dich bei DATEV vielfältige Aufgaben in einer agilen Innovationskultur. Informiere dich über freie Stellen und spannende Projekte bei einem der führenden IT-Dienstleister in Europa.

[DATEV.DE/KARRIERE](https://datev.de/karriere)



Zukunft gestalten.
Gemeinsam.



Werde Student (m/w/d) bei Peter Gross Bau

Wir suchen für unsere Niederlassung **Karlsruhe**
Abt.: Tiefbau zum nächstmöglichen Zeitpunkt:

- **Studenten (m/w/d) im Praxissemester**
- **Einstieg als Jungbauleiter (m/w/d)**
- **Werkstudenten (m/w/d)**
- **Duale Studenten (m/w/d)**

Wir freuen uns auf Deine Initiativbewerbung über unsere Karriereseite:

www.gross-karriere-machen.de



DIE WELT
DEUTSCHLANDS
BESTE
AUSBILDUNGS-
BETRIEBE

Peter Gross Bau
HOHE ATTRAKTIVITÄT

Bevölkerungsumfrage
www.attraktive-ausbildungsbetriebe.de
ServiceVöbe GmbH 08|2021

Verantwortlich für Kundenbefragung und Auszeichnung
ist die ServiceVöbe GmbH

Schreib gemeinsam mit uns deine Heldengeschichte weiter!



Wir freuen uns auf neue Kolleginnen und Kollegen, die unser Team menschlich und fachlich bereichern und uns bei digitalen Projekten unterstützen. Auf dich wartet ein Team mit über 500 Held*innen, die Start-ups, Mittelständler und Konzerne bei Veränderungsvorhaben unterstützen und neue Ideen, Strategien und Lösungen entwickeln.



**Werde Teil unseres Teams.
Bewirb dich jetzt!**
www.bridging-it.de

Dabei kann dein Einstieg ganz individuell aussehen – denn bei uns arbeitest du dort, wo du deine Leidenschaft und deine Talente am besten einsetzen kannst.



LANDKREIS
GÖPPINGEN

**ÜBERRASCHEND. ZUKUNFTSSICHER. MODERN. LEBENDIG.
BILDUNGSSTARK. FLEXIBEL. LEBENSPHASENORIENTIERT.
VERLÄSSLICH. VORAUSSCHAUEND.**



Landratsamt Göppingen | Lorcher Str. 6 | 73033 Göppingen

**BEWERBEN SIE
SICH JETZT!**

Alle Informationen zu Ihrer Karriere bei uns in einem modernen und innovativen Dienstleistungsbetrieb:

landkreis-goeppingen.de/check-in

LAB¹⁴

NOTION
SYSTEMS

HEIDELBERG
INSTRUMENTS

osiris

GenISys

SPECSGROUP

4D-3D



Join our journey

Work at Lab14 or one of our high-tech companies and help us shape the future.



At Lab14, we are the conductors of change

Lab14 group companies are all businesses who have gained a significant role in new and advanced technologies in micro- and nano-fabrication, analytical tools and services for the semiconductor industry.

Lab14 group fosters synergies and similarities in market segments between the group of companies in its portfolio to generate a competitive and technological advantage over other players in the field.

www.schuetz-messtechnik.de

 **SCHÜTZ**
MESSTECHNIK

RICHTIG GAS GEBEN!

...und dabei spannende Praxisthemen kennenlernen.

Schütz entwickelt Mobile Messeinheiten
sowie Gasmess- und Gasspürgeräte.

Sie suchen ein interessantes, praxisorientiertes Thema
für Ihre Bachelor- oder Master-Thesis?

Dann sollten wir uns kennenlernen!
Bitte Mail an info@schuetz-messtechnik.de



„Operations keeps the lights on, strategy provides a light at the end of the tunnel, but projectmanagement is the train engine that moves the organization forward.“

WOODY WILLIAM

JUNIOR PROJECT MANAGER



PROJECT MANAGEMENT ASSISTANT

Wir suchen DICH



PROJEKTMANAGEMENT IST DIE ZUKUNFT - unsere Aufgaben werden vielfältiger, Automatismen sind nur noch für Maschinen. Der Mensch mit seiner Kreativität und seiner Fähigkeit zum abstrakten Denken wird jedoch einzigartig bleiben. Lass uns gemeinsam das Zeitalter der Projekte einläuten!

DU BIST EIN TEIL VON UNS. Gemeinsam erreichen wir unsere Ziele, denn **TEAMWORK** wird bei uns großgeschrieben!

EIN MODERNER ARBEITSPLATZ in unserem neuen Office in Offenburg wird für dich ein Ort des Wohlfühlens und der Entfaltung sein.

STILLSTAND IST LANGWEILIG und Stillstand ist Rückschritt. Daher schaffen wir dir Möglichkeiten, über deine eigenen Grenzen hinauszugehen und dich immer wieder neu zu erfinden und bieten dir qualifizierte Fortbildungen, vielfältige Prämien und attraktive Aufstiegschancen.

GEMEINSAM GESTALTEN WIR DIE ZUKUNFT BEI WIC
Become part of the engine. Be part of our **TEAM!**

► **BEWIRB DICH JETZT:**
karriere@wisst-international.com



Wisst International Consulting GmbH
Alemannenstraße 53, 77767 Appenweier
www.wisst-international.com

rutronik-careers.com

Überzeugen durch Leistung



Entdecken Sie die Welt der elektronischen Bauelemente! —

Starten Sie als Teamplayer bei Rutronik! Die Welt der Elektronik ist unser Zuhause. Als eines der weltweit führenden Unternehmen für den Vertrieb elektronischer Bauteile mit mehr als 1.800 Mitarbeitern an über 80 Standorten rund um den Globus suchen wir laufend Verstärkung. Entdecken Sie jetzt die Perspektiven und Chancen, die Ihnen ein Job bei Rutronik bietet und werden Sie Teil unseres Erfolgs!

ACCOUNT MANAGER (M/W/D)

Betreuung eines festen Kundenstamms
Gezielter Aufbau von Neukunden
Weiterentwicklung des Vertriebsgebietes

PRODUCT SALES MANAGER (M/W/D)

Gestaltung des Marketings für Ihren Produktbereich
Technische Beratung der Kunden und des Vertriebs
Lieferantenmanagement

FIELD APPLICATION ENGINEER (M/W/D)

Entwicklungsunterstützung unserer Kunden
Betreuung neuer Produkte bis zur Serienreife
Technisches Projektmanagement (Kunde, Hersteller)

Unser Angebot an Sie:

- Einen zukunftssicheren, unbefristeten Arbeitsplatz mit tollen Gestaltungs- und Entwicklungsmöglichkeiten
- Eine dynamische Arbeitsumgebung: flache Hierarchien, direkte Kommunikation vom Praktikanten bis hin zur Geschäftsführung, offene Türen, kurze Wege, hilfsbereite, engagierte Kollegen und gleitende Arbeitszeiten im Rahmen einer 40h-Woche
- Eine Arbeitsumgebung mit moderner Ausstattung
- Betriebliche Sozialleistungen (z.B. Zuschuss zur Altersvorsorge, Betriebssportgruppen, Fort- und Weiterbildungsprogramme)

Verwirklichen Sie Ihre Ideen und beweisen Sie Teamgeist – starten Sie mit uns in eine erfolgreiche Zukunft. Bewerben Sie sich online unter rutronik-careers.com.

RUTRONIK Elektronische Bauelemente GmbH
Industriestraße 2 | 75228 Ispringen
Tel. 07231 801-1273
rutronik.com | rutronik-careers.com

HIER GEHT'S ZU
UNSERER KARRIERESEITE.



Der Stoff, aus dem Karriere-träume sind.

Sachverständiger Umweltschutz & Emission (m/w/d) Berlin, Düsseldorf, Halle, Hamburg, Karlsruhe, München, Stuttgart

Ihre Aufgaben

- Sie sind für die Planung, Durchführung und Auswertung von Emissionsmessungen zuständig
- Ebenso versiert erstellen Sie die erforderlichen Auswertungen und Berichte

Ihre Qualifikationen

- Studium der Fachrichtung Verfahrenstechnik, Umwelttechnik oder ein vergleichbarer Studiengang
- Führerschein der Klasse B und Bereitschaft, lokal im Außendienst tätig zu sein

Sicherheit beginnt mit mir bei DEKRA – daher ist auch als Arbeitgeber auf uns Verlass und wir sorgen für Sicherheit in Ihrem Leben. Neben einem attraktiven Gehalt, umfassenden Sozialleistungen sowie einer betrieblichen Altersvorsorge, erhalten Sie bei uns die Möglichkeit, eigenständig zu arbeiten und frühzeitig Verantwortung zu übernehmen. Wir bieten vielfältige Karriereöglichkeiten und investieren in Ihre Weiterentwicklung.

Alle Details zum Aufgabengebiet und den damit verbundenen Qualifikationen finden Sie auf unserer Karriereseite: www.dekra.de/karriere

Wir freuen uns auf Ihre Online-Bewerbung.

Haben Sie Fragen?
Frau Stefanie Wolf, +49 711 7861-1873
DEKRA Automobil GmbH

zu den Stellenangeboten >



Wir suchen:

- » Praktikant:innen
- » Masterand:innen für Masterarbeiten
- » Young Professionals
- » Erfahrene Ingenieur:innen und Elektrotechniker:innen

JOIN OUR

TEAM



Energynautics ist ein Beratungsunternehmen zur Netzintegration erneuerbarer Energien, Elektromobilität und Wasserstoff. Mit unseren Dienstleistungen unterstützen wir die weltweite Energiewende.

bewerbung@energynautics.com
Ansprechpartner: Eckehard Tröster
www.energynautics.com

GRÖTZ
W I R B A U E N

**BAUEN SIE MIT UNS
AN DER ZUKUNFT.
GRÖTZ.**

UNSERE AKTUELLEN STELLENANGEBOTE
FINDEN SIE ONLINE. JETZT BEWERBEN:



LEIDENSCHAFT FÜRS BAUEN.
SEIT 1904.

Breitband Ortenau



Breitband für alle Zukunft mitgestalten!

Du bist gerade mit dem Studium fertig und interessierst dich für eine Stelle in der **Netzplanung**? Dann bewirb dich jetzt bei uns in den Bereichen Struktur- sowie Ausführungsplanung. Auch deine **Bachelor- oder Masterarbeit** kannst du bei uns schreiben! Und falls du noch mitten im Studium bist, aber erste Erfahrungen im Projektmanagement zum Glasfaserausbau sammeln möchtest, kannst du bei uns als **Werkstudent*in** einsteigen.

**Bewirb
dich jetzt:**

Für deine
Abschlussarbeit, als
Absolvent*in oder
Werkstudent*in

Karriere bei uns:

Die Breitband Ortenau hat ihren Sitz in Offenburg und ist spezialisiert auf die Entwicklung & Begleitung von Projekten zum Ausbau von Glasfasernetzen. Wir bieten dir 30 Tage Urlaub, mobiles Arbeiten, Jobrad, faire Bezahlung, ein tolles Team und vieles mehr. Wir freuen uns auf deine Bewerbung!

www.breitband-ortenau.de

Alle offenen
Stellen hier:



GEMEINSAM. GUTES. GESTALTEN.

ZUKUNFT IM ÖFFENTLICHEN DIENST!

ARCHITEKT/IN
BAUINGENIEUR/IN

(W/M/I)



JETZT BEWERBEN!

Wir freuen uns auf Ihre Initiativbewerbung im technischen Bereich auf unserem Karriere-Portal unter www.buehl.de/karriere.

IM APRIL ERSCHEINT DIE NEUE AUSGABE!

Bei Interesse an einer
Anzeigenschaltung
wenden Sie sich bitte an:

ALPHA

ALPHA Informationsgesellschaft mbH

Ansprechpartnerin: Frau Kark

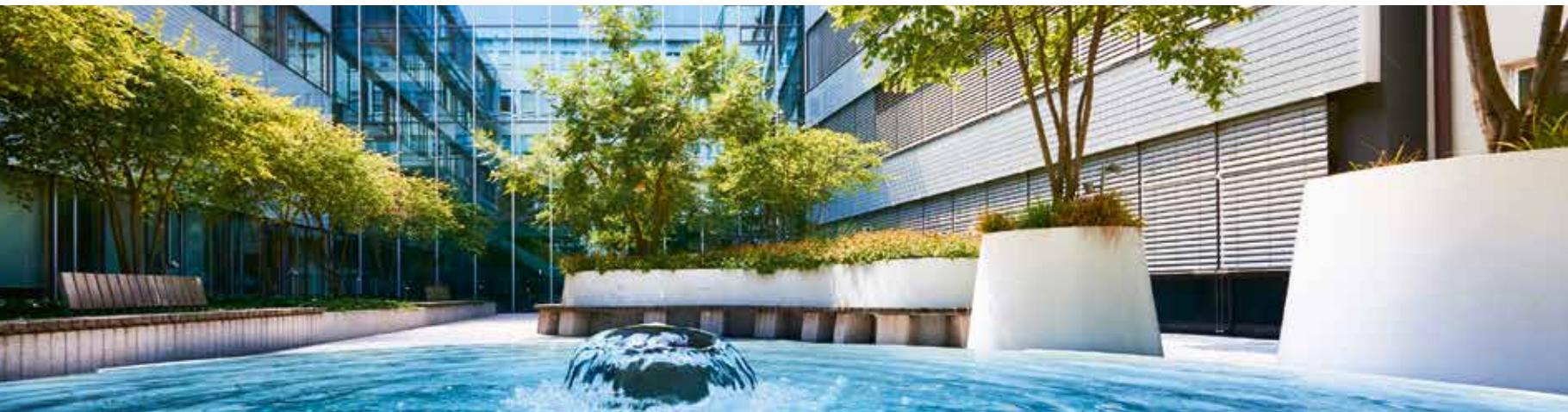
Telefon: 06206 939-342

E-Mail: tatjana.kark@alphapublic.de

www.alphapublic.de

WGV VERSICHERUNG

Gemeinsam und innovativ gestalten
wir die Zukunft. Mit Sicherheit.



Unser Angebot:

- ✓ Individuelle Einarbeitung
- ✓ Attraktives Gehaltspaket
- ✓ Entwicklungsperspektiven
- ✓ Modernste Arbeitsmittel
- ✓ Sicherer Arbeitsplatz
- ✓ Vielfältige Aufgaben
- ✓ Betriebsrestaurant
- ✓ Mobiles Arbeiten
- ✓ Homeoffice
- ✓ Teamarbeit
- ✓ u.v.m.

Schauen
Sie bei uns rein

karriere.wgv.de

Württembergische Gemeinde-Versicherung a.G. / Stuttgart

Bei uns finden Sie spannende Aufgaben in den Bereichen

Wirtschaftswissenschaften

Software-Entwicklung

Mathematik

IT-Administration

Produktentwicklung

WGV

MOVE THE WORLD.
MOVE YOUR FUTURE.

Auch hier in
Malsch

WIR BIETEN EINE VIELZAHL AN IT-STELLEN, DARUNTER:

- **SAP S/4 SOFTWARE ENGINEER**
(m/w/d) Modules FI/CO/MM/BW
- **SOFTWARE ENGINEER**
(m/w/d) IoT/Indoorlocalization
- **REQUIREMENTS ENGINEER**
(m/w/d) Logistik-Systeme
- **DEVOPS ENGINEER**
(m/w/d)

IN MALSCH



GEMEINSAM DIE WELT VERNETZEN.

IT-Kompetenz ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor unseres Unternehmens. Durch unser starkes Wachstum sorgen inzwischen global über 850 Mitarbeiter für eine leistungsstarke IT – auch hier vor Ort in Malsch. Die Vielfalt der Aufgaben, verbunden mit individuellen Entwicklungsmöglichkeiten, machen unsere IT zu einem attraktiven Arbeitgeber. Komm zu uns als Taktgeber der Weltwirtschaft und gestalte deine berufliche Zukunft aktiv mit, bilde dich gezielt weiter und bring deine eigenen Ideen mit ein. Gemeinsam vernetzen wir die Welt – und dafür brauchen wir dich!

BEWIRB DICH JETZT IN UNSERER CORPORATE IT

Komm zu uns als Taktgeber der Weltwirtschaft: dachser.de/karriere

DACHSER SE • Head Office • André Franke • Thomas-Dachser-Straße 2 • 87439 Kempten
Tel.: +49 831 5916 1541 • andre.franke@dachser.com



Forschen, wo sonst niemand forscht. Präzision neu definieren.

ZEISS

Seeing beyond

Hunderte
offene
Stellen

Forschung & Entwicklung in der Halbleiterfertigungstechnik

Es hat nicht viel gefehlt – beinahe wäre Kathrin Kamerafrau geworden. „Nach dem Abi musste ich mich entscheiden: Dokumentarfilm oder Physikstudium? Wissen vermitteln oder Wissen schaffen?“ Sie entschied sich für den Einstieg in die Wissenschaft – und forscht heute an der Halbleiterfertigungstechnologie von morgen. Mit ihrer Arbeit gehen sie und ihr Team immer wieder neue Wege. „Da wo wir hinwollen, geht kein anderer hin. Ich mag diese Herausforderung!“ Kathrin ist Gruppenleiterin für Optiktechnologie in der Halbleiterfertigungssparte von ZEISS. Gemeinsam mit ihrem Team forscht sie an der Optimierung von Politurprozessen und leitet Entwicklungsteams. „Ich manage kluge Köpfe. Gemeinsam treiben wir die Präzision der Halbleiter-Lithographie voran – auf Sub-Nanometer-Ebene.“

Erfahre mehr über Jobs in der Halbleiterfertigungstechnik bei ZEISS: zeiss.de/arbeitenbeizeiss