



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

Energie **wende**  
Umschalten auf Zukunft

# Energie von morgen

*Wie Forschung und Förderung erfolgreich zur  
Energiewende beitragen*



[bmwk.de](https://www.bmwk.de)

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft  
und Klimaschutz (BMWK)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
www.bmwk.de

### Stand

Januar 2022

Diese Publikation wird ausschließlich als Download angeboten.

### Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

### Bildnachweis

AdobeStock  
AA+W / S. 48  
Alexander Limbach / S. 20  
Aliaksandr / S. 43  
Dmitry Kovalchuk / S. 11  
Eyematrix / S. 49  
Hermann / S. 5  
ifeelstock / S. 8  
Mediaparts / S. 17  
malp / S. 12  
Nuthawut / S. 30, 31  
Sergey Nivens / S. 40  
Stockwerk-Fotodesign / S. 38  
WrightStudio / S. 5  
  
va-Q-tec AG / S. 4  
Bildkraftwerk / S. 21  
BMWK / Dominik Butzmann / S. 1  
Deutsche Windtechnik / S. 6  
DLR / S. 8  
EnBW/Uli Deck / S. 7  
Energiedienst / S. 48  
Fraunhofer ISE / S. 26, 28  
Graforce GmbH / S. 6  
HFT Stuttgart/Pietzsch / S. 23, 24, 25  
Hydrogenious LOHC Technologies GmbH / S. 9  
IFW / S. 40  
Innogrations GmbH; Fotograf Christopher Arnoldi / S. 14  
Innovating to Net Zero Summit / S. 49  
MAFAC – E. Schwarz GmbH & Co. KG / S. 44  
Mainzer Stadtwerke AG / S. 18  
Moritz Leg / S. 15  
Netze BW / Andreas Martin / S. 34, 35, 37  
Nikolaus Heiss und PTW, TU Darmstadt / S. 48  
Nordex / Jan Oelker / S. 46  
PtJ/Kim Statzner / S. 19  
PtJ/Bildkraftwerk/Zöhre Kurc / S. 49  
PTW TU Darmstadt | A. v. Hayn / S. 44  
privat / S. 27  
Rolf Schulten/Energietage / S. 48  
Stiftung Jugend forscht e. V. / S. 48  
Susanne Vogel (Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg) / S. 7  
Tom Schulze / S. 49  
Trianel Windpark Borkum II / Matthias Ibeler / S. 47  
TU Darmstadt / PTW / ETA-Fabrik / Foto: Jan Hosan / S. 43  
TU Darmstadt / PTW / ETA-Fabrik / Hessen Schafft Wissen /  
Foto: Jan Hosan / S. 42, 43  
Universität Bamberg und BEN Energy / S. 36

### Zentraler Bestellservice für Publikationen der Bundesregierung:

E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)  
Telefon: 030 182722721  
Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

# Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die Transformation Deutschlands zu einer klimaneutralen Industrienation ist die entscheidende strukturelle Aufgabe unserer Zeit. Nur wenn wir genügend grüne Energie produzieren und unsere Häuser, Schulen sowie Industrie- und Gewerbebetriebe klimaneutral betreiben, ist unser Wohlstand nachhaltig und geht nicht zulasten der nachkommenden Generationen.



Die Bundesregierung fördert die Forschung, Entwicklung und Demonstration von Energieinnovationen in Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen seit über 40 Jahren im Rahmen von Energieforschungsprogrammen. Ohne diese beharrliche Forschung wären manche heute im Energiesystem selbstverständlich verfügbaren Technologien nicht einsatzreif. Dennoch braucht der Pfad zur Klimaneutralität bis 2045 eine weitere Intensivierung der Forschung und des Praxistransfers: Energieforschungsförderung ist ein unverzichtbares Element der Energiepolitik. 2021 wurden in der angewandten Energieforschung 5.104 Projekte mit insgesamt 576 Millionen Euro unterstützt.

Dieses Magazin gibt einen Einblick in die facettenreiche Forschungs- und Innovationslandschaft in Deutschland: angefangen bei umweltfreundlichen Kühlakkus für den Covid-Impfstoff-Transport, über Heizwärme aus dem Kartoffelacker für Privathäuser bis hin zu Photovoltaikanlagen, die unsere Stadtquartiere nicht nur umweltfreundlicher, sondern auch attraktiver machen. Die bisherigen Forschungsaktivitäten rund um das Thema Wasserstoff sind eine Voraussetzung für den jetzt anstehenden Markthochlauf. Das zeigt, dass sich strategische Forschungsförderung über einen längeren Zeitraum lohnt.

Für den erfolgreichen Umbau des Energiesystems müssen verschiedene Bereiche wie die Produktion von grünem Strom, eine klimaneutrale Wärmeversorgung und der nachhaltige Verkehr „zusammen gedacht“ werden. Dabei spielt die Digitalisierung eine wesentliche Rolle. Sie trägt dazu bei, dass beispielsweise Energieflüsse zwischen Stromerzeugern und -nutzern intelligent gesteuert werden. Auch hierfür gibt es ein spannendes Beispiel in dieser Publikation.

Ich wünsche Ihnen eine informative und anregende Lektüre!

A handwritten signature in blue ink that reads "Robert Habeck". The signature is fluid and cursive, written over a white background.

Dr. Robert Habeck  
Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz

# Inhalt

Aktuelles aus der Forschung	3
Kalt, kälter, am kältesten!	4
Einer für alle, alle für einen	5
Digitaler Energie-Zwilling	5
Nachhaltiger Rückbau von Windenergieanlagen	6
Vom Verbrenner zur Wasserstoffmobilität	6
Potenziale moderner Klärwerke	7
Thermalwasser für E-Autos	7
Sonnige Aussichten	8
Kommunen als Schlüsselakteure beim Klimaschutz	8
Drei Fragen an Daniel Teichmann	9
Spezial	10
Ein grüner Punkt fürs CO <sub>2</sub> -Recycling	11
Erfolgsgeschichten	16
Wasserstoff – ein Schlüsselement für die Energiewende	17
Wenn der Acker die Gebäude heizt	23
Hinter die Photovoltaik-Fassade geblickt	26
Fortschritt fördern	29
Klimaneutral bis 2045 – wie geht das?	30
Schon gewusst?	32
Im Fokus	33
Die digitalen Helfer der Energiewende	34
Wenn weniger mehr ist	38
Hinter den Kulissen	41
Willkommen in der energieeffizienten Fabrik der Zukunft!	42
Perspektivenwechsel: von der Forschung in die Praxis	44
Damals und heute	45
2006 versus 2022	46
Wichtige Ereignisse im Jahr 2021	48

# Aktuelles aus der Forschung





## HINGESCHAUT



## INDUSTRIE

MEHR INFO

## Kalt, kälter, am kältesten!

Wie gelangen Impfstoffe schnell und sicher an den vorgesehenen Impf-Ort? Eine Frage, die insbesondere in der Corona-Pandemie viele Menschen beschäftigt. Einige Impfstoffe benötigen konstante Transporttemperaturen um minus 70 Grad Celsius, was bisher nur mit Trockeneis möglich ist. Um die-

ses Kühlmittel zu produzieren, wird allerdings viel Energie benötigt. Das Team des Forschungsprojekts coCO2vac arbeitet an einer nachhaltigen Alternative: Ihre Kühlakkus für den Impfstofftransport sind wiederverwendbar und damit umso energiesparender.

## INDUSTRIE

### Einer für alle, alle für einen

Wärmepumpen können Wohngebäude und Industrie mit Wärme und Kälte versorgen. Oftmals nutzen sie jedoch umweltschädliche Kältemittel. Im Forschungsprojekt LC150 wollen Forschende nun stattdessen Propan einsetzen und auch die Kältemittelmenge deutlich reduzieren. Propan hat hervorragende kältetechnische Eigenschaften, ist kostengünstig und hat nur einen geringen Treibhauseffekt. Laut ersten Laborergebnissen reichen lediglich 150 Gramm für eine Heizleistung von rund 8 Kilowatt aus. Zudem wollen die Forschenden den Propan-Kältekreis standardisieren. Bislang hat jeder Wärmepumpen-Hersteller eigene Kältekreisläufe mit unterschiedlichen Kältemitteln und Leistungsklassen. Eine gemeinsame Plattform soll dazu beitragen, Herstellungskosten zu senken und



Wärmepumpen stellen für Wohngebäude und Industrie energieeffizient Wärme und Kälte bereit: Damit lassen sich zukünftig Öl und Gas ersetzen.

MEHR INFO

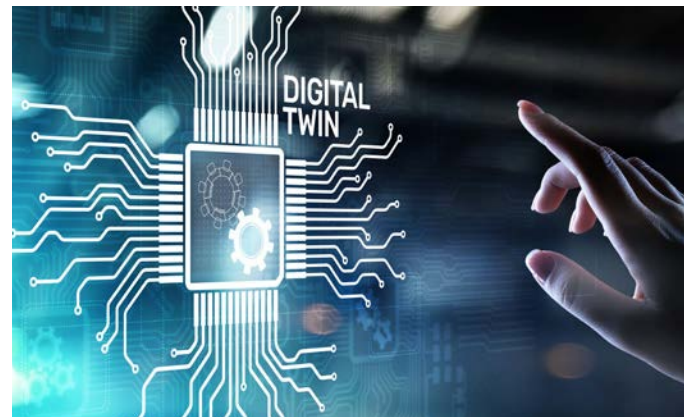


die Entwicklung von Propan-Wärmepumpen zu beschleunigen. Hieran beteiligen sich bereits acht europäische Hersteller.

## GEBÄUDE

### Digitaler Energie-Zwilling

Im Forschungsprojekt energyTWIN nutzen Forschende ein digitales Gebäude-Abbild, um die Inbetriebnahme der Gebäudetechnik zu verbessern. Dafür entwickeln sie Verfahren, die einzelne Komponenten wie Rohrleitungen oder Pumpen automatisch erkennen. Zur Erfassung und Verortung nutzen sie beispielsweise bild- und lasergestützte Sensoren wie auch Methoden der virtuellen und augmentierten Realität. Eine künstliche Intelligenz kann diese Informationen mit weiteren Daten aus dem Gebäude verknüpfen und Zusammenhänge ableiten. Mit dem energyTWIN bekommen Personen schließlich Zugriff auf diese Daten, die verständlich den Ist-Zustand des Gebäudes abbilden können. „Wir ermöglichen so Optimierungen über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken“, sagt Projektleiter Professor Jörg Blanken-



Mit Daten aus dem Gebäudebetrieb lässt sich ein digitaler Zwilling erstellen, der beispielweise technische Änderungen simulieren kann.

MEHR INFO



bach von der RWTH Aachen. Der digitale Zwilling erlaube einen effizienteren Gebäudebetrieb und erleichtere sowohl die Inbetriebnahme technischer Anlagen als auch nachträgliche Optimierungen, etwa im Energiemanagement.



## OFFSHORE-WINDENERGIE

### Nachhaltiger Rückbau von Windenergieanlagen

Rund 1.500 Windenergieanlagen produzieren in der deutschen Nord- und Ostsee grünen Strom für die Energiewende. Doch wie diese Windparks nach ihrer Betriebsdauer zurückgebaut werden können, dazu gibt es bisher kaum Erfahrung. Im Forschungsvorhaben SeeOff entwickelt das Projektteam daher verschiedene Lösungen für einen möglichst nachhaltigen Rückbau. Ist es zum Beispiel sinnvoller, die Windenergieanlagen direkt auf hoher See auseinanderzubauen? Oder sollte dies erst an Land erfolgen? Fragen wie diese analysieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Hochschule Bremen gemeinsam mit Projektpartnern. Auch bewerten sie, welche Auswirkungen die unterschiedlichen Strategien auf die Kosten,



Im Vorhaben SeeOff untersucht das Projektteam, wie Offshore-Windparks kosteneffizient und umweltschonend zurückgebaut werden können.

MEHR INFO



Umwelt, Arbeitssicherheit oder gesellschaftliche Akzeptanz haben. Die Ergebnisse werden in einem Handbuch zusammengetragen. Windparkbetreiber können dann bereits bei der Planung von Windparks auf diese Handlungsempfehlungen zurückgreifen und die Kosten realistisch einschätzen.

## ENERGIEWENDE IM VERKEHR

### Vom Verbrenner zur Wasserstoffmobilität

Können Autos mit Verbrennungsmotoren für den Wasserstoff-Methan-Treibstoff HCNG umgerüstet werden? Genau das möchten die Partner im Verbundvorhaben CombiFuel erforschen. Ihr Ziel: Mit einem neuartigen Verfahren soll gasförmiges HCNG erzeugt und in einer Tankanlage eingebunden werden. Mit dem Projekt wollen die Verbundpartner den Übergang von fossilen Kraftstoffen zu einem strombasierten Energiesystem fördern und den Ausstoß von Treibhausgasen auf den Straßen reduzieren. Getestet wird mit bereits zugelassenen Fahrzeugen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erproben, ob Verbrennungsmotoren durch technische Anpassungen mit dem neuen HCNG-Kraftstoff betrieben werden können.



Die Pilotanlage in Waßmannsdorf: Hier wird mittels Plasmalyse aus industriellem Schmutzwasser Wasserstoff erzeugt.

MEHR INFO





## BIOENERGIE

### Potenziale moderner Klärwerke

Sie konsumieren Strom und Wärme und erzeugen Biomethan, welches in Strom und Wärme umgewandelt werden kann. Damit sind moderne Klärwerke so genannte „Prosumer“. Das Wort vereint die Worte „producer“ und „consumer“ (englisch für Hersteller und Verbraucher). Prosumer können also ein bestimmtes Gut sowohl produzieren als auch konsumieren. Moderne Kläranlagen produzieren Biomethan, welches zum Heizen und zur Stromproduktion genutzt werden kann. Auf diese Weise könnten Klärwerke ihre eigenen Energiekosten senken und dabei gleichzeitig Treibhausgasemissionen reduzieren, da fossile Energieträger ersetzt würden. Um das Potenzial von Klärwerken als Strom- und Gasanbieter auf dem Energiemarkt zu erforschen,



Im Klärwerk Nürnberg wird das Potenzial von Kläranlagen als Strom- und Gasanbieter auf dem Energiemarkt simuliert und experimentell erforscht.

MEHR INFO



rücken die Projektpartner im Verbundvorhaben KLAEFFIZIENT die Weiterentwicklung der Aufwertung von biogenem Klärgas in einer Modellanlage sowie als Simulation in einem „digitalen Zwilling“ in den Mittelpunkt.

## GEOthermie

### Thermalwasser für E-Autos

Was haben Akkus und Thermalwasser gemeinsam? Die überraschende Antwort: Lithium. Als Ladungsträger ist das Alkalimetall insbesondere für die Elektromobilität unersetzlich. Deutschland spielte bislang bei der Gewinnung des Rohstoffs keine große Rolle. Das könnte sich nun ändern. In den Thermalwässern der Kraftwerke im Oberrheingraben wird untersucht, wie Lithium wirtschaftlich gewonnen werden kann. Im Geothermiekraftwerk Bruchsal am Oberrhein testen Forscherinnen und Forscher ein Verfahren, mit dem sich das im salzhaltigen, heißen Tiefenwasser gelöste Lithium herausfiltern lässt. Das Projektteam ist überzeugt: Bei 8.000 Betriebsstunden im Jahr könnten in Bruchsal Lithiummengen für bis zu 20.000 Akkus für Elektrofahrzeuge gefördert werden. Der Clou: Das Projekt UnLimited nutzt die bereits bestehende Infrastruktur der Anlage und gewinnt so Lithium in einem klimaneutralen und



Ein Labyrinth aus Rohren: Die Geothermieranlage in Bruchsal pumpt pro Sekunde 30 bis 70 Liter salzhaltiges Thermalwasser an die Oberfläche.

MEHR INFO



vor allem sauberen Prozess. Die Strom- und Wärmeproduktion mittels Geothermie bleibt von dem Verfahren unberührt. Somit könnte das Verfahren künftig sogar die Wirtschaftlichkeit von geeigneten Geothermieranlagen erhöhen.

## SOLARE KRAFTWERKSTECHNIK

### Sonnige Aussichten

In sonnenreichen Ländern wie Marokko oder Spanien produzieren solarthermische Kraftwerke bereits heute umweltfreundlich Strom. Diese Anlagen funktionieren wie konventionelle Dampfkraftwerke, die anstelle von Brennstoff konzentrierte Solarstrahlung als Energiequelle nutzen. Durch integrierte Wärmespeicher können sie auch dann Strom liefern, wenn die Sonne nicht scheint. In zukünftigen Parabolrinnenkraftwerken soll das heute für den Wärmetransport übliche Thermoöl durch geschmolzenes Salz ersetzt werden. Dieses dient gleichzeitig auch als Wärmespeichermedium. Damit können die Anlagen bei höheren Temperaturen betrieben werden und bei gleicher Größe mehr Wärme speichern und mehr Strom produzieren. Das Verbundprojekt EuroPaTMoS bündelt Know-



Parabolrinnenkraftwerke sollen künftig effektiver und kostengünstiger Strom produzieren.

MEHR INFO



how und Forschungsinfrastrukturen von zehn Partnern in vier europäischen Ländern, um die Technologie schneller einsatzreif und für die Klimawende nutzbar zu machen. Es wird vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt koordiniert.

## ENERGIEWENDE UND GESELLSCHAFT

### Kommunen als Schlüsselakteure beim Klimaschutz

Städte und Gemeinden spielen eine entscheidende Rolle bei der Energiewende. Im Projekt ZuSkE, kurz für „Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene (ZuSkE) – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln“, sucht das vom Karlsruher Institut für Technologie geführte Forschungsteam daher mit drei Kommunen nach Wegen, wie die Sektoren Strom, Wärme, Kälte, Mobilität und Industrie verknüpft werden können. So ließen sich Ressourcen und CO<sub>2</sub>-Emissionen sparen. Im Fokus stehen die drei geographisch sehr unterschiedlichen Orte Berlin, Walldorf (Baden-Württemberg) und Freilassing (Bayern). In Kooperation mit lokalen Akteuren entwickeln die Projektpartner maßgeschneiderte Strategien. Die Lösungen sollen die Energiewende voranbringen und helfen, unerwünschte soziale Folgen wie zu hohe Kosten für Strom, Wärme und Mobilität zu vermeiden.



Mit spezifischen Strategien zur Verknüpfung von Strom, Wärme, Kälte, Mobilität und Industrie sollen Kommunen zur Energiewende beitragen.

MEHR INFO



## 3 FRAGEN AN



## Drei Fragen an Daniel Teichmann

*Als Kind wollte Dr.-Ing. Daniel Teichmann das Weltall erforschen. Dann hat er sich doch für die Erde entschieden und eine Technologie entwickelt, um die Energiewende mithilfe von Wasserstoff voranzutreiben. Bei ihm dreht sich alles um LOHC.*



*Die Abkürzung LOHC geht auf den Ausdruck „Liquid Organic Hydrogen Carriers“ zurück.*

## Herr Teichmann, was ist LOHC?

LOHC steht übersetzt für flüssige Wasserstoffträger, die aus Kohlenstoffverbindungen bestehen. Sie können sich diese Trägerflüssigkeit wie eine Pfandflasche vorstellen: Man kann Wasserstoff an die gut handhabbaren Trägersubstanzen binden und wieder entnehmen, wenn der Energieträger gebraucht wird. Die LOHC-Technologie ist somit ein Verfahren, um Wasserstoff zwischenspeichern und zu transportieren.

## Welche Vorteile bieten die flüssigen Wasserstoffträger?

Mit unserer Benzyltoluol-basierten Lösung lässt sich Wasserstoff einfach und kostengünstig mit Tanklastwagen transportieren und in herkömmlichen Öltanks lagern. Man kann die existierende Infrastruktur nutzen und muss den Wasserstoff nicht teuer unter hohem Druck setzen oder bei minus 253 Grad Celsius verflüssigen. Das passiert bislang. Ein weiterer Vorteil unseres LOHC-Konzepts: Sie können die Flüssigkeit hunderte Mal wiederverwenden, bevor sie aufgearbeitet werden muss. Sie ist zudem schwer entflammbar und nicht explosiv.



Dr.-Ing. Daniel Teichmann gründete 2013 Hydrogenious LOHC Technologies und leitet das Unternehmen als Geschäftsführer.

## Was muss passieren, damit sich die Technologie durchsetzt?

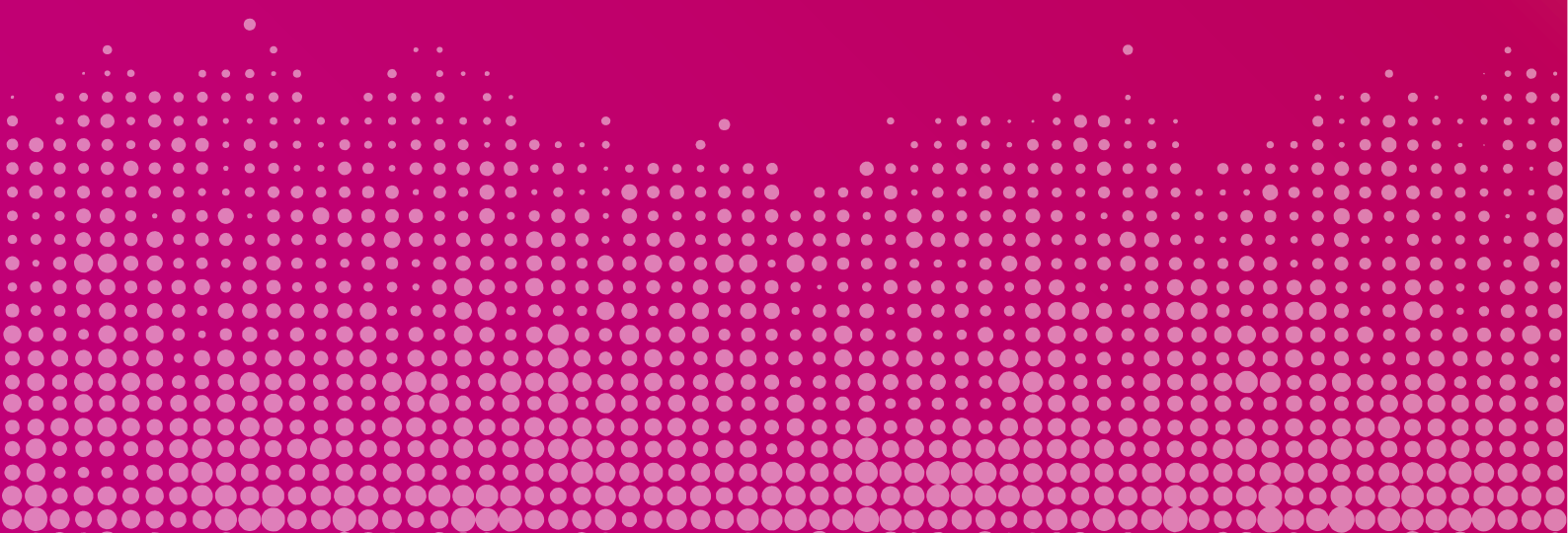
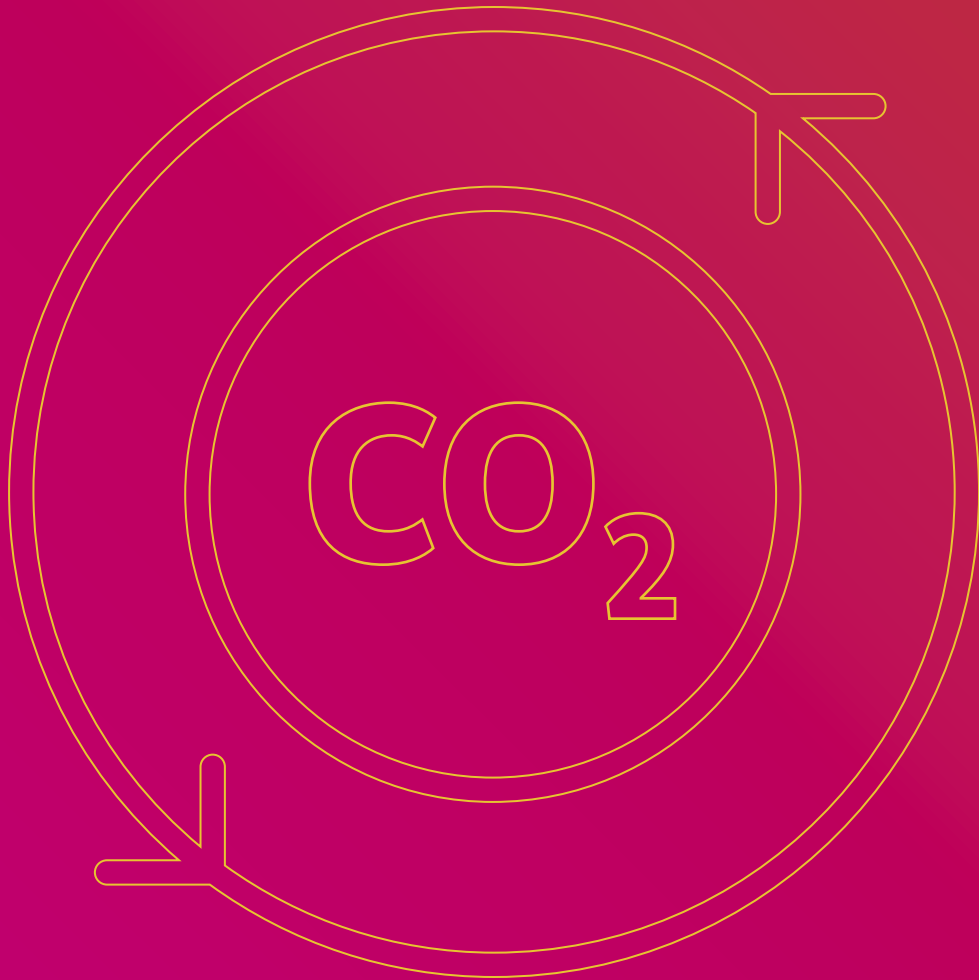
Bei uns geht es vor allem darum, den Wasserstoff künftig in sehr großen Mengen ein- und ausspeichern zu können. Zudem müssen wir die Energiebilanz verbessern. So wird derzeit noch viel Energie benötigt, um Wasserstoff aus dem LOHC freizusetzen. Bei der Einspeicherung wird hingegen Wärme frei, die man zum Heizen nutzen kann. Um den künftigen großen Bedarf der Industrie und des Verkehrssektors an grünem Wasserstoff zu bedienen, wird viel Wasserstoff importiert werden müssen. Höchste Priorität hat für uns somit, dass unsere Systeme kommerziell eingesetzt werden können.

[MEHR INFO](#)


*Hohe Speicherdichte: Ein Kubikmeter LOHC kann 57 Kilogramm Wasserstoff einspeichern.*



# Spezial





# Ein grüner Punkt fürs CO<sub>2</sub>-Recycling

*Glascontainer und gelbe Säcke – das Weiterverwerten von Altglas und Plastik kennt jeder. Doch eine Kreislaufwirtschaft für klimaschädliche Treibhausgase? Innovative Technologien und Verfahren machen es möglich. Statt Kohlendioxid beim Autofahren und Produzieren von Waren einfach in die Luft zu pusten, kann es beispielsweise zu Dämmmaterialien, Kraftstoffen, Druckertinte oder Sneakers verarbeitet werden.*

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) per se ist nichts Böses, im Gegenteil: Die Natur benötigt es für die Photosynthese. Pflanzen nutzen Licht, Wasser und Kohlendioxid, um daraus lebensnotwendigen Sauerstoff zu erzeugen. Doch der natürliche Kreislauf ist aus dem Gleichgewicht, seit industrielle Güter in großem Stil produziert und dafür fossile Rohstoffe wie Erdöl oder Kohle verbrannt werden. Politik, Industrie und Gesellschaft in Deutschland möchten dies ändern. Sie arbeiten seit Jahren daran, dass weniger Treibhausgase in die Atmosphäre gelangen oder diese als Rohstoff gespeichert oder weiterverwertet werden.

## In welchen Bereichen wird am meisten CO<sub>2</sub> ausgestoßen?

Die meisten Treibhausgase entstehen nach wie vor im Energiesektor – konkret in Kraftwerken, die mit Kohle oder Erdgas betrieben werden. Darüber hinaus werden Treibhausgase in größerer Menge von Industrieunternehmen und Gewerbebetrieben sowie beim Heizen von Gebäuden und im Verkehr ausgestoßen.

## Was hat die Energiewende mit ihren politischen Weichenstellungen bisher bewirkt?

Deutschland kommt beim Klimaschutz gut voran. Die Treibhausgasemissionen konnten bis heute schon um rund 40 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden. Am meisten eingespart wurde bisher bei der Energieerzeugung, etwa durch den Bau von Windenergie- oder Photovoltaikanlagen. Diese erzeugen nun anstelle von alten Kraftwerken Strom. Auch die Industrie hat ihre CO<sub>2</sub>-Ausstöße



in vielen Bereichen signifikant reduziert. Trotzdem gibt es noch viel zu tun. Das Problem: Manche Fertigungsprozesse, etwa in der Zement- oder Stahlindustrie, lassen sich gar nicht oder nur mit sehr hohem Kostenaufwand auf CO<sub>2</sub>-freie Verfahren umstellen.

## Wenn sich in manchen Industrieprozessen die Kohlendioxid-Ausstöße noch nicht vermeiden lassen: Gibt es hierfür Lösungsansätze?

Ja, die gibt es. Wenn die Emissionen nicht vermieden werden können, kann man CO<sub>2</sub> abtrennen, speichern und später verwerten. Solche Kohlenstoffkreisläufe – ähnlich dem Recycling von Plastikflaschen – werden von Politik und Industrie favorisiert. Erste kleine Testanlagen laufen bereits, in Deutschland etwa am Kohlekraftwerk Niederaußem.



Eine große Herausforderung für Politik und Gesellschaft: Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck auf der Erde muss sich verbessern, um den Klimawandel aufzuhalten.

### Welche Verfahren gibt es, um CO<sub>2</sub> abzuspalten und weiter als Rohstoff zu nutzen?

Verbreitet sind vor allem die so genannten Carbon-Capture-and-Utilization-Verfahren (kurz: CCU). Darunter versteht man das Abscheiden von CO<sub>2</sub> aus Abgasen von Industrieanlagen und seine chemische Umwandlung, etwa zu synthetischen Kraftstoffen oder zu bestimmten Chemikalien. Ein noch relativ unbekanntes Verfahren ist das so genannte Direct-Air-Verfahren. Hier wird der Luft CO<sub>2</sub> entzogen. Das klingt einfach, ist bisher jedoch sehr aufwändig und teuer. Forschungsteams arbeiten daran, das Verfahren zu optimieren (siehe Infobox auf Seite 15).

### Werden für CO<sub>2</sub>-Kreisläufe auch Speicher benötigt?

Ja, denn in der Praxis werden der CO<sub>2</sub>-Abscheideort und der Weiterverarbeitungsbetrieb häufig nicht am gleichen Standort sein. Darüber hinaus wird leider auch weiterhin nicht alles CO<sub>2</sub> weiterverwertet werden können. Die Mengen sind zu groß. Für diese Fälle müssen langfristige Speichertechnologien – so genannte Carbon-Capture-and-

Storage-Verfahren (kurz: CCS) – erforscht und weiterentwickelt werden. Dafür werden unter anderem geologische Rahmenbedingungen unter der Meeresoberfläche untersucht, unter denen das Kohlendioxid in tiefen Gesteinsschichten dauerhaft gelagert werden kann.

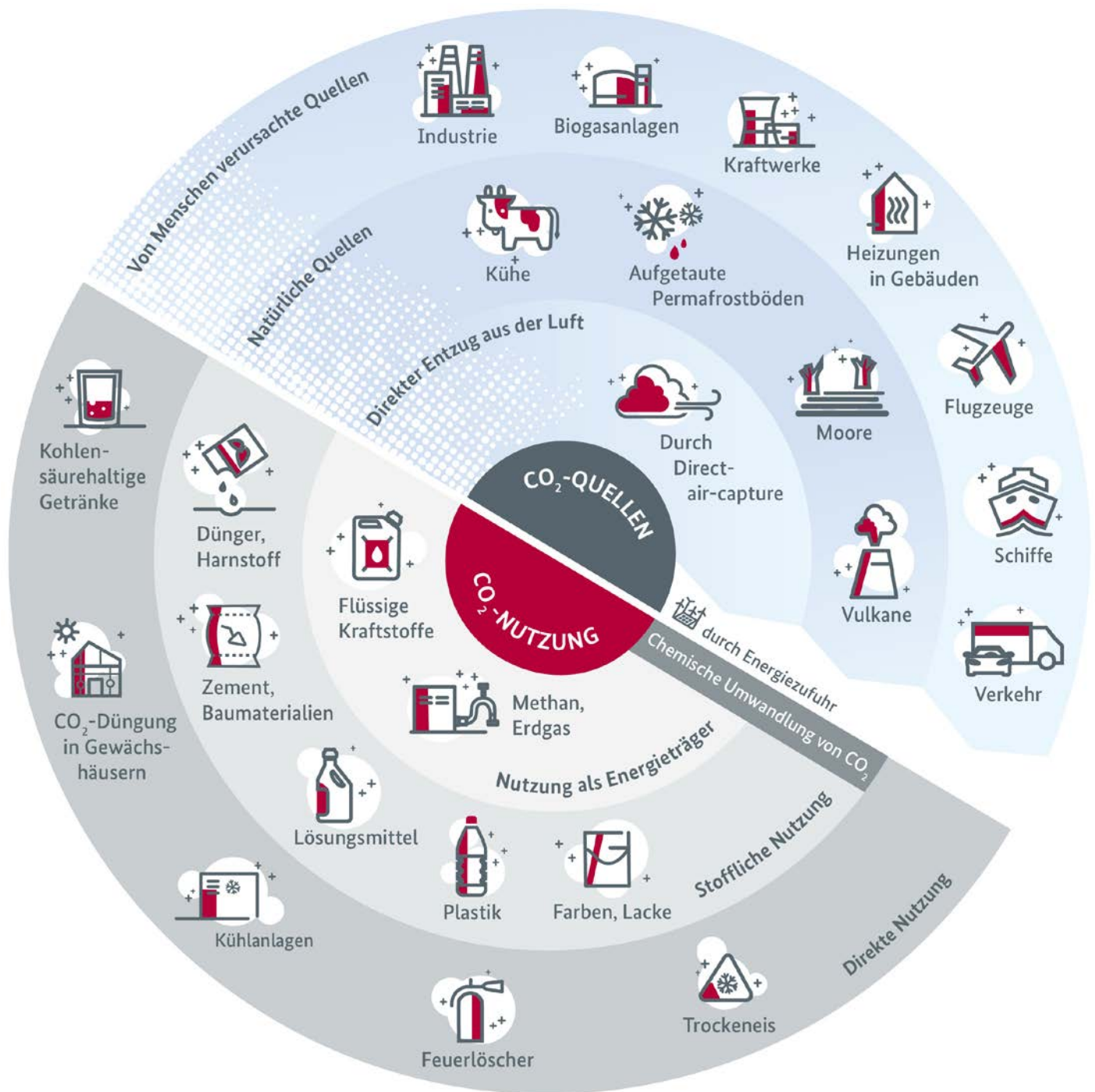
### Der weltweite Ausstoß von Treibhausgasen erwärmt die Erde und verändert das Klima. Ist es daher nicht ein Tropfen auf den heißen Stein, wenn Deutschland sich hier engagiert?

Nein, ist es nicht. Denn die Weltgemeinschaft hat bis auf wenige Ausnahmen erkannt, dass der Klimawandel nur durch konsequentes Handeln aufzuhalten ist. Sie arbeitet daher auf vielen Forschungsebenen eng zusammen. Ein Beispiel im Bereich der CCS-Technologien ist der Forschungszusammenschluss ACT (Accelerating CCS Technologies). Universitäten und Forschungsinstitute, Unternehmen, Organisationen und Behörden aus Deutschland kooperieren hier beispielsweise mit Institutionen aus Frankreich, den Niederlanden, Norwegen oder der Türkei.

MEHR INFO



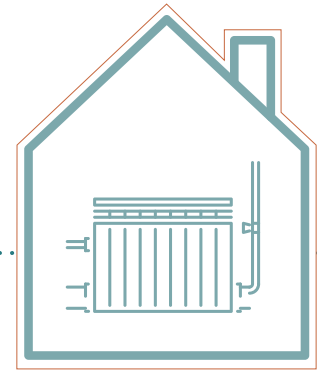




Forschungs- und Entwicklungsarbeiten tragen erheblich dazu bei, dass in Zukunft aus dem klimaschädlichen Kohlendioxid ein hochwertiger Rohstoff wird. Die Grafik zeigt exemplarisch, was aus CO<sub>2</sub> hergestellt werden kann – von Trockeneis über Düngemittel bis hin zu Farben und Lacken.



*In einer CO<sub>2</sub>-Kreislaufwirtschaft wird möglichst viel Kohlendioxid als Rohstoff aufbereitet und weiterverarbeitet. Das reduziert die Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre.*



Eine gute Dämmung ist wichtig, um den Energiebedarf von Gebäuden zu senken: Im Projekt MuFuBiSs wurde hierfür eine Vakuumisolation entwickelt.

## Wissenschaftsteams arbeiten an klimaneutralen Gebäuden

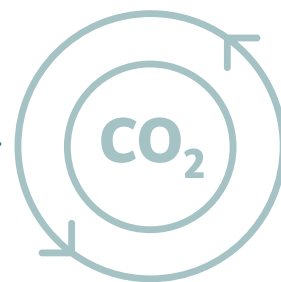
Nicht nur Kraftwerke und Industriebetriebe müssen ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzieren. Erdöl- oder Erdgas-Heizungen in Wohnungen und Häusern pusten bisher in Summe ebenfalls große Mengen an Kohlendioxid aus ihren Schornsteinen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten daher unter anderem mit Hochdruck daran, wie in Gebäuden effizienter und schadstoffärmer geheizt oder gekühlt werden kann. Hier bieten sich Wärmepumpen oder solarthermische Anlagen als umweltfreundliche Alternativen zu Erdöl- oder Erdgasheizungen an.

In Zukunft werden Städte nicht länger von einem großen Kraftwerk, sondern von vielen dezentralen Energiequellen mit Strom und Wärme versorgt. Dabei spielt das systemische Zusammenwirken von Gebäuden, Quartieren und Energieinfrastruktur eine immer größere Rolle. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) bündelt und fördert Forschungsaktivitäten für energieeffiziente Gebäude und Quartiere in der Forschungsinitiative Energiewendebauen. Damit wird das Ziel der Bundesregierung flankiert, die für das Jahr 2045 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand anstrebt.

MEHR INFO







Beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wird eine weltweit einzigartige Anlage aufgebaut, in der Kohlendioxid aus der Luft abgetrennt und zu Carbon Black für Autoreifen oder Funktionstextilien aufbereitet wird.

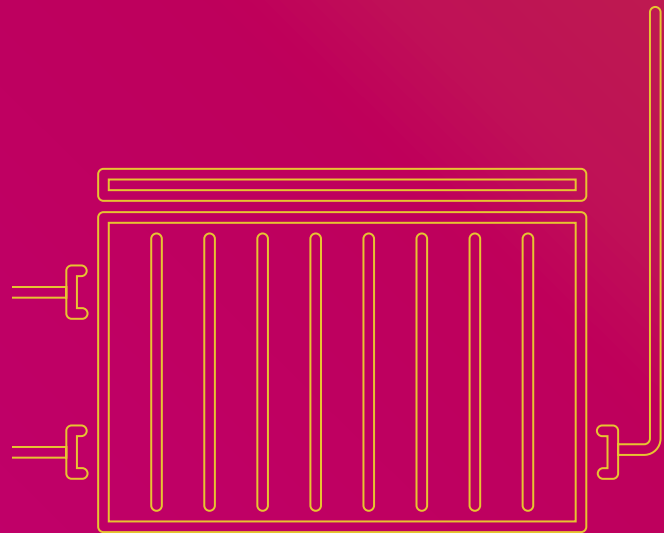
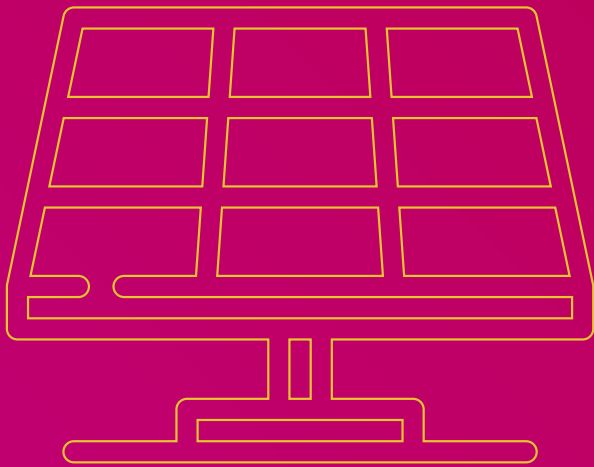
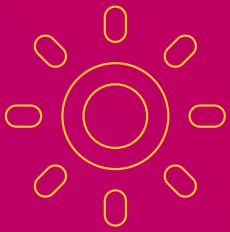
## Kohlendioxid aus der Luft wird zum Hightech-Rohstoff

Kaum zu glauben, aber wahr: Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) kann durch chemische Prozesse vom schädlichen Treibhausgas zum hochwertigen Rohstoff, beispielsweise für Autoreifen, Funktionstextilien oder Druckertinte, werden. Dass dies sogar mit aus der Luft gefiltertem CO<sub>2</sub> möglich ist, zeigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Forschungsprojekt NECOC (Schaffung **N**egativer Emissionen durch Auftrennung von atmosphärischem **CO**<sub>2</sub> in wirtschaftlich verwertbares **Car**bon Black und **O**<sub>2</sub>). Dafür wird am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) gemeinsam mit zwei Industriepartnern eine weltweit einmalige Pilotanlage aufgebaut, die alle erforderlichen Prozessschritte vereint. Im Projekt wird ein völlig neuartiger Prozess entwickelt, der die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre reduziert. Dieser filtert zunächst aus der Umgebungsluft das CO<sub>2</sub>, welches dann in mehreren Verfahrensschritten zu einem hochwertigen Rohstoff für Hightech-Anwendungen umgewandelt wird. Der so hergestellte Kohlenstoff kann nicht nur als Druckertinte für Schriftstücke, sondern zum Beispiel auch zum Druck von Elektronikbauteilen oder in Dämmmaterialien für die Bauindustrie verwendet werden. Bisher wird der Rohstoff hauptsächlich aus fossilem Erdöl hergestellt.

MEHR INFO



# Erfolgsgeschichten



# Wasserstoff – ein Schlüsselement für die Energiewende

*Wasserstoff ist das leichteste chemische Element. Wird das Gas mithilfe von Strom aus Erneuerbare-Energie-Anlagen hergestellt, spricht man von grünem Wasserstoff. Dieser ist für die Energiewende sehr wichtig – kann er doch die Strom- und Wärmeproduktion sowie den Verkehr und verschiedene Industrieprozesse umweltfreundlicher machen.*



Die Wasserstofftechnologien nehmen an Fahrt auf: Zwar setzt die Politik derzeit auf E-Autos, doch der für die Batterien notwendige Strom aus regenerativen Energiequellen kann mittels Wasserstoff zwischengespeichert werden, bevor dieser benötigt wird.

Die Bundesregierung fördert die Entwicklung von Wasserstofftechnologien seit dem Start ihrer Programme zur Energieforschung in den 1970er Jahren – zunächst vor allem im Hinblick auf Mobilität und Wärmeversorgung als Reaktion auf die Ölkrise. Dank der kontinuierlichen Förderung sind die innovativen Technologien in der Praxis angekommen und der Sprung in Breitenanwendungen ist nun in greifbarer Nähe. Wasserstoff als Energieträger ist ein fester Bestandteil der angewandten Energieforschung.

Ein Beispiel: Im Jahr 2011 war Forschung rund um das Gas Teil der Forschungsinitiative Energiespeicher. Als vielversprechende Speicheroption hat das Bundeswirtschaftsministerium die anwendungsnahe Forschung rund um den Energieträger gefördert, unter anderem im Forschungsprojekt „Energiepark Mainz“. Hier wurde 2015 die seinerzeit größte Power-to-Gas-Anlage in Betrieb genommen. Noch heute wandelt sie sechs Megawatt Strom aus Windenergie in Wasserstoff, bevor dieser weiterverarbeitet und ins Gasnetz eingespeist wird.

MEHR INFO



## Dialog für den Fortschritt

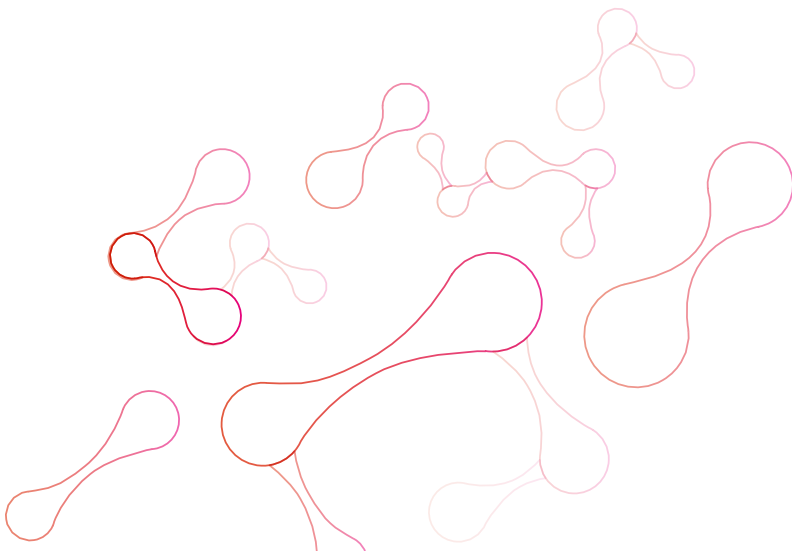
Fortschritt entsteht, indem sich Menschen über ihre Ideen austauschen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) unterstützt daher seit vielen Jahren auch das Vernetzen der Fachcommunity durch Konferenzen zu Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien. Regelmäßig treffen sich Forschende und diskutieren Entwicklungen und Trends.

Seit September 2020 haben sich auf Initiative des Bundeswirtschaftsministeriums zahlreiche Exper-

tinnen und Experten im Forschungsnetzwerk Wasserstoff zusammengeschlossen und dieses als Austauschplattform etabliert. Als ein Element der Nationalen Wasserstoffstrategie diskutieren dort Fachleute aus Industrie und Wissenschaft über ihre Erkenntnisse zu Forschung und Anwendung entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Sie bearbeiten dabei das Thema Wasserstoff von der Erzeugung über das Transportieren und Speichern bis hin zum Weiterverarbeiten, etwa zu synthetischem Kraftstoff. Auf dem Weg wurden dank Forschung, Förderung und Dialog schon viele Meilensteine erreicht.



Im früheren Forschungsprojekt Energiepark Mainz wird bis heute Strom aus Windenergie in Wasserstoff umgewandelt.





Wiebke Lüke und Bodo Wolf verbindet die Faszination Wasserstoff. Wie sich die Forschung und öffentliche Einstellung zu H<sub>2</sub> in den letzten Jahrzehnten verändert haben, erzählen sie in den folgenden Interviews.



INTERVIEW

„Wir erleben zurzeit eine starke Trendwende“

Dr. Wiebke Lüke, Gründerin und Geschäftsführerin der WEW GmbH in Dortmund und Expertin beim Thema Wasserstoff.



**Frau Lüke, wie hat sich der Blick auf Wasserstofftechnologien von Beginn Ihrer Karriere bis heute verändert?**

Wasserstoff ist schon ein relativ altes Thema, mehr als 150 Jahre. In Fachkreisen wurde es kontinuierlich behandelt und diskutiert, während die breite Öffentlichkeit sich erst in den letzten zwei Jahren verstärkt mit Wasserstoff als Energieträger auseinandersetzt. Insbesondere durch Bewegungen wie Fridays for Future ist dieses Thema immer weiter in die Öffentlichkeit vorgedrungen. Vor 15 Jahren musste ich noch erklären, an was ich forsche, heutzutage ist der Begriff grüner Wasserstoff in der allgemeinen Bevölkerung durchaus bekannt. Man merkt außerdem sehr deutlich, dass in den letzten zwei bis drei Jahren durch die Einführung der Klimastrategie und der Nationalen Wasserstoffstrategie die Akzeptanz in der Öffentlichkeit sehr stark zugenommen hat.

**Das neue Öl oder doch der Champagner unter den Energieträgern: Ist Wasserstoff aus regenerativen Energiequellen der Schlüssel für die Energiewende?**

Generell finde ich den Vergleich nicht passend. Ziel ist es ja, ein Energiesystem der Zukunft aufzubauen, das nicht mehr auf fossilen Rohstoffen beruht, sondern sowohl regenerativ als auch bezahlbar ist. Inwiefern sich Wasserstoff dabei durchsetzen wird, wird sich in den nächsten Jahren zeigen. Mit großer Sicherheit lässt sich aber sagen, dass Wasserstoff einen großen Beitrag zum Gelingen der Energiewende und zum Erreichen der Klimaziele leisten wird.

**Wo sehen Sie aktuell den drängendsten Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um die Chance von Wasserstofftechnologien für das Klima und die Wirtschaft voll auszuschöpfen?**

Ich denke, dass gesamtgesellschaftlich gesehen die Zeit vorbei ist, in der wir uns auf ein einzelnes Forschungsthema fokussieren können. Wenn wir wirklich die Klimaziele bis 2050 erreichen wollen, dann müssen wir an so vielen Themen wie möglich parallel arbeiten: von der Weiterentwicklung der Wasserstofferzeugung über den Bau von Infrastruktur bis hin zur Technologieentwicklung bei den Endkunden.

### Was braucht es, damit Innovationen aus dem Labor auch in die breite Anwendung kommen?

Nicht jede Innovation, die im Labor erfolgreich ist, ist auch in der Anwendung erfolgreich. Ich denke aber, dass Anreizsysteme wie die Forschungsförderung helfen, Innovationen aus dem Labor in die Praxis zu bringen, und dass sie diesen Prozess beschleunigen. Dabei muss allerdings gewährleistet werden, dass nach Auslaufen dieser Anreize ein positiver Business Case bestehen bleibt. Anders ausgedrückt: Die Entwicklungen müssen sich wirtschaftlich tragen, um auch langfristig erfolgreich zu sein.

### Wie kann die Politik dazu beitragen, eine grüne Wasserstoffwirtschaft aufzubauen?

Zum einen kann die Politik die entsprechenden Rahmenbedingungen schaffen. Dies kann durch finanzielle Erleichterungen geschehen, wie etwa

jüngst bei der Erneuerbare-Energien-Gesetz-Umlage, von der Hersteller von grünem Wasserstoff befreit wurden. Dazu gehören aber auch der Ausbau der Infrastruktur wie Pipelines sowie Bau- und Betriebsgenehmigungen für neue Anlagen. Zum anderen sind Anreizsysteme für die Industrie wie die Forschungsförderung von Großprojekten entscheidend. Maßnahmen wie etwa die Reallabore der Energiewende senken die Hemmschwelle der Unternehmen, in neue Technologien zu investieren und sie priorisiert in die Anwendung zu bringen.

### Welche Rolle spielt die Forschungsförderung für Sie und Ihr Unternehmen?

Forschungsförderung bietet für Start-ups wie unseres viele Vorteile und Chancen. Mit den Fördermitteln können Technologien schneller vorangetrieben werden. Außerdem können sich in Forschungsverbänden Partner aus Industrie und Wissenschaft miteinander vernetzen und kooperieren.

MEHR INFO



Forschungsförderung kann dazu beitragen, dass innovative Technologien schneller entwickelt werden und in die Praxis kommen, und damit den Weg zu einer wasserstoffbasierten Wirtschaft ebnen.



## INTERVIEW

**„Wasserstoff ist kein Allheilmittel“**

Dr. Bodo Wolf ist seit 1960 als Ingenieur in der Kohle- und Energiewirtschaft tätig, davon 15 Jahre in der Produktion, 20 Jahre in der industriellen Forschung und Entwicklung und seit 1990 als selbständiger Unternehmer.

**Herr Dr. Wolf, Sie haben über das thermodynamische System mit dem Ziel der Wasserstoffherzeugung promoviert. Ist Wasserstoff ein Schlüssel für die Energiewende?**

Ja, Wasserstoff wird eine tragende Säule der zukünftigen klimaneutralen Industriegesellschaft werden. Aber er ist kein Allheilmittel und kein Ersatz für das derzeitige Kohlenwasserstoffsystem. Nur der wird den Strukturwandel ökonomisch überstehen, dem es im Wesentlichen gelingt, die vorhandene Infrastruktur zu nutzen. Ohne Wasserstoff geht nichts, aber ohne Kohlenstoff aus Kohlendioxid auch nicht.

**Als Gasingenieur haben Sie bereits in den 1970ern zu Wasserstoff geforscht. Welche Erwartungen waren damit damals verbunden?**

Die Fantasien waren damals schon stark. Es hat zu der Zeit schon Wissenschaftler gegeben, die auf ein Wasserstoffsystem gesetzt haben. Ich auch. Der Fokus lag auf dem Beimischen von Wasserstoff insbesondere in die Erdgasleitungen wegen der Ölkrise. Über Elektrolyse hatte man jedoch noch gar nicht so sehr nachgedacht. Man hat einfach vorausgesetzt, dass die verfügbar ist.

**Gab es denn auch Momente, in denen Sie gezweifelt haben, dass Wasserstoff eine wichtige Rolle im Energiebereich spielen könnte?**

Zweifel habe ich daran nicht und auch nie gehabt. Ich möchte nur darauf aufmerksam machen, dass es noch viel Arbeit ist und dass Gesellschaften ihre mühsam aufgebaute Infrastruktur nicht von heute auf morgen wegreißen und von vorne anfangen können.

**Wo sehen Sie aktuell die größten Herausforderungen, denen die Forschungslandschaft gegenübersteht?**

Wir müssen von Einzeldisziplinen und Aktionismus zu Systemlösungen kommen. Und die müssen wir unter Sicherheits- und ökonomischen Aspekten bewerten. Wichtig wäre auch, überhaupt die Frage zu stellen: Was kann Wasserstoff und was nicht? Wir benötigen allgemein brauchbare Lösungen mit großer Leistung und Kapazität, auch bei der Speicherung von Energie.

**Wie könnte die Politik diesen Weg am besten unterstützen?**

Nur die Politik kann den Dialog zwischen der Wissenschaft und den Anwendern führen. Das richtige Echo kriege ich von den Leuten, die die von den Forschern entwickelten Technologien einmal praktisch betreiben sollen, also zum Beispiel den Ingenieuren, Ökonomen und Arbeitern aus der Kraftwerkstechnik, die unsere Versorgung sicher und wirtschaftlich gewährleisten müssen.

MEILENSTEINE

Erfolgsgeschichte Wasserstoffforschung

1974 - 1977

**PROGRAMM ENERGIEFORSCHUNG**  
Mit der Förderung der nicht-nuklearen Energieforschung reagiert die Bundesregierung auf die erste Ölpreiskrise – darunter auch Wasserstofftechnologien.

1977 - 1980

**1. ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMM**  
Wasserstofftechnologien sind von Beginn an Teil der Energieforschungsprogramme. Zunächst im Schwerpunkt „Erneuerbare Energiequellen“ als Sekundärenergieträger.

1980er JAHRE

Erste große Demonstrationsprojekte werden gefördert.

1991

**3. ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMM**  
Erstmals beschreibt die Bundesregierung Wasserstoff als Energieträger, der helfen kann, klimaschädliche Treibhausgase zu vermeiden.

2006 - 2016

**NATIONALES INNOVATIONSPROGRAMM WASSERSTOFF- UND BRENNSTOFFZELLENTECHNOLOGIEN (NIP)**  
Im NIP schließen sich vier Bundesministerien zusammen und bündeln ihre Förderaktivitäten. Das Programm wird später als Regierungsprogramm NIP2 (2016 bis 2026) fortgesetzt.

2011 - 2017

**FÖRDERINITIATIVE ENERGIESPEICHER DER BUNDESREGIERUNG**  
In der ressortübergreifenden Initiative förderte das Bundeswirtschaftsministerium auch Projekte zu Wasserstoffherzeugung und -speicherung und beschleunigte so das Entwickeln stationärer Speicher.

JUNI 2020

**NATIONALE WASSERSTOFFSTRATEGIE**  
Die Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung bildet durch Innovationen und Investitionen den Handlungsrahmen für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien in Deutschland.

JUNI 2020

**NATIONALER WASSERSTOFFRAT**  
26 Fachleute aus Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft bilden den Nationalen Wasserstoffrat. Er berät bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der Wasserstoffstrategie.

SEPTEMBER 2020

**ERSTES REALLABOR DER ENERGIEWENDE ZU WASSERSTOFF**  
Im BMWK-Förderprojekt Westküste100 erproben Fachleute den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft in Schleswig-Holstein.

SEPTEMBER 2020

**FORSCHUNGSNETZWERK WASSERSTOFF**  
Auf Initiative des Bundeswirtschaftsministeriums gründet sich das Forschungsnetzwerk Wasserstoff. Mittlerweile engagieren sich dort rund 1.500 Mitglieder.

DEZEMBER 2020

**TECHNOLOGIEOFFENSIVE WASSERSTOFF**  
Mit der Maßnahme fördert das Bundeswirtschaftsministerium Forschung entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette, der Integration einer Wasserstoffinfrastruktur in das Energiesystem sowie technoökonomische und gesellschaftliche Fragen.

AUGUST 2021

**PROJEKT OPTILBO**  
Das erste Projekt der Technologieoffensive Wasserstoff startet und forscht zu nachhaltiger Sekundärstahlproduktion mit Wasserstoff. Allein bis Jahresende starten weitere 111 Projektteams.

SEPTEMBER 2021

**EMPFEHLUNGEN DES FORSCHUNGSNETZWERKS WASSERSTOFF**  
Ein Jahr nach Gründung übergeben die Mitglieder des Forschungsnetzwerks dem BMWK ihre Forschungsempfehlungen für den Aufbau einer wasserstoffbasierten Wirtschaft.



*Rund 78,5 Mio. Euro Fördermittel wurden in der Technologieoffensive Wasserstoff im Jahr 2021 festgelegt.*



# Wenn der Acker die Gebäude heizt

*In der Gemeinde Wüstenrot heizt ein ganzes Neubaugebiet mit Erdwärme aus den umliegenden Feldern. Das funktioniert so gut, dass es mittlerweile hunderte Nachahmer in Deutschland gibt.*



Die Agrothermiekollektoren werden mit einem Kabelpflug in den Boden eingepflügt, sodass die Fläche weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden kann.

Die Landwirte im Umkreis des Viertels „Vordere Viehweide“ in Wüstenrot können mittlerweile doppelt ernten. In zwei Metern Tiefe liegen in ihren Feldern so genannte Agrothermiekollektoren. Über diese wird Wärme aus der Erde gewonnen und in ein Nahwärmenetz eingespeist. Oberirdisch können die Bauern weiterhin Weizen, Mais oder Zuckerrüben anbauen und mit Mähdrescher und anderen Landmaschinen ihre Ernte einfahren.

Was besonders an den Agrothermiekollektoren im Vergleich zu üblicherweise verwendeten Flächenkollektoren ist, beschreibt Dr. Dirk Pietruschka, Leiter des Zentrums für Nachhaltige Energietechnik an der Hochschule für Technik in Stuttgart: „Bei der Installation muss keine Erde bewegt werden. Die Kollektoren werden lediglich in den

Boden eingepflügt. Die Bodenschichten bleiben erhalten und können landwirtschaftlich weiter genutzt werden. Mit dem Verfahren kann man sehr schnell große Flächen erschließen und Kosten sparen.“

Doch wer profitiert davon? Neben den Bewohnerinnen und Bewohnern vor Ort auch das Klima. Denn die im Untergrund gewonnene Wärmeenergie wird in ein so genanntes „Kaltes Nahwärmenetz“ eingespeist. „Kalt“, weil die Temperaturen in diesem Netz lediglich zwischen circa 15 Grad Celsius im Sommer und circa fünf Grad Celsius im Winter liegen. Normalerweise liegen die Vorlauftemperaturen von Wärmenetzen um die 70 Grad Celsius und werden häufig mit dem Einsatz fossil betriebener Kraftwerke erreicht.



*„Die Plusenergiesiedlung in Wüstenrot hat eine neue Technologie marktreif gemacht.“*

Dr. Dirk Pietruschka, Projektleiter EnVisaGe

In Wüstenrot wird einfach die vorhandene Erdwärme genutzt und mit Wärmepumpentechnik kombiniert. Die niedrigen Temperaturen passen zum Gesamtkonzept des als Plusenergiesiedlung angelegten Neubaugebietes. „Moderne Gebäude sind meist sehr gut gedämmt und benötigen wenig Heizenergie. Diese an ein herkömmliches Wärmenetz anzuschließen, ist für Energieversorger nicht attraktiv, denn hierbei entstehen hohe Netzverluste. Wirtschaftlich ist dies nicht interessant“, so Pietruschka.

## Im Winter heizen, im Sommer kühlen

Die in der Heizperiode aus dem Erdreich generierten etwa fünf Grad Celsius reichen alleine nicht aus, um die Häuser der Einwohnerinnen und Einwohner auf eine behagliche Temperatur zu heizen. Für den erforderlichen Temperaturhub sorgen Wärmepumpen, die in jedem Gebäude installiert sind. „Diese sind im optimalen Fall an Photovoltaikanlagen angeschlossen, sodass die für den Betrieb erforderliche Energie ebenfalls aus einer regenerativen Quelle stammt“, erläutert Pietruschka.

Die Bewohnerinnen und Bewohner der Gemeinde wurden über alle Klimaschutzmaßnahmen informiert und konnten sich auch vor Ort ein Bild machen.







Klimafreundliche Energieversorgung in Wüstenrot: Die erforderliche thermische und elektrische Energie wird größtenteils aus erneuerbaren Energien (Erdwärme und Sonnenenergie) gewonnen.

Darüber hinaus kann das kalte Nahwärmenetz auch kühlen. Im Sommer liefert hierzu eine kleine Pumpe in den Gebäuden das kühle Wasser aus der Erde und speist es zum Beispiel in die Leitungen der Fußbodenheizung ein. „Auf diese Weise ist es möglich, ein Gebäude sehr effizient zu kühlen“, so Pietruschka.

## Auch der Gemeinderat hat zugestimmt

Das Wissenschaftsteam um Pietruschka begann gemeinsam mit der Gemeinde Wüstenrot als Pioniere: Als das Vorhaben EnVisaGe im Jahr 2012 startete, gab es nur zwei ähnliche Anlagen in Deutschland. Mittlerweile hat sich die Technologie bewährt, was zahlreiche Messungen und Auswertungen belegen, die bis heute durchgeführt werden. Dies strahlt auch auf andere Ortschaften aus: „Inzwischen gibt es bundesweit hunderte Projekte, die erneuerbare Quartiere bauen und hierbei kalte Nahwärmenetze in Verbindung mit Erdreich-Kollektoren installieren. Die Plusenergiesiedlung in Wüstenrot hat eine neue Technologie marktreif gemacht“, so Pietruschka.

Dies konnte nur funktionieren, weil die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit der Gemeinde Wüstenrot einen engagierten Partner gefunden haben, der mutig genug war, Neues auszuprobieren. Im Gegenzug lieferten die Forschenden der Gemeinde einen Fahrplan, der beschreibt, wie Wüstenrot energieautark werden kann. „Ziel war es, eine Plus-Energie-Gemeinde zu werden. Durch das Projekt EnVisaGe war es möglich, dies in Form eines Planungsleitfadens auf den Weg zu bringen. Der Gemeinderat hat daraufhin einstimmig dem Projekt zugestimmt“, erklärt Thomas Löffelhardt, Technischer Leiter und Energiebeauftragter der Gemeinde Wüstenrot. Ein Nachfolgeprojekt, das auch das Thema Mobilität berücksichtigt, hat bereits begonnen.

MEHR INFO



*In einer Plusenergiesiedlung wird in einem Jahr mehr erneuerbare Energie produziert, als die Bewohnerinnen und Bewohner selbst verbrauchen.*

# Hinter die Photovoltaik-Fassade geblickt

*Um die Energiewende erfolgreich mitzugestalten, ist eine breit gefächerte Installation von Solarmodulen nötig. Dazu forschen Wissenschaftsteams an ganz unterschiedlichen Ansätzen. Einer davon: Photovoltaik an Gebäuden.*



Photovoltaikmodul im Detail: Die Pilotfassade aus dem Forschungsprojekt hat ein optisch ansprechendes Design und erzeugt Solarstrom direkt an der Gebäudehülle.

Solaranlagen auf Hausdächern sind ein gewohnter Anblick. Neben Dächern bieten Gebäude aber viele weitere Flächen, in oder auf denen Solarmodule angebracht werden können. Dann ließe sich auch an diesen Stellen aus Sonnenlicht Strom erzeugen. Das Anwendungsfeld wird als bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) bezeichnet. Fachübergreifende Teams – mit Expertinnen und Experten aus der Forschung, dem Maschinen- und Metallbau über die Architektur bis hin zum Bauwesen – kooperieren, um neue Photovoltaikmodule für die Gebäudehülle zu entwickeln.

## Einblick – Das Forschungsprojekt

Eine solche Zusammenarbeit fand auch im Projekt Standard-BIPV statt. Ausgangspunkt war die Beobachtung, dass BIPV ein großes Potenzial birgt, aber

aufgrund von Umsetzungshürden derzeit noch selten am Bau realisiert wird. Das betrifft etwa die Planung und den Bauprozess, also wie die Elemente am besten in Gebäuden integriert werden können. Hieraus folgte die Idee, sowohl die technischen und konstruktiven Komponenten als auch die eigentlichen Bauabläufe dieser Solaranlagen für bestimmte Anwendungsfälle zu vereinheitlichen. Im Fokus standen Industriehallen.

## Lichtblick – Die Forschungsergebnisse

Ziel des Projekts ist es, die BIPV-Nutzung im Rahmen der energetischen Sanierung des Gebäudebestands voranzubringen. Dazu hat das Wissenschaftsteam ein standardisiertes BIPV-Fassadensystem entworfen. Bis auf die Solarzellen, die Leistungselektronik und die benötigten Klebefolien wurde



alles neu entwickelt. Die Projektpartner haben das Fassadensystem möglichst weit vorgefertigt und damit dessen Montage vereinfacht. So haben sie die Unterkonstruktion als Rahmen entwickelt, in den die Solarmodule einfach eingefügt werden. Bei dem Vorgang findet simultan die mechanische und elektrische Verbindung statt. Dieses innovative Konzept (Plug&Power-Technologie) ermöglicht, dass ein Modul prinzipiell von einer Person montiert werden kann.

## Durchblick – Weitere Forschungsarbeiten

Aus dem Projekt ist eine Pilotfassade entstanden, die die Innovationen im Bereich Module, Unterkonstruktion und Elektrik vereint. Daneben haben die Projektpartner auch das Solarpotenzial der Gebäudefläche deutschlandweit analysiert. Sie untersuchten also, welche Flächen tatsächlich genutzt werden könnten. Das Wissenschaftsteam vertieft die Analyse nun im Folgeprojekt Standard-BIPV-System. Hier erweitert es auch den Fokus auf Kategorien wie Wohn- und Geschäftsgebäude, um BIPV-Fassadensysteme für diese weiter zu optimieren.

## INTERVIEW



*„Wenn in einem solchen Projekt Maschinenbau-  
präzision auf Baukonstruktion trifft, war das heraus-  
fordernd – aber auch sehr spannend.“*

Dr. Jan-Bleicke Eggers ist seit 2018 Projektleiter am Fraunhofer ISE. Für das Projekt Standard-BIPV war er bis zu dessen Abschluss 2020 zuständig. Seither leitet er das Nachfolgeprojekt Standard-BIPV-System.

## Ausblick – Die Zukunft der Photovoltaik an Gebäuden

**Herr Eggers, welche Rolle messen Sie der Photovoltaik vor dem Hintergrund der Energiewende bei?**

Wenn man sich das Gesamtbild anschaut, verfügen wir über eine ganze Reihe an erneuerbaren Energieträgern. Aber aus meiner Sicht stechen zwei heraus: Wind und Sonne. Photovoltaik speziell ist eine

zentrale Säule für die Energiewende. Sie ist seit langem technisch zuverlässig, wird immer kostengünstiger und ist flächendeckend verfügbar.

**Was bedeutet das für die gebäudebezogene Photovoltaik?**

In der BIPV haben wir zusätzliche Vorteile. Insbesondere nutzen wir bauliche Strukturen weiter, die sowieso vorhanden sind. Gleichzeitig stellen wir den Strom verbrauchsnahe bereit. Ebenfalls haben



Photovoltaikmodule, Unterkonstruktion und Elektrik: Aus all diesen Bereichen vereint die Pilotfassade innovative Entwicklungen.

wir in der Regel keine Konkurrenz, wenn es um die genutzten Flächen geht. Insofern glaube ich, dass die BIPV ein wichtiges Zugpferd ist.

### Welche Potenziale bietet BIPV zukünftig?

Wann immer die Gebäudehülle angefasst wird, egal ob energetisch saniert wird oder ob andere Arbeiten an der Fassade oder am Dach stattfinden, sollte man eine Solarnutzung erwägen. Man muss prüfen, ob es technisch möglich und wirtschaftlich ist. Ganz einfach vor dem Hintergrund, dass jede Fassade, die saniert ist, dann erst mal wieder für 20 bis 50 Jahre sich selbst überlassen bleibt. Vor allem sollte man den Punkt bei Neubauten mitdenken, weil es dann günstiger wird, da konventionelle Bauteile eingespart werden.

### Worin sehen Sie Herausforderungen für die BIPV?

Die Photovoltaik hat einen guten Ruf. Darauf muss man aufbauen. Ich glaube jedoch, dass es seitens Industrie und Forschung wichtig ist, sie ästhetisch und hochwertig einzusetzen. Genau daran arbeiten wir. Wir wollen die Vielfalt erhöhen. Wir wollen, dass ein Architekt nicht sagt: „Ach du je, ich muss Photovoltaik nutzen.“ Man sollte sie, genau wie andere Oberflächenmaterialien, als gestalterisches Element sehen. Ein Element, das zusätzlich einen Klimaschutzeffekt sowie sinnvollen Nutzen hat. Wir müssen Photovoltaik im urbanen Kontext effizient und gleichzeitig ästhetisch vernünftig ausbauen. Nur dann schauen die Leute sich ihr Dorf oder ihre Stadt an und sagen: „Ich fühle mich hier weiterhin wohl.“

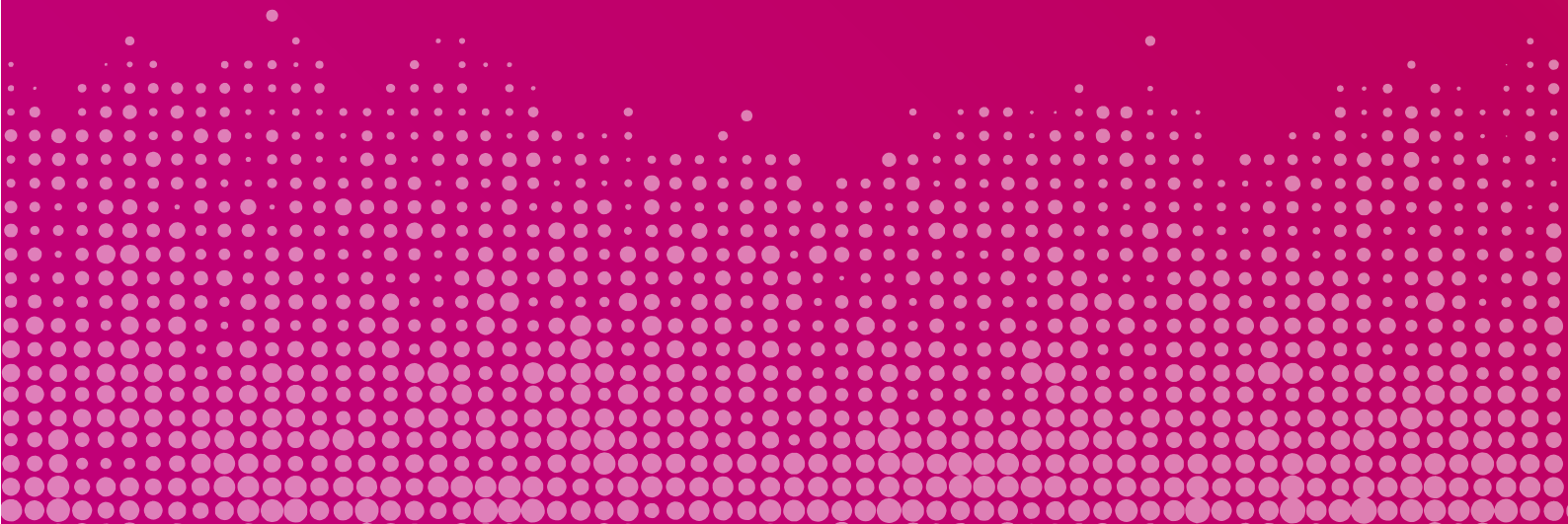
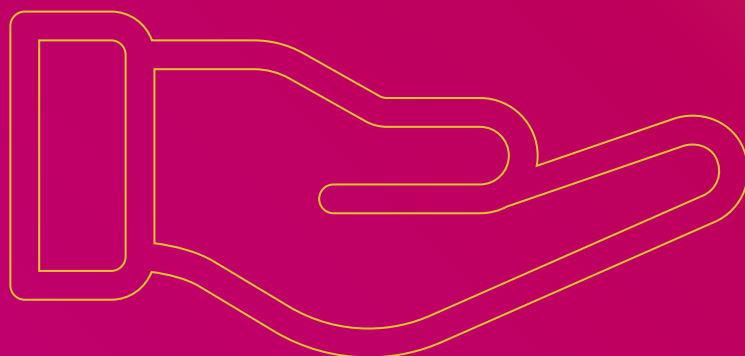
### Was ist bauwerkintegrierte Photovoltaik (Building-Integrated Photovoltaics, kurz BIPV)?

Für Photovoltaik an Gebäuden gibt es verschiedene Begriffe. BIPV ist die gängigste Abkürzung. Der Begriff steht für Bauelemente mit Solarmodulen, die neben der Stromerzeugung weitere Funktionen übernehmen: als fester Bestandteil in der Gebäudehülle etwa für die Dämmung und die Verschattung, den Wetter- und Schallschutz sowie für das Design.

MEHR INFO



# Fortschritt fördern



# Klimaneutral bis 2045 – wie geht das?

Deutschland soll bis 2045 klimaneutral werden. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) stellt in seiner Energieforschungspolitik entsprechende Weichen. Außerdem fördert das Ministerium jährlich über 1.300 neue, anwendungsnahe Forschungsprojekte, die die energie- und klimapolitischen Ziele flankieren: von Photovoltaikanlagen auf Seen bis zu nachhaltiger Wärmeversorgung ganzer Stadtquartiere.



Die Energieforschung lebt von Innovationen und technologischem Fortschritt: Sie sind die Voraussetzung für eine erfolgreiche Energiewende und die anvisierte Klimaneutralität.



*Die Forschungsförderung ist technologieoffen. Wichtig sind gute, innovative Projektideen, die die Energiewende voranbringen.*

## Was muss die Energieforschung in den nächsten Jahren leisten?

Energieforschung wird heute dringend benötigt, damit wir in fünf Jahren nicht auf dem Transformationspfad zur Klimaneutralität stecken bleiben, sondern einen neuen Stand der Technik haben, aus dem wir weiter schöpfen können. Um die Energiewende zu beschleunigen, müssen auch Forschungs Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft noch stärker als bisher gefördert und der Praxistransfer forciert werden.

## Forschungsstrategien im Energiebereich entwickelt die Politik in engem Schulterschluss mit den Forschenden. Wie entsteht ein produktiver Austausch?

Die Politik pflegt einen intensiven fachlichen Austausch mit Forschungsinstituten, Hochschulen und der forschenden Industrie. Um die Prozesse effizienter und transparenter zu gestalten, hat das BMWK die Forschungsnetzwerke Energie initiiert. Derzeit gibt es zehn Netzwerke zu zentralen Themen der Energiewende, etwa zu Wasserstoff, erneuerbaren Energien oder klimaneutralen Gebäuden und Quartieren. In ihnen diskutieren Expertinnen und Experten, stimmen fachliche Positionen ab und geben Empfehlungen zu Förderstrategien.





*Die Energieforschung ist ein zentrales strategisches Element der Energiepolitik.*

### Welche konkreten Forschungsthemen stehen derzeit im Fokus?

Eine drängende energiepolitische Aufgabe ist es, Wohn- und Bürogebäude klimaneutral zu bauen und den Bestand zu sanieren. Viele spannende Forschungsprojekte konzentrieren sich auf diesen Bereich. Auch bei Industrie- und Gewerbebetrieben besteht noch erheblicher Handlungsbedarf – und zwar nicht nur in den Produktionsprozessen der Stahl- oder Zementindustrie, wo die großen Mengen CO<sub>2</sub> freigesetzt werden, sondern bei allen Firmen bis hin zu den kleinen und mittleren Unternehmen.

### Wer kann beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz Fördergelder für Energieforschungsprojekte beantragen?

In erster Linie Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Wenn es zu den Förderzielen des Energieforschungsprogramms passt, können auch Kommunen, kommunale Unternehmen oder andere Akteure gefördert werden.

### Wie verläuft das Auswahlverfahren?

Im ersten Schritt reichen Interessierte beim beauftragten Projektträger eine Ideenskizze ein. Dort wird die Passfähigkeit zum Energieforschungsprogramm und die fachliche Qualität beurteilt. Im engen Austausch zwischen den Fachleuten des Projektträgers und des BMWK wird anschließend entschieden, ob sich das Projekt im Wettbewerb durchsetzt. Dann kann ein ausführlicher Antrag beim Projektträger eingereicht werden. Nach erfolgreicher Prüfung wird das Projekt gefördert.



Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen, Hochschulen und andere „Energiewende-Akteure“ können beim BMWK Fördergelder für innovative Energieforschungsprojekte beantragen.

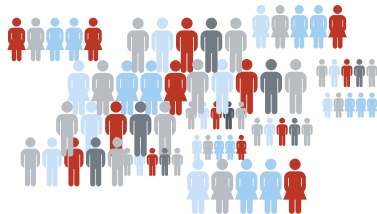


*Klimaneutralität bedeutet, Treibhausgasemissionen maximal zu verringern und die verbleibende, unvermeidbare Menge in den natürlichen Kreislauf zurückzuführen.*

MEHR INFO



# Schon gewusst?



Rund 4.000 Personen engagieren sich in den neun Forschungsnetzwerken Energie.

**2021**

## BMWK-Förderung

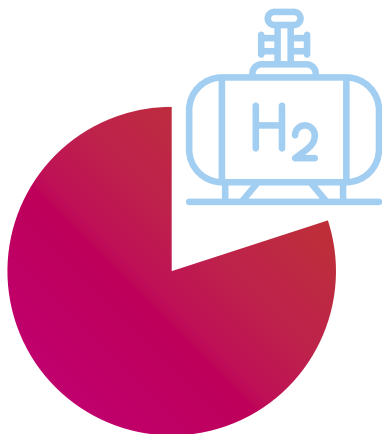
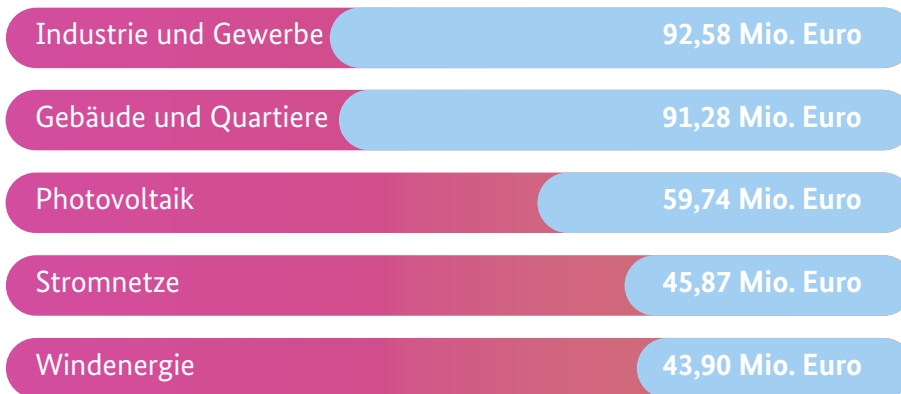
von 5.104 laufenden, Forschungsprojekten, mit 575,8 Mio. Euro

50 Prozent der laufenden Projekte wurden von **Unternehmen** durchgeführt. Davon wiederum wurden 53 Prozent von **kleinen und mittleren Unternehmen** umgesetzt.

## 10 Reallabore der Energiewende

ermöglichen es, innovative Technologien in der praktischen Anwendung unter realen Bedingungen und im industriellen Maßstab zu testen.

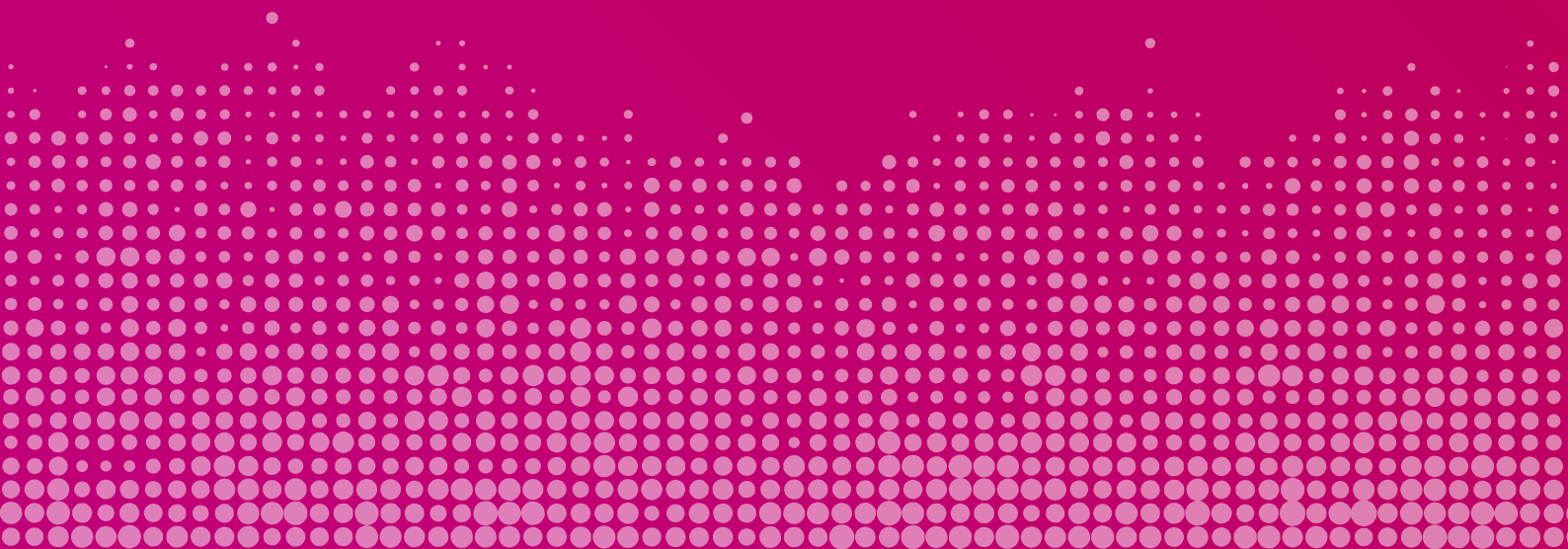
Die fünf größten Förderthemen hinsichtlich der Neubewilligungen in 2021 sind:



Im Jahr 2021 wurden **1.321** neue Projekte bewilligt. Davon sind **112** Projekte aus der Technologieoffensive Wasserstoff hervorgegangen.



# Im Fokus





# Die digitalen Helfer der Energiewende

*Klimafreundlich soll die Stromversorgung sein und jederzeit verfügbar: Diese Anforderungen klingen einfach. Doch es braucht ein komplexes, digitales Energiesystem, damit sie erfüllt werden können.*



Das Feldtestgebiet Freiamt ist Energiewendepionier und überzeugt durch einen hohen Anteil erneuerbarer Energien.



*Reallabore der Energiewende testen innovative Technologien im industriellen Maßstab und unter realen Bedingungen. Wissenschaft, Industrie und die Menschen vor Ort beteiligen sich daran.*



*Die Ergebnisse der Vorhaben aus den einzelnen Stadtvierteln und Kommunen können auf vergleichbare Standorte in Deutschland übertragen werden.*

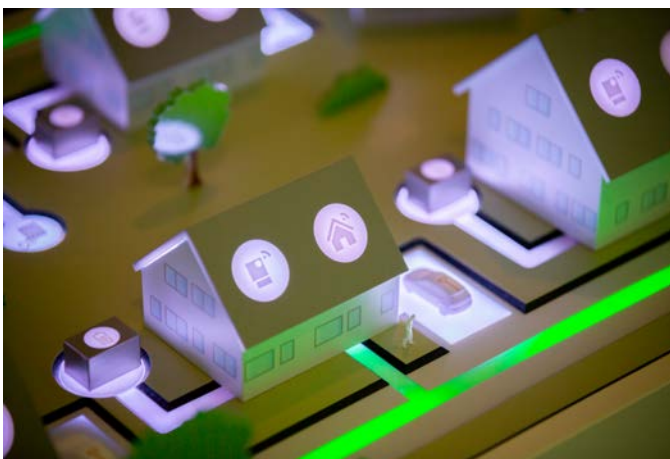


Wenn Ida morgens ihren Kaffee kocht, denkt sie nicht darüber nach, woher der Strom kommt, den sie dafür nutzt. Und genau so soll es aus ihrer und aus Sicht der meisten Verbraucherinnen und Verbraucher auch sein. Strom soll einfach unkompliziert aus der Steckdose kommen und möglichst nachhaltig erzeugt werden.

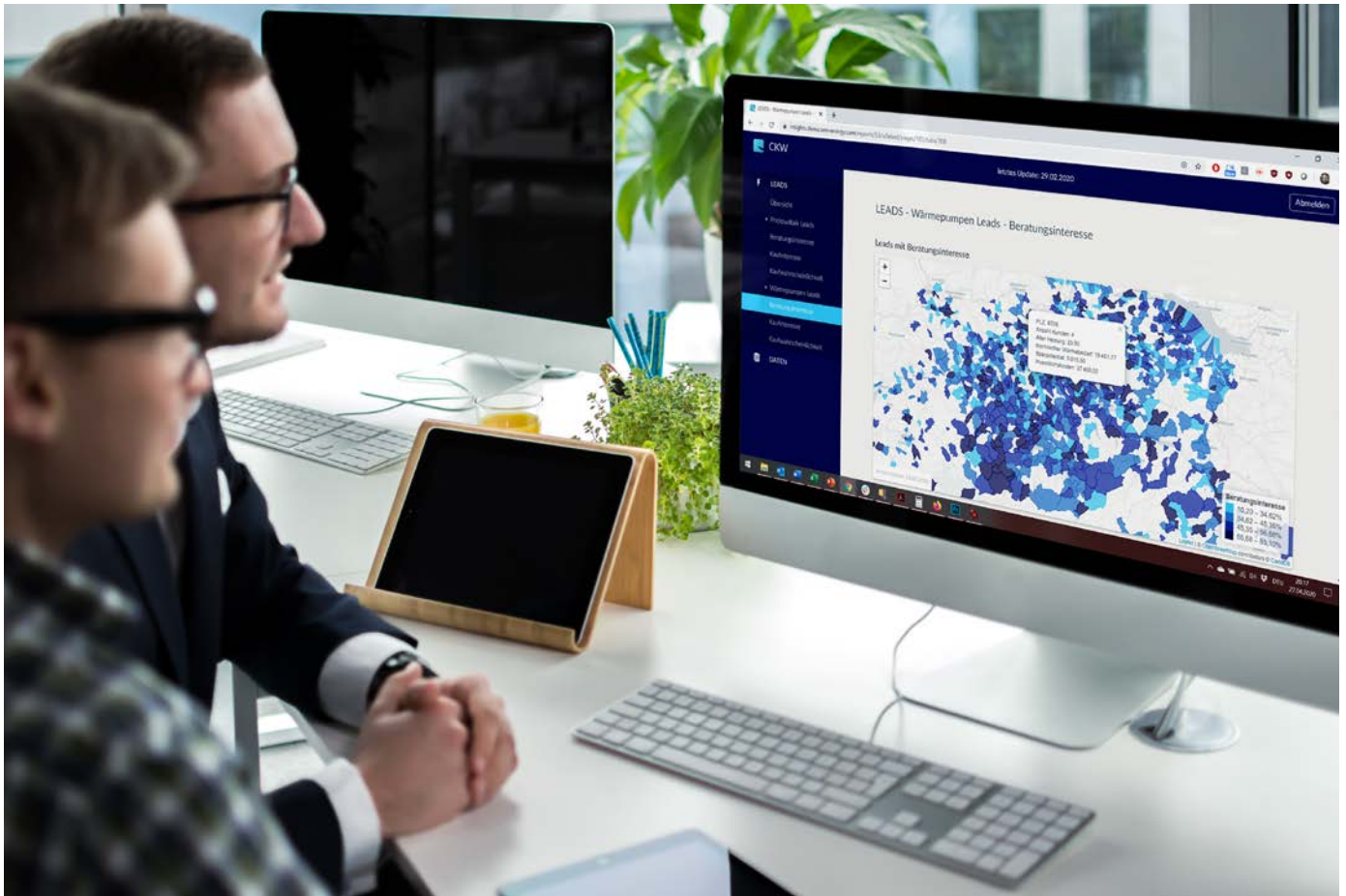
Damit diese Ansprüche erfüllt werden können, braucht es Leute wie Joachim Seifert, Digitalisierungsexperte und Professor an der Technischen Universität Dresden und der Technischen Universität Berlin. Er erklärt: „Die Energieerzeugung erfolgt zunehmend dezentral. Das heißt, viele einzelne Erzeuger wie Windenergie- und Photovoltaikanlagen oder Blockheizkraftwerke speisen ins Netz ein. Mithilfe neuer digitaler Technologien können diese Anlagen mit Speichern und Verbrauchern flexibel und effizient verknüpft und zusätzlich gesteuert werden.“

## Wie Wohngebäude energieeffizienter funktionieren können

Dies gilt auch für das Einfamilienhaus von Ida und ihrer Familie. Der Strom, der von der Photovoltaikanlage auf dem Dach erzeugt wird, deckt hauptsächlich den Bedarf der Eltern und der beiden Kinder. Überschüssiger Strom wird nicht ins öffentliche Netz eingespeist, sondern in einer Batterie im Haus zwischengespeichert und später zum Laden des Elektroautos genutzt. Dies funktioniert dank einer intelligenten Energiemanagement-Box, die die Energieflüsse steuert. Auch Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt EnEff:Stadt TEK-EKG von Professor Seifert und seinem Team konnten dazu beitragen, solche Boxen zu entwickeln. „Wir können mit der TEK-EKG-Box den Wärme- und Strombedarf zum Beispiel von Wohngebäuden oder Industriebetrieben ermitteln. Dort kann dann passgenau



Intelligente Haushalte spielen im Lösungsansatz von flexQgrid eine entscheidende Rolle.



Anwender testen im Rahmen des Projekts SmartLoad den entwickelten Software-Prototyp.

Anlagentechnik eingebaut und die Energieeffizienz erhöht werden“, so Seifert.

Den Energieverbrauch von Privathaushalten, also von Familien wie der von Ida, haben auch Konstantin Hopf und sein Team von der Universität Bamberg in dem Projekt SmartLoad untersucht. Die Stromverbrauchsdaten haben sie mittels digitaler Zähler, so genannter Smart Meter, erhoben. So konnte das Team zum Beispiel erkennen, welche Großverbraucher (wie Wärmepumpe, elektrischer Herd) vorhanden sind. „Energieanbieter können diese Daten nutzen, um personalisierte Energieverbrauchsempfehlungen zu geben. Wenn ich als Kunde solche Hinweise erhalte, hat das einen ganz praktischen Nutzen, denn ich weiß dann beispielsweise, wo ich Strom einsparen kann“, sagt Hopf und erklärt: „Ich kann so auf Stromfresser hingewiesen werden und mein Verhalten entsprechend ändern.“

## Energieströme werden auch zwischen Stadtquartieren digital gesteuert

Nicht nur in einzelnen Haushalten und Gebäuden, sondern auch in und zwischen Stadtvierteln sollen Energieströme in Zukunft vermehrt digital gesteuert werden. So ist es zum Beispiel denkbar, dass eine Windenergieanlage aus einer weiter entfernten Gemeinde einen Teil des Strombedarfs von Idas Familie deckt.

Wie dies im größeren Stil funktionieren kann, untersuchen Forschende aktuell im Reallabor der Energiewende SmartQuart. Hier wird zum Beispiel der von Wind- und Photovoltaikanlagen erzeugte Strom vor Ort genutzt, an eines der insgesamt drei verknüpften Quartiere, die sich in unterschiedlichen Städten befinden, weitergeleitet oder zur Wasserstoffproduktion verwendet.

Auch andere Forschungsgruppen arbeiten daran, die Energieströme in Quartieren oder ganzen Kommunen zu optimieren. In dem Projekt flexQ-grid beispielsweise untersucht ein Forschungsteam in dem Ort Freiamt im Schwarzwald, wie lokal erzeugter Strom aus Photovoltaikanlagen auf Hausdächern, die in den Feldtest eingebundenen BATTERIESPEICHER sowie Wärmepumpen und Elektroautos optimal in das Stromnetz integriert werden können. Alle Anlagen rüstet das Team dafür mit moderner Mess- und Steuerungstechnik aus, sodass sie von einem Energiemanagementsystem gesteuert wer-

den können. So können die Fachleute erkennen, wann es zu Engpässen und Transportschwierigkeiten bei der Stromübertragung kommen könnte – und früh genug gegensteuern.

Und so kann Ida auch am nächsten Morgen bedenkenlos ihren Kaffee zubereiten. Der dafür notwendige Strom ist da. Von den unsichtbaren, digitalen Helfern bekommt sie nichts mit, es sei denn, sie geben ihr einen Hinweis, wie sie Energie sparen kann. Und genau das zeigt, dass diese einen ziemlich guten Job machen.

Das Forschungsprojekt flexQgrid verwendet nicht nur Heimspeicher, sondern testet auch den Einsatz von Quartierspeichern.



MEHR INFO



MEHR INFO





# Wenn weniger mehr ist

*Weniger Ressourcen zu verbrauchen schont das Klima und häufig auch den Geldbeutel. Im Energiebereich gibt es viele Ideen, um dies zu erreichen – hier einige davon:*



Mit den Ressourcen der Erde gilt es, sorgsam umzugehen: Daher setzen immer mehr Industrie- und Energieunternehmen auf nachhaltiges Wirtschaften.



*Ressourceneffizienz bedeutet, die natürlichen und technisch-wirtschaftlichen Ressourcen möglichst effizient zu nutzen, um ein Produkt oder eine Dienstleistung zu erzeugen. Natürliche Ressourcen sind beispielsweise Rohstoffe, Wasser oder Energie. Technisch-wirtschaftliche Ressourcen sind Personal, Kapital und Betriebsmittel.*



## Werkstoffe erneut einsetzen

Produktionsabfälle und gebrauchte Materialien verwerten und für neue Produkte einsetzen – wenn es um Ressourceneffizienz geht, taucht oft der Begriff Recycling auf. Allgemein bekannt ist das Thema bei Haushaltsmüll oder Metallschrott. Doch auch für die Industrie hat Recycling Potenzial: Es schont nicht nur Ressourcen, sondern kann noch dazu große Mengen Kohlendioxid- (CO<sub>2</sub>-) Emissionen und Energie einsparen (siehe Infokasten Return auf Seite 40). Unternehmen und Forschungseinrichtungen suchen daher immer neue Wege, Materialien bestmöglich zu recyceln oder diese in der Produktion einzusetzen. Dabei dient das wiedergewonnene Material mindestens für ein wenigerwertiges (Downcycling), optimalerweise aber für ein gleichwertiges oder höherwertiges (Upcycling) Produkt.

## Energetische Ressourcen einsparen

Wenn die Industrie produziert oder Kraftwerke Strom erzeugen, entsteht als „Abfallprodukt“ oft so genannte Abwärme. Dies liegt daran, dass die beschriebenen Prozesse häufig unter hohen Temperaturen ablaufen. Unternehmen können die

dabei entstehende, überschüssige Wärme weiter nutzen und an anderer Stelle einsetzen. Dies spart Brennstoffe und steigert die Energieeffizienz ihrer Prozesse. So kann etwa die Abwärme von Industrieanlagen dazu verwendet werden, Wohngebiete zu heizen und mit Warmwasser zu versorgen (siehe Infokasten DELTA auf Seite 40). Das funktioniert, wenn die Temperatur der Wärmequelle höher liegt als die, die der Verbraucher benötigt. Andernfalls können Wärmepumpen die Abwärmtemperatur auf das erforderliche Niveau heben.

## Naturfremde durch natürliche Rohstoffe ersetzen

Ein Rohstoff, der wieder nachwächst, dabei noch CO<sub>2</sub> bindet und sich energiearm in Produktionsprozesse einbinden lässt, spart viele Ressourcen. Wenn dieser am Ende des Lebenszyklus noch wiederverwendet oder alternativ kompostiert werden kann, steigert das die Nachhaltigkeit. In Gebäuden wird beispielsweise häufig Glas- und Steinwolle als Dämmmaterial genutzt. Diese bestehen aus künstlichen Mineralfasern. Eine Alternative bietet hier der Rohrkolben. Im Projekt „Rokodami“ haben Forschende diese Moorpflanze erfolgreich zum Dämmen von Dächern eingesetzt.



## DELTA: Das Energiesystem der Stadt verbinden

Städte könnten deutlich energieeffizienter sein: Abwärme beispielsweise, die ungenutzt aus Industrieanlagen strömt, kann Gebäude wärmen und dort fossiles Gas ersetzen. Dies und viel mehr soll zukünftig im Reallabor der Energiewende DELTA in Darmstadt geschehen. Mittels einer Übergabestation mit Wärmepumpe wird die überschüssige Industrie-Abwärme in ein Fernwärmenetz eingespeist, das Wohnquartiere versorgt. Auch andere Bereiche werden in DELTA zu einem klimafreundlichen Gesamtsystem verknüpft. So kann vielleicht zukünftig die Straßenbahn beim Laden von Elektroautos helfen. Oder es können sich verschiedene Stadt-



Ziel des Reallabors der Energiewende DELTA ist es, das Energiesystem der Stadt Darmstadt intelligent miteinander zu verbinden (Symbolbild).

quartiere den vor Ort produzierten Wasserstoff teilen. Durch das Projekt sollen über 14.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart werden.

MEHR INFO



## RETURN & RETURN 2: Titanen der Lüfte aus Recyclingmaterial herstellen

Titan ist einer der Hauptrohstoffe, um Flugzeugteile zu fertigen. In der Produktion landet eine große Menge des Materials als Späne im Abfall. Die Späne in gleichwertigen Produkten zu recyceln ist schwierig, da sie durch Kühlschmierstoffe verunreinigt sind. Notwendig sind sorgfältige Reinigung und sortenreines Recycling. Damit beschäftigte sich das Forschungsprojekt RETURN. So lassen sich über 90 Prozent der Späne zurückgewinnen und für neue Titanbauteile nutzen. Das Recycling spart fast 70 Prozent Energie ein und senkt den CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich. Im Nachfolgeprojekt RETURN 2 gehen die Forschenden noch weiter: Anstatt die aufbereiteten Titanspäne nur einzuschmelzen, verarbeiten sie diese zu Pulver für den 3D-Druck. Damit können sie neue



Sie sind klein, können aber zu Großem beitragen: Bei der Produktion von Flugzeugteilen fallen Titanspäne an, die zukünftig zurückgewonnen und für neue Titanbauteile verwendet werden sollen.

Titanbauteile herstellen und die anfallenden Späne noch einfacher und energieeffizienter recyceln.

MEHR INFO



# Hinter den Kulissen



# Willkommen in der energieeffizienten Fabrik der Zukunft!

*Das Fabrikgebäude und die dortigen Produktionsprozesse vernetzen? Die Abwärme effizient weiternutzen? Energie in Industrieunternehmen einzusparen, beschränkt sich nicht nur auf einzelne Maschinen, sondern auf das ganze Produktionsumfeld. Wie das gelingen kann, zeigen die Forschungsprojekte um die ETA-Fabrik mit einem ganzheitlichen Ansatz.*



## Im Fokus: der Energieverbrauch

Bearbeiten, reinigen, wärmebehandeln, schleifen und erneut reinigen – die ETA-Fabrik bildet eine repräsentative metallverarbeitende Produktion ab. Sie zeigt, wie sich deren Energieverbrauch insgesamt senken lässt. Mit vielen innovativen Ideen konnte der Energieverbrauch der Fabrik als Ganzes nahezu halbiert werden.

## Prozesse zusammen betrachten

Um die Werkzeugmaschinen bestmöglich mit erforderlichen Hilfsstoffen zu versorgen, haben die Forschenden die Prozessabläufe optimiert. Werden etwa Kühlschmierstoffe bedarfsgerecht in der Bearbeitung eingesetzt, benötigen die Versorgungspumpen weniger Energie für den Kreislauf. Zudem sinkt der Energiebedarf, um die Kühlschmierstoffe anschließend wiederaufzubereiten. Aufeinander abgestimmte Prozesse reduzieren den gesamten Energiebedarf weiter: So lässt sich die Bauteilreinigung an den Verschmutzungsgrad und die Art der Bauteile anpassen.





## Energieintensive Prozesse optimieren

Bei der Wärmebehandlung lassen sich mehr als 40 Prozent Energie und zusätzlich Prozessgas einsparen. Dazu haben die Forschenden verschiedene Ofenbauteile sowie die ablaufenden Prozesse verbessert.

## Von innen nach außen energieeffizient

Das Gebäude der ETA-Fabrik nutzt die überschüssige Wärme aus den Produktionsprozessen. Die einzelnen Maschinen, die technische Gebäudeausrüstung sowie das Gebäude selbst sind über drei Wärmenetze auf unterschiedlichen Temperaturniveaus miteinander verbunden. In Sommernächten kühlt eine Fassadenberieselung. Schwungradspeicher speichern elektrische Energie und überbrücken Lastspitzen. Zudem reflektieren die Lamellen an der Glasfassade das Tageslicht bestmöglich. So wird Kunstlicht reduziert und Energie eingespart.

MEHR INFO



# Perspektivenwechsel: von der Forschung in die Praxis

*Mit der ETA-Fabrik haben die Forschenden gezeigt, dass sich eine neue Produktion von einzelnen Prozessen bis zum Fabrikgebäude energieeffizient aufeinander abstimmen lässt. In ETA im Bestand wollen sie die Erkenntnisse auf bestehende Produktionen übertragen.*



Astrid Weyand ist Gruppenleiterin der ETA-Forschungsgruppe an der Technischen Universität Darmstadt.

## Der Status quo und vorhandene Potenziale

„Die Erfahrungen aus der ETA-Fabrik und dem Anschlussprojekt ETA-Transfer haben gezeigt: Um die Energieeffizienz zu steigern, sind technologische Ansätze in vielen Fällen vorhanden und übertragbar. Allerdings verhindern vielschichtige Hemmnisse die Umsetzung in die industrielle Praxis. Komplexe Energieeffizienzmaßnahmen systemisch umzusetzen oder Anlagen mit neuen Technologien nachzurüsten, so genanntes Retrofitting, weckt oftmals Vorbehalte und organisatorische Fragen. Hier müssen geeignete Lösungen her. Diese Herausforderung gehen wir im Projekt ETA im Bestand mit einem interdisziplinären Konsortium aus Technologieentwicklern und -anwendern an. Die Energiewende betrifft uns alle und sie kann nur funktionieren, wenn alle ihren Beitrag dazu leisten. Deshalb ist es gerade im industriellen Sektor wichtig, dass Anlagenbauer und Anwender eng zusammenarbeiten. Dies fördert die Entwicklung praxistauglicher Ansätze und Lösungen.“

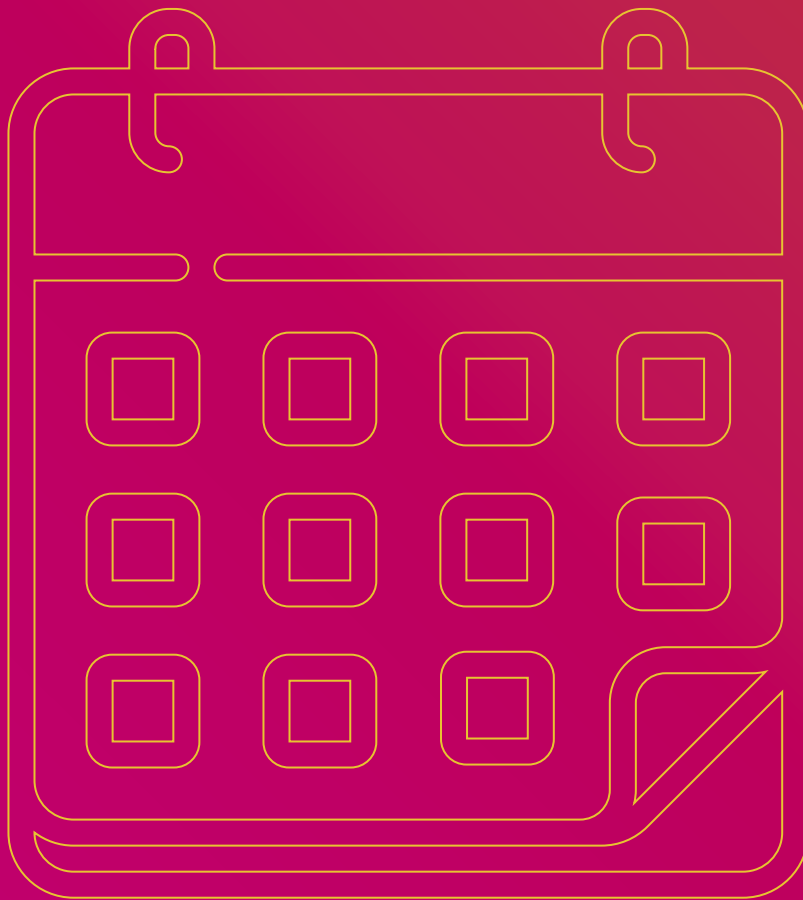
## Akteure mit Vorreiterfunktion und der Mitreißeffekt

„Ein Forschungsprojekt wie ETA im Bestand eröffnet insbesondere mittelständischen Anlagenbauern die Chance, in zukunftsweisende F&E-Aktivitäten zu investieren. Gleichzeitig hilft es Anwendern, mit methodischen Werkzeugen energieeffizientes Denken und Handeln umzusetzen. Als Anlagenbauer wollen wir unsere Vorbildfunktion in der Energieforschung weiter festigen. Unsere Aufgabe ist es, unsere Kunden mit eindeutigen, klaren und validierten Energieeffizienzvorteilen zu überzeugen. Die zentrale Herausforderung für Anwender besteht zunächst darin, das Top-Management sowie alle Abteilungen und Teams für eine erfolgreiche Energiewende zu gewinnen. Wir müssen Anwendern zeigen, wie sie Energie und Kosten einsparen können und welche Investitionen dazu nötig sind. So können unsere Kunden auf dem Weg zu einer klimaneutralen Produktion eine soziale und ökologische Verantwortung für die Gesellschaft übernehmen.“

Joachim Schwarz ist Gesellschafter bei MAFAC – E. Schwarz GmbH & Co. KG.



# Damals und heute





DAMALS



... ging mit der N 90 in der Nähe des Rostocker Hafens die erste deutsche „Offshore-Windenergieanlage“ in Betrieb. Dabei hatte die Nordex-Windturbine mit 2,5 Megawatt Leistung und 90 Meter Rotordurchmesser eigentlich nur nasse Füße. Ihr Fundament ist in etwa zwei Meter Tiefe verankert. Baumaterialien und die Monteure mussten jedoch bereits mit dem Schiff zur Baustelle transportiert werden. Die N 90 produziert übrigens immer noch zuverlässig Strom: rund sechs Millionen Kilowattstunden im Jahr.

HEUTE



... liefern über 1.500 Offshore-Windenergieanlagen vor der deutschen Nord- und Ostseeküste grünen Strom. Die neuesten sind mit durchschnittlich 150 Meter Rotordurchmesser und über 6,8 Megawatt Leistung echte Power-Pakete. Um Stürmen zu trotzen, werden die Turmfundamente in bis zu 44 Meter Wassertiefe installiert. Die Stromproduktion der Offshore-Windparks ist beachtlich. 2021 haben sie mit 25 Mrd. Kilowattstunden rund ein Zehntel des Stroms aus regenerativen Energiequellen erzeugt.

MEHR INFO



# Die Energieforschung des BMWK

## Wichtige Ereignisse im Jahr 2021



### Januar

- 1** Start des Reallabors der Energiewende H<sub>2</sub>-Wyhlen
- 6** BMWK veröffentlicht Förderaufruf „Kommunikationstechnologien für die Energiewirtschaft“ (KomTechE)
- 27** BMWK veröffentlicht Förderaufruf zu „Ressourceneffizienz im Kontext der Energiewende“

### Februar

- 9** Kick-off-Veranstaltung des Forschungsnetzwerks Wasserstoff

### März

- 3** BMWK veröffentlicht einen Förderaufruf zur Smart-Meter-Gateway-Plattform für digitalisierte Energienetze
- 12** BMWK veröffentlicht einen Förderaufruf „Forschung in der Schwerpunktförderung Batteriezellfertigung“
- 16** BMWK-Statusseminar zum Thema Batterien
- 25** PerspektivTag „Karriere im Energiesektor“ von den Forschungsnetzwerken Energie und Jugend forscht

### April

- 1** Start des Reallabors der Energiewende Großwärmepumpen in Fernwärmenetzen und Norddeutsches Reallabor
- 20** 9. Sitzung der Energiewende-Plattform Forschung und Innovation des BMWK
- 22** 10. Bund-Länder-Gespräch Energieforschungspolitik
- 21-30** Berliner Energietage 2021
- 27** BMWK veröffentlicht einen Förderaufruf zur internationalen Bewertung eines optimierten Netzbetriebs
- 29** BMWK veröffentlicht Sonderausgabe Energieforschung des Newsletters „Energiewende direkt“

### Mai

- 5** BMWK veröffentlicht Bundesbericht Energieforschung
- 11** Auftaktveranstaltung des Reallabors der Energiewende DELTA
- 18-20** Jahrestreffen des Forschungsnetzwerks Systemanalyse zum Thema „Ergebnistransfer von der Forschung in die Anwendung“



## Juni

- 2** Innovating to Net Zero Summit von Mission Innovation (MI)



## Juli

- 1** Veröffentlichung des erweiterten Förderkonzepts für die „Reallabore der Energiewende“

## August

- 31** Das neue Klimaschutzgesetz tritt in Kraft



## September

- 1** Start des Reallabors der Energiewende Energiepark Bad Lauchstädt  
**10** Übergabe der Expertenempfehlung des Forschungsnetzwerks Wasserstoff im BMWK  
**26** Bundestagswahl



## Oktober

- 20** Jahrestreffen des Forschungsnetzwerks Flexible Energieumwandlung zum Thema „Kohlenstoffkreisläufe in der Industrie“

## November

- 1** Start des Reallabors der Energiewende H2Stahl  
**10/11** Tagung des Forschungsverbunds Erneuerbare Energien (FVEE) in Berlin  
**11/18/25** BMWK-Statusseminar Brennstoffzelle im Forschungsnetzwerk Wasserstoff  
**29/30** 10. Statuskonferenz des Forschungsnetzwerks Bioenergie



## Dezember

- 3** Workshop zur Studie „Energiewandel mittels Wasserstoff“

