

# KLIMASCHUTZ BRAUCHT VIELFALT

Mit flüssigen Energien für morgen



ROADMAP

## Globale Strategie Entwickeln

Energieautarkie für Deutschland anzustreben,  
führt in eine Sackgasse.

Seite 4

STREITGESPRÄCH

## Vielfalt Der Meinungen

Der richtige Weg für die Energiewende ist  
umstritten. Klar ist: Es muss sich etwas ändern.

Seite 10

WISSENSCHAFT

## Radar für neue Brennstoffe

Forscher in ganz Deutschland arbeiten an  
CO<sub>2</sub>-neutralen Alternativen für Erdöl.

Seite 12



# Mit einem Energiemix in die Zukunft

Die Zukunft der Energieversorgung wird viel diskutiert. Die Bedeutung und das Potenzial flüssiger Energieträger werden dabei noch oft unterschätzt.

## 98%

der Antriebsenergie im deutschen Verkehrssektor stellen heute flüssige Energieträger.

## 20

Millionen Menschen werden in Deutschland in ihren Wohnhäusern durch Heizöl mit Wärme versorgt.

## 75%

ihres organischen Rohstoffbedarfs deckt die chemische Industrie hierzulande mit Mineralöl.



Öl steckt fast überall drin: im Straßenbelag, in Kunststoff, vor allem jedoch in Fahrzeug- und Heizöltanks. Mineralölprodukte sind hierzulande Energieträger Nummer eins. Sie haben eine hohe Energiedichte, sind leicht zu transportieren und fast überall verfügbar.

Doch der Platzhirsch ist umstritten. Verträgt sich der Einsatz von Benzin, Heizöl & Co. noch mit den internationalen Klimazielen? Könnten flüssige Kraft- und Brennstoffe hierzulande nicht durch Ökostrom ersetzt werden? So einfach ist es nicht: Denn auch nach Effizienzsteigerungen und dem Ausbau der Ökostromerzeugung wird eine Lücke in der

Versorgung mit erneuerbarer Energie bleiben. Das zeigt die Leitstudie „Integrierte Energiewende“ der Deutschen Energie-Agentur (dena). Demnach wäre für das Erreichen der Klimaziele ein breiter Technologiemix deutlich kostengünstiger und robuster als Szenarien, die primär auf Elektrifizierung setzen. Ein solcher Mix sollte daher auch flüssige Kraft- und Brennstoffe enthalten, die zunehmend „grün“ werden.

Zur Herstellung alternativer Brenn- und Kraftstoffe gibt es verschiedene „Pfade“. Derzeit sind biomassebasierte Produkte auf dem Markt erhältlich, die bereits heute Treibhausgasminderungen aufweisen. Für die Zukunft geht es

um die Herstellung alternativer flüssiger Kohlenwasserstoffe aus unterschiedlichen regenerativen Quellen. Bei der Auswahl der Rohstoffe wird eine Nutzungskonkurrenz zu Agrarflächen oder Nahrungsmitteln bewusst vermieden. Aufgrund des absehbar großen Bedarfs werden auch synthetische Energieträger aus regenerativ erzeugtem Wasserstoff und CO<sub>2</sub> als Kohlenstoffquelle, auch Power-to-X oder E-Fuels genannt, benötigt. All diese alternativen Brenn- und Kraftstoffe haben die gewohnt hohe Energiedichte und könnten in der bereits heute genutzten Infrastruktur und Technik zum Fahren, Fliegen und Heizen ohne aufwendige Umrüstungen eingesetzt werden. □



## BIOKRAFTSTOFFE

# Kerosin aus Algen

Was kaum jemand weiß: Algen eignen sich hervorragend als Rohstoffquelle für Biobrenn- und kraftstoffe, die einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten können. Dabei brauchen Algen noch nicht einmal Frischwasser, sondern können auch in Brackwasser kultiviert werden. Dadurch geht selbst eine groß angelegte Algenproduktion nicht zulasten der Lebensmittelerzeugung. Hinzu kommt, dass die Produktivität pro Fläche bei Algen um ein Vielfaches größer ist als bei Landpflanzen. Auch eine Kultivierung in speziellen Röhren ist möglich, die zum Beispiel auf Brachflächen aufgestellt werden können.

Wissenschaftler von ExxonMobil und Synthetic Genomics haben eine Algenart gezüchtet, die in der Lage ist, Kohlendioxid in bislang unerreichter Menge in energiereiches Fett umzuwandeln, aus dem sich dann Biodiesel gewinnen lässt. „Dieser wichtige

Meilenstein bestätigt uns in der Annahme, dass Algen einen positiven Beitrag für den Umweltschutz leisten können“, betont Vijay Swarup, Vice President of Research and Development bei ExxonMobil.

Mit Blick auf die nahe Zukunft forschen zahlreiche Experten an der Herstellung von Biokraftstoffen aus Algen. So befassen sich das Forschungsprojekt „AlgenflugKraft“ an der TU München sowie das Projekt „AUFWIND“ am Forschungszentrum Jülich mit der Entwicklung von Biokerosin aus Algen. Dabei stehen die Fragen im Mittelpunkt, welche Algenarten sich für die Kerosinproduktion besonders eignen und unter welchen klimatischen Bedingungen sie ideal gedeihen. Zudem gilt es, die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten zu testen und den Gesamtprozess so effektiv zu gestalten, dass vermarktungsfähige Preise ermöglicht werden. □



## RESTSTOFFE

# Stroh im Tank

Das Verfahren, das Forscher am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickelt haben, klingt so einfach wie genial: Stroh oder andere land- und forstwirtschaftliche Reststoffe werden per Schnellpyrolyse bei 500 Grad zu Öl und Koks zersetzt und dann zu einer Art Biorohöl namens „Slurry“ aufbereitet. Es enthält rund 90 Prozent der in der Biomasse gespeicherten Energie. Daraus wird wiederum ein Synthesegas hergestellt, aus

dem zunächst Methanol, im nächsten Schritt Dimethylether (DME) und dann flüssige Brennstoffe erzeugt werden.

Das Ergebnis nennt sich „Bioliq“: „Damit verfügen wir über ein nachhaltiges und industrietaugliches Verfahren zur effektiven Nutzung von Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft“, sagt KIT-Präsident Professor Holger Hanselka. Das Verfahren funktioniert einwandfrei, die so entstehenden Brennstoffe haben Spitzenqualität. Das wiederum macht sie einerseits für die Automobilindustrie interessant – und andererseits auch zu einem Schlüssel der Energie- und Wärmewende in Deutschland. Noch allerdings sind die Kosten recht hoch: „Aktuell rechnen wir mit 1,20 bis 1,80 Euro pro Liter – ohne Steuern und Additive“, sagt Professor Nicolaus Dahmen, der als Leiter des Instituts für Katalyseforschung und -technologie am KIT das „Bioliq“-Projekt verantwortet. Zum Vergleich: Der Literpreis für herkömmliches Heizöl lag in den vergangenen Monaten je nach Anbieter und Region etwa zwischen 0,60 und 0,80 Euro bei Abnahme von 3.000 Litern. Doch in absehbarer Zeit könnten im Zuge einer weiteren Optimierung des Herstellungsverfahrens die Kosten für die „Bioliq“-Herstellung sinken. □

## INTERVIEW



**Das Dresdner Unternehmen Sunfire hat sich 2018 bereits zum vierten Mal einen Platz unter den „Global Cleantech 100“ gesichert. Nils Aldag, Chief Commercial Officer bei Sunfire, im Interview.**

**Herr Aldag, mit welcher Lösung konnten sich Sunfire unter mehr als 12.300 Unternehmen durchsetzen?**

Strom macht heute lediglich ein Viertel des gesamten Energieverbrauchs in Deutschland aus. Der wesentlich größere Teil wird durch fossile Moleküle gedeckt – Kohle, Erdgas, Erdöl. Deshalb will Sunfire eine Brücke zwischen Elektroenergie aus erneuerbaren Quellen und solchen molekülbasierten Energieträgern schlagen. Wir haben eine Technologie entwickelt, mit der man elektrische in chemische Energie umwandeln kann. Am bekanntesten ist sicher der flüssige Erdölersatz E-Crude, der von uns hergestellt wird.

**Können Sie das Prinzip des Verfahrens kurz skizzieren?**

In einem ersten Schritt spaltet die Dampfelektrolyse Wasserdampf in Wasserstoff und Sauerstoff. Sie lässt sich mit erneuerbarem Strom betreiben. Den Wasserstoff mischen wir mit Kohlenstoffdioxid, spalten den Sauerstoff ab und erhalten am Ende ein Kohlenwasserstoffgemisch. Dieses E-Crude stellt die Basis für etwa 3.000 Produkte dar, die bislang auf fossilem Erdöl basieren – von Kosmetik über Turnschuhe bis hin zu Kraftstoffen.

**Warum bauen Sie die erste kommerzielle Produktion von E-Crude ausgerechnet in Norwegen auf?**

Um die Produktion von E-Crude wirtschaftlich betreiben zu können, ist die Verfügbarkeit von erneuerbarer Energie und von CO<sub>2</sub> zu günstigen Preisen entscheidend. Mit Strom aus Wasserkraft und CO<sub>2</sub> als Reststoff aus der Düngemittelproduktion sind die Bedingungen in Norwegen sehr günstig.

**Das komplette Interview unter:**

— [www.faz.net/asv/klimaschutz-braucht-vielfalt](http://www.faz.net/asv/klimaschutz-braucht-vielfalt)





Dr. Harald Hecking (rechts) ist seit Juni 2015 Geschäftsführer und Franzjosef Schafhausen Senior Berater bei ewi Energy Research & Scenarios.

## GLOBALE STRATEGIE

# „Energieautarkie führt in eine Sackgasse.“

Die deutsche Klimastrategie sollte Energiewende-Technologien daran messen, wie sie zur globalen Treibhausgasminderung beitragen können. Das betonen Dr. Harald Hecking und Franzjosef Schafhausen von ewi Energy Research & Scenarios.

### Welche Rolle spielen synthetische klimaneutrale Brennstoffe für die Energiewende in Deutschland?

**DR. HECKING:** Zahlreiche aktuelle Energiewende-Studien kommen zu dem Ergebnis, dass das deutsche Klimaziel, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 zu senken, nur erreicht werden kann, wenn synthetische, klimaneutrale Brennstoffe zum Einsatz kommen. Insbesondere für bestimmte Anwendungen in Luftfahrt, Güterverkehr und Industrie sowie zur Bereitstellung gesicherter

Stromerzeugungsleistungen in kalten, dunklen, windarmen Wittersituationen sind synthetische Brennstoffe unabdingbar auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft und Volkswirtschaft.

### Welche Vorteile bieten die synthetischen Brennstoffe?

**SCHAFHAUSEN:** Synthetische Brennstoffe ermöglichen es, bestehende Infrastrukturen wie Gasnetze oder Mineralöllogistik sowie Anwendungstechniken etwa in Heizungen, Fahrzeugen und Industrieanlagen

langfristig weiter zu nutzen. Das führt zu geringeren Kosten, weniger Umbrüchen im Energiesystem und somit zu mehr Akzeptanz. Gleichzeitig verschließen sie nicht den Weg für Fortschritt und Marktwachstum bei alternativen Technologien.

### Und was ist mit Effizienzsteigerung?

**DR. HECKING:** Viele Szenarien unterstellen für Deutschland eine signifikante Senkung der Energienachfrage durch große Fortschritte bei der Effizienzsteigerung. Diese Annahme ist aber keineswegs gesichert.

Und es ist denkbar, dass neue Technologien für eine zusätzliche, heute noch nicht absehbare Energienachfrage sorgen. Ein aktuelles Beispiel ist die Bitcoin-Technologie. Ein Energiesystem der Zukunft, das auch auf synthetischen Brennstoffen basiert, ist hinsichtlich der Nachfrageunsicherheiten deutlich besser skalierbar als ein rein strombasiertes System.

### **Ist es denn überhaupt sinnvoll, erneuerbaren Strom zur Erzeugung synthetischer Brennstoffe zu verwenden?**

**SCHAFHAUSEN:** Kritiker bemängeln, dass der Energieverbrauch über die gesamte Prozesskette bei synthetischen Brennstoffen extrem hoch sei. Technologien zur Direktstromnutzung wie E-Autos oder Wärmepumpen würden allerdings höhere Wirkungsgrade erzielen. Da die Flächenpotenziale für erneuerbare Energien in Deutschland begrenzt sind, folgern die Kritiker, dass der Einsatz von synthetischen Brennstoffen nur im Ausnahmefall erfolgen und die Direktstromnutzung Priorität haben sollte.

**DR. HECKING:** In diesem Argument schwingt der Autarkiegedanke mit. Es scheint die Vorstellung vorzuherrschen, dass die deutsche Energieversorgung der Zukunft allein auf heimische Erzeugungspotenziale für erneuerbare Energien gestützt werden müsste. Energieimporte seien auf ein Minimum zu reduzieren. Aber nationale Energieautarkie als klima- und energiepolitisches Ziel führt die Energiewende national und vor allem global betrachtet in eine Sackgasse.

## **„Synthetische Brennstoffe ermöglichen es, bestehende Infrastrukturen zu nutzen.“**

Franzjosef Schafhausen

### **Wo soll der E-Strom denn herkommen, wenn nicht aus heimischen Windparks?**

**DR. HECKING:** Im globalen Maßstab gibt es weit mehr Potenzial für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, als weltweit auch in Zukunft nachgefragt werden wird. Das Problem ist ein anderes: Sonnen- und Windstrom können nicht annähernd zur richtigen Zeit oder am richtigen Ort erzeugt werden, um den Energiebedarf von Industrie, Gebäuden und Verkehr zu decken. Mit anderen Worten: Was nützen die besten Windstandorte etwa in Äthiopien, wenn der Strom in Chinas Industriebetrieben, im E-Auto in den USA oder für Wärmepumpen in Deutschland benötigt wird?

### **Der erneuerbare Strom müsste also über weite Strecken transportiert werden. Wie soll das funktionieren?**

**SCHAFHAUSEN:** Genau da kommen die synthetischen Brennstoffe ins Spiel, denn sie sind der Elektrizität in entscheidenden Punkten überlegen – technisch und wirtschaftlich: Aufgrund der hohen Energiedichte von Molekülen ist es einfacher, sie zu speichern und zu transportieren, als Elektronen. Außerdem kann die bereits heute etablierte und über Jahrzehnte für fossile Energieträger erfolgreich erprobte Infrastruktur für die klimaneutralen Brennstoffe künftig einfach weiterbenutzt werden.

## **„Eine globale Klimastrategie sollte technologieoffen und verlässlich sein.“**

Dr. Harald Hecking

### **Was spricht außerdem dafür, bei den Erneuerbaren auf die globale Dimension zu setzen?**

**DR. HECKING:** Synthetische Brennstoffe könnten neue Chancen für Staaten eröffnen, deren Geschäftsmodell heute noch auf fossilen Rohstoffen beruht: Um die Pariser Klimaziele umzusetzen, muss der Großteil der fossilen Rohstoffvorräte dauerhaft im Boden bleiben. Für die Erdöl-, Erdgas- und Kohleexportierenden Länder bedeutet das nichts anderes als eine Entwertung ihrer Ressourcen. Die Herstellung und der Export synthetischer klimaneutraler Brennstoffe könnte eine Alternative für diese Länder bieten.

### **Sie plädieren also für eine globale Energie- und Klimastrategie? Was sind die wichtigsten Eckpfeiler?**

**DR. HECKING:** Eine globale Klimastrategie sollte technologieoffen und verlässlich sein. Das hat den Vorteil, dass keine Branche von vornherein aufs Abstellgleis geschoben wird. Die Öl- und Gasbranche etwa kann mit ihrer Kapitalkraft und ihrem großem Know-how dringend benötigte Innovationen für klimaneutrale Lösungen entwickeln. Kommt dagegen heute das Signal, dass es ein Enddatum für fossil betriebene Motoren oder Heizungen gibt und prinzipiell nur noch strombasierte Technologien eine Zukunft haben, wird sich auch die Forschung und Entwicklung nur noch auf diese gewünschten Technologien richten. Die Folge wäre eine unnötige ökonomische wie technologische Verengung, die wesentliche Innovationspotenziale von vornherein ausschließt. □

## **STUDIE: ROADMAP FÜR EIN GLOBALES ENERGIESYSTEM**



**„Synthetische Kraftstoffe auf Basis von Power-to-X-Technologien werden zu einem wichtigen Eckpfeiler der globalen Energiewende“, betont Dr. Carsten Rolle, Geschäftsführer des Weltenergieerat – Deutschland.**

„Deshalb brauchen wir heute strategische industriepolitische Entscheidungen, die auf einer klaren Roadmap fußen.“ Der Weltenergieerat hat in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsberatung Frontier Economics in der Studie „International Aspects of a Power-to-X Roadmap“ die Eckpunkte für eine solche Roadmap entwickelt. Zahlreiche Länder auf der ganzen Welt verfügen über ein hohes Potenzial an PV- und Windenergie und damit über die besten Voraussetzungen, um bedeutende PtX-Produzenten und -Exporteure zu werden. Dazu gehören zum Beispiel Chile und Norwegen. Zudem verschafft der Export erneuerbarer Kraft- und Brennstoffe auch jenen Ländern eine zusätzliche Perspektive, die gegenwärtig vor allem fossiles Öl und Gas ausführen.

Die Roadmap basiert auf drei Säulen: Die erste ist die Skalierung der PtX-Technologien und der Aufbau einer hierauf basierenden Industrie. Denn die Entwicklung eines globalen Markts für PtX erfordert weitere technologische Entwicklungen und Kosteneinsparungen. Die zweite Säule besteht darin, geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, um eine Nachfrage für den Import von synthetischen Kraft- und Brennstoffen zu befördern. Die dritte Säule bilden entsprechende Investitionen in potenziellen PtX-Exportländern.

„Ohne eine stärkere internationale Kooperation wird eine Skalierung von PtX-Technologien nicht gelingen. Umso wichtiger ist es daher, solche Kooperationen politisch zu unterstützen und mit Partnerländern in den Dialog zu treten“, meint Rolle. So kann Power-to-X ein Zukunftsszenario für einen globalen Energiemarkt darstellen. „Power-to-X ist ein wichtiger Baustein für die Entwicklung eines diversifizierten, globalen und CO<sub>2</sub>-neutralen Energiesystems“, erklärt Dr. Jens Perner, Associate Director bei Frontier Economics, einer der Autoren der Studie. „Deutschland kann dabei eine wichtige Rolle als Technologie-Standort spielen und sollte seine Vorreiterposition gezielt nutzen.“





# Gewohntes Fahren, klimaneutral

Von der Utopie zur Realität: Alternative Kraftstoffe sind bereits in Sicht. Eine Umrüstung der Fahrzeugflotte ist dafür nicht erforderlich, denn innovative Kraftstoffe funktionieren mit heutigen Motoren.

Autofahrer, die häufig und auf langen Strecken unterwegs sind, profitieren von Hybridkonzepten mit synthetischen Kraftstoffen.

**K**arlsruhe ist nicht nur der Sitz des Bundesverfassungsgerichts, hier wird auch an der Mobilität für morgen gearbeitet. Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) will mit Partnern aus der Automobil-, Automobilzuliefer- und Mineralölindustrie und mit Unterstützung der Landesregierung Baden-Württembergs in einem breit angelegten Programm klimaschonende Kraftstoffe erforschen. Beim Projekt „reFuels – Kraftstoffe neu Denken“ sollen Verfahren, mit denen Kraftstoffe aus nachhaltig zugänglichen Rohstoffen wie etwa Pflanzenteilen auch in großem Maßstab produziert werden können, betrachtet werden.

Untersucht werden soll außerdem, wie sich die regenerativen Kraftstoffe auf den Schadstoffausstoß der bestehenden Flotte und auf die Funktion der Fahrzeuge sowie einzelner Komponenten auswirken. Schließlich wollen die Projektpartner bei Gesellschaft und Verbrauchern schon heute Akzeptanz für die neuartigen Treibstoffe schaffen. Das Karlsruher Vorhaben steht nicht allein da: Immer häufiger tauchen mittlerweile auch außerhalb der Fachdiskussionen Begriffe wie reFuels und E-Fuels

## 56,5

Millionen Kraftfahrzeuge gibt es derzeit in Deutschland. Sie werden weitestgehend mit Benzin und Diesel betrieben.

## 0,21%

beträgt aktuell der Anteil der Elektromobilität in Deutschland, wenn man die nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes zugelassenen Elektroautos und die Plug-in-Hybride zusammenzählt.

auf. Sie stehen für Optionen, alternative Kraftstoffe aus nachhaltigen Quellen herzustellen und könnten eine klimaneutrale Perspektive für den Verbrennungsmotor bieten.

Ganz normale Autos könnten mit solchen erneuerbaren Kraftstoffen betankt werden, genauso wie Lastwagen, Schiffe und sogar Flugzeuge. Eine aktuelle Bosch-Studie zeigt das Potenzial, das diese Entwicklung mit sich bringt: Allein im Pkw-Bestand Europas ließen sich bis zum Jahr 2050 durch den konsequenten Einsatz von E-Fuels ergänzend zur Elektrifizierung bis zu 2,8 Gigatonnen CO<sub>2</sub> einsparen. Das entspricht der dreifachen Menge des Kohlendioxidausstoßes von Deutschland im Jahr 2016.

Um die Pariser Klimaziele zu erreichen, müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors in den kommenden vier Jahrzehnten in den Industrienationen nahezu auf null gesenkt werden. Das Problem dabei: Selbst wenn alle Autos eines Tages rein elektrisch fahren würden, müssten Flugzeuge, Schiffe und auch Lkw aufgrund ihres hohen Energiebedarfs auch künftig überwiegend mit flüssigen Kraftstoffen



angetrieben werden. CO<sub>2</sub>-neutrale Kraftstoffe sind deshalb eine vielversprechende weitere Option.

„Zur Erreichung der ambitionierten Klimaziele werden E-Fuels unverzichtbar für all jene Anwendungen sein, in denen die Elektrifizierung ökonomische, ökologische oder gesellschaftliche Nachteile besitzt, wie beispielsweise in der Schiff- und Luftfahrt, aber auch im Straßengütertransport“, erklärt Steffen Eppler vom Kompetenzzentrum für alternative Kraftstoffe bei Bosch. „E-Fuels stehen nicht in Konkurrenz zur batteriegetriebenen Elektromobilität, sondern ergänzen und beschleunigen die Defossilisierung des Verkehrs.“ Nur in Kombination mehrerer technologischer Pfade könne es gelingen, die Klimaziele zu erreichen.

### Flüssige Kraftstoffe unverzichtbar

„Unser Ziel ist es, in einer Übergangsphase das gewohnte Fahren klimaneutral zu ermöglichen“, betont auch Oliver Maiwald, Leiter Technology & Innovation beim Automobilzulieferer Continental, Division Powertrain. Synthetische Kraftstoffe würden aber nicht nur zur CO<sub>2</sub>-neutralen Mobilität beitragen, so der Experte. Denn die E-Fuels könnten so hergestellt werden, dass sie praktisch rußfrei verbrennen – auf diese Weise lassen sich die Kosten der Abgasnachbehandlung reduzieren.

## „Synthetische Kraftstoffe ermöglichen die Nutzung der bestehenden Tankstellen und Motoren.“

Steffen Eppler, Bosch

Ein weiterer Vorteil: Das bestehende Tankstellennetz könnte weiter genutzt werden, ebenso das über Jahrzehnte aufgebaute Know-how in Sachen Verbrennungstechnik. „Synthetische Kraftstoffe ermöglichen die Nutzung der bestehenden Tankstellen und Motoren, sie wirken damit im Bestand aller Fahrzeuge und damit ökologisch schneller als die komplette Erneuerung von Infrastruktur und Fahrzeugen“, betont Bosch-Experte Eppler. Zudem hätten E-Fuels in flüssiger Form den Vorteil hoher Energiedichten. „Das ist für mobile Anwendungen von entscheidendem Vorteil, wenn große Reichweiten und große, schwere Fahrzeuge betroffen sind“, so Eppler.

Wolfgang Müller-Pietralla, Zukunftsforscher bei Volkswagen, sieht daher in Hybridfahrzeugen, die die Vorteile von Flüssigkraftstoff mit jenen eines Elektroantriebs kombinieren, die sinnvollste Variante

für den Antrieb der Zukunft: „Viele Autofahrer, die auf der Langstrecke unterwegs sind oder nur mit einem Auto auskommen, werden Hybridkonzepte mit synthetischen Kraftstoffen bevorzugen.“ Insbesondere gilt das sicher für Berufspendler und Menschen, die nicht direkt in den Metropolen leben.

### Weitere Anstrengungen nötig

Die Verfahren zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe sind bereits seit Längerem bekannt. Per Elektrolyse wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Der Wasserstoff kann dann durch Zugabe von CO<sub>2</sub> zu synthetischem Benzin, Diesel, Kerosin, Heizöl oder Gas weiterverarbeitet werden. Wenn der dabei eingesetzte Strom aus regenerativen Quellen stammt und der Kohlenstoffkreislauf geschlossen ist, sind diese Kraftstoffe weitestgehend klimaneutral.

Erste Pilotprojekte zur Herstellung von E-Fuels laufen derzeit in Deutschland und Norwegen, der Bosch-Studie zufolge sind aber noch große Anstrengungen nötig. Eine Steigerung der Produktion sowie eine günstige Preisentwicklung bei regenerativ erzeugtem Strom könne aber dafür sorgen, dass synthetisch erzeugte Kraftstoffe wirtschaftlich werden. Aktuelle Studien erwarten für den Zeitraum von 2040 bis 2050 Kosten von etwa einem Euro pro Liter Dieseläquivalent – ohne Steuern. „Damit bleibt synthetischer Kraftstoff teurer als fossiles Benzin oder Diesel, sofern das CO<sub>2</sub>-Minderungspotential der synthetischen Kraftstoffe nicht honoriert

wird“, so Eppler. Auch Adrian Willig, Geschäftsführer des Instituts für Wärme und Oeltechnik, sieht erneuerbare Kraft- und Brennstoffe als wirksamen Lösungsbeitrag für den globalen

## „Viele Autofahrer, die auf der Langstrecke unterwegs sind, werden Hybridkonzepte mit synthetischen Kraftstoffen bevorzugen.“

Wolfgang Müller-Pietralla,  
Zukunftsforscher bei Volkswagen

Klimaschutz: „Um deren Vorteile nutzen zu können, sind jedoch erhebliche Investitionen für die Herstellung nötig, die langfristig verlässliche Rahmenbedingungen voraussetzen.“ Daher sei es wichtig, dass die Politik neben der Elektromobilität auch erneuerbare Kraft- und Brennstoffe als gleichberechtigte Lösung anerkenne. Dann steht der Zukunft der Mobilität nichts mehr im Weg. □

## AUDI STARTET E-DIESEL-PROJEKT

Der Fahrzeughersteller Audi ist einer der Vorreiter bei der Entwicklung von E-Fuels aus Wasser und Kohlendioxid.

Audi arbeitet schon seit einigen Jahren an der Entwicklung synthetischer Kraftstoffe, sogenannter E-Fuels. Die erste Forschungsanlage in Dresden hat bereits 2015 hochwertigen Diesel-Kraftstoff produziert. Als öffentlichkeitswirksamer Praxistest füllte die damalige Bundesforschungsministerin Johanna Wanka die ersten fünf Liter in ihren Audi-Dienstwagen und zeigte sich begeistert: „Der synthetische Diesel auf CO<sub>2</sub>-Basis ist ein großer Erfolg der Nachhaltigkeitsforschung.“ Er könne einen wichtigen Beitrag für Klimaschutz und Ressourceneffizienz leisten.

Der synthetische Audi-E-Diesel basiert auf einem synthetischen Rohöl, dem sogenannten E-Crude, das



als Erdölersatz vom Dresdner Energietechnikunternehmen Sunfire entwickelt wurde. Sunfire arbeitet nach dem Power-to-Liquid-Prinzip (PtL) und nutzt Ökostrom, um einen flüssigen Energieträger herzustellen. Als Rohstoffe werden lediglich Wasser und Kohlendioxid benötigt.

Nun wagen die Ingolstädter den nächsten Schritt hin zur industriellen Produktion

von E-Diesel. Gemeinsam mit den Partnern Ineratec GmbH und Energiedienst Holding AG plant das Unternehmen den Bau einer Pilotanlage im schweizerischen Laufenburg mit einer Kapazität von rund 400.000 Litern pro Jahr. Die Fertigstellung ist für Mitte 2019 geplant. Das Investitionsvolumen beträgt rund 3,5 Millionen Euro. „Beim Projekt in Laufenburg können wir durch eine neue Technologie die Produktion von E-Diesel effizient in kompakten Einheiten gestalten“, sagt Reiner Mangold, Leiter Nachhaltige Produktentwicklung der Audi AG. Damit habe der synthetische Diesel das Potenzial, herkömmliche Verbrennungsmotoren nahezu CO<sub>2</sub>-neutral zu betreiben.

ERFOLGREICHE WÄRMEWENDE

# Vom alten Haus zum energetischen Vorzeigeeobjekt

Familie Georgiadis hat ihr Haus auf Vordermann gebracht. Im Keller tut nun eine moderne Öl-Brennwertheizung ihren Dienst, die nicht nur von einer Solaranlage unterstützt, sondern auch noch mit erneuerbarem Brennstoff befüllt wird.



**W**eiße Wände, schwarzes Walmdach, ein großer, eingewachsener Garten. Und dann dieser Blick, weit über die rheinland-pfälzische Kleinstadt Baumholder: Schon die Großeltern waren von der Lage des Grundstücks begeistert und hatten sich mit dem Haus ihren Lebensraum erfüllt. Umso mehr war es der Wunsch der Enkelin Anke Georgiadis, die Immobilie zu erhalten, nachdem sie sie geerbt hatte. Das neue Familienheim sollte daraus werden – doch dafür musste das 60 Jahre alte und 190 Quadratmeter große Einfamilienhaus zunächst auf den neuesten energetischen Stand gebracht werden – insbesondere durch die Dämmung von Dach, Außenwänden und Kellerdecke sowie den Austausch von Fenstern.

Auch die Heizung war veraltet – und nach der Dämmung des Hauses nach neuesten energetischen Standards auch überdimensioniert: Statt des 20 Jahre alten Ölkessels steht nun ein modernes Öl-Brennwertgerät im Keller. Die Entscheidung für diesen Energieträger hat das Ehepaar Georgiadis

bewusst gefällt: „Wir kaufen nach, wenn der Ölpreis günstig ist. Das geht beim Gas nicht.“ Unterstützung bekommt die neue Heizung von der Solaranlage auf dem Dach: Die sorgt bei Sonnenschein dafür, dass die 300 Liter Wasser in einem Speicher warm gehalten werden. Und wenn die Sonne mal nicht scheint, übernimmt die Ölheizung den Job – und zwar mit einem deutlich geringeren Verbrauch als mit dem alten Kessel: Der alte, 5.000 Liter fassende Erdtank im Garten dient nun als Regenwasserspeicher, dafür stehen drei neue, jeweils 1.000 Liter fassende Batterietanks im Heizungskeller. Die 3.000 Liter Heizöl-vorrat reichen mit der neuen Technik für mehr als zwei Jahre. Zum Vergleich: Der Jahresverbrauch der Großeltern hatte zuvor bei mehr als 7.000 Litern gelegen.

## Brennstoff aus Altspeisefett

Und die derzeitige Tankfüllung ist sogar etwas ganz Besonderes: Die Familie nimmt an einem Demonstrationsvorhaben des Instituts für Wärme und Oeltechnik (IWO)

teil und nutzt jetzt einen Brennstoff, dem 50 Prozent treibhausgasreduziertes Heizöl beigemischt ist. Dieses wird aus biogenen Reststoffen wie Altspeisefetten und Wasserstoff hergestellt und steht damit nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelprodukti-

## Langfristig haben Öl-Brennwertgeräte eine klimaneutrale Perspektive.

on. Damit hat das Haus nun eine noch bessere Klimabilanz: Im Vergleich zu Zeiten vor der Modernisierung werden satte 90 Prozent des ursprünglichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes vermieden.

Derzeit werden marktfähige, innovative Brennstoffe erforscht, die dem bisherigen



## WÄRME AUS WIND

Wenn Windanlagen auf Hochtouren laufen, können die Stromnetze die Energie nicht immer aufnehmen. Hybridheizsysteme helfen, Abregelungen zu vermeiden. Ein Modellprojekt in Schleswig-Holstein zeigt, wie Strom aus Erneuerbaren in Wärme umgewandelt werden kann.

Im Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog, ganz am nordwestlichen Zipfel Schleswig-Holsteins gelegen, prägen Windräder das Landschaftsbild. Doch der hier gewonnene Strom kann nicht immer genutzt werden: Weht der Wind besonders stark, sind die überregionalen Übertragungsnetze überfordert – und die Windanlagen müssen vom Netz. Ein Modellprojekt mit 14 Teilnehmern





einer alten Ölheizung gegen sparsame Öl-Brennwerttechnik. Diese einfache Modernisierung reduziert den Energiebedarf – und damit auch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß – um bis zu 30 Prozent. Noch mehr lässt sich durch die Erweiterung zu einer Hybridheizung einsparen. Denn Öl-Brennwertgeräte sind ein idealer Partner für Solaranlagen oder Holzkaminöfen. Auch Strom aus der hauseigenen Photovoltaikanlage kann zur Wärmeversorgung zusätzlich genutzt werden. Kommt dann perspektivisch noch ein treibhausgasreduzierter Brennstoff in den Heizöltank, ist die CO<sub>2</sub>-Einsparung sogar wie im Fall von Familie Georgiadis bis zu drei Mal so hoch.

„Es ist vorstellbar, dass moderne Brennwertkessel sich zukünftig mit geringen technischen Änderungen mit bis zu hundert Prozent erneuerbaren Brennstoffen, wie zum Beispiel E-Fuels, betreiben lassen. Wichtig ist dabei, dass sich diese Brennstoffe im Rahmen der bisherigen Normen bewegen“, sagt Wolfgang Diebel, Abteilungsleiter Sales, Technical, Support und Training beim Heizsystemanbieter Buderus. So müsse kein radikaler Technologiewandel erfolgen. „Die bewährte und äußerst effiziente Brennwerttechnik kann somit weiter zur Schonung von Ressourcen beitragen“, so Diebel.

# 90%

des ursprünglichen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes konnten durch die Modernisierung von Haus und Heizung eingespart werden. Zudem benötigen die Hausbesitzer in Zukunft deutlich weniger Brennstoff.

Heizöl in zunehmendem Maße beige-mischt werden und dieses langfristig sogar ganz ersetzen können. Am Ende sollen treibhausgasneutrale flüssige Brennstoffe stehen. Denn längst ist klar: Die von der Bundesregierung proklamierte Energiewende kann nur gelingen, wenn nicht nur die Stromversorgung hierzulande revolutioniert wird, sondern auch der Wärmemarkt einen substantiellen Beitrag leistet. Schließlich benötigen die privaten Haushalte in Deutschland nach Angaben des Umweltbundesamtes mehr als zwei Drittel ihres Endenergieverbrauchs zur Beheizung von Räumen sowie zur Warmwasserbereitung. Die Möglichkeiten, die bewährte,

akzeptierte und zugleich auch bezahlbare Technologien wie etwa Brennwertheizungen für die Energiewende bieten, werden aber in vielen Zukunftsszenarien unterschätzt.

## Energiebedarf stark reduziert

20 Millionen Menschen beziehen derzeit ihre Wärme aus Heizöl, die meisten Ölheizungen tun in Ein- und Zweifamilienhäusern ihren Dienst. Vor allem im ländlichen Raum sind Ölheizungen weitverbreitet, oft stehen leitungsgebundene Energieträger wie Erdgas gar nicht erst zur Verfügung. Besonders kosteneffizient ist meist der Tausch

Knapp 100.000 Euro hat das Ehepaar Georgiadis in die Modernisierung ihres Hauses gesteckt – davon rund 11.500 Euro für die neue Heizung. Mit der Treibhausgaseinsparung von 90 Prozent ist aus dem sechs Jahrzehnte alten Haus ein Vorzeigeobjekt geworden. Das Einfamilienhaus beweist, dass in ölbeheizten Häusern hohe Einsparungen möglich sind. □

in der Gemeinde soll das ändern – und zeigen, wie eine Verknüpfung des Strom- und Wärmesektors gelingen kann: Hier wird der bisher abgeregelte Strom zum Heizen von Häusern genutzt. Die Basis dafür bilden Ölheizungen, die in dem ländlich geprägten Gebiet ebenso wie in anderen Regionen Schleswig-Holsteins weitverbreitet sind – und erweitert zu Hybridheizsystemen die benötigte

Wärme wahlweise aus Heizöl oder Windstrom erzeugen können.

Dazu gibt es vielfältige Möglichkeiten – angefangen bei einfachen Elektroheizstäben, die in den Wärmespeicher der Heizungsanlage eingebaut werden, bis hin zu effizienteren, aber auch teureren Kombinationen aus Öl-Brennwertgerät und Strom-Wärmepumpe. Solche Öl-Hybridheizungen benö-

tigen keine zusätzlichen konventionellen Reservekraftwerke, da sie in Zeiten mit einem niedrigen erneuerbaren Stromangebot mit dem speicherbaren Energieträger Heizöl betrieben werden können. Zu den Initiatoren des Wind- und Wärme-Modellvorhabens zählen neben der Gemeinde die Erneuerbaren-Unternehmensgruppe ARGE Netz aus Husum, der Bürger-Windpark Lübke-Koog und

das Institut für Wärme und Oeltechnik (IWO). Sie wollen damit die Möglichkeiten der Sektorenkopplung zur Erhöhung des erneuerbaren Anteils im Wärmesektor und die Einsparpotenziale von Hybridheizungen in Privathaushalten analysieren und mit Messdaten dokumentieren.

**Mehr auf:**

— [www.wind-und-waerme.de](http://www.wind-und-waerme.de)



①



②



③



④



VERBRAUCHER IM FOKUS

# Vielfalt der Meinungen

Um die selbstgesteckten Klimaziele hierzulande doch noch zu erreichen, muss sich einiges ändern. Ein Streitgespräch.

**Deutschland wird sein selbstgestecktes Klimaschutzziel, die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 Prozent gegenüber 1990 zu senken, nicht erreichen. Was können Verbraucher tun, um das zu ändern?**

**ADRIAN WILLIG:** Viele Verbraucher sind bereits für die Themen Energiesparen und Klimaschutz sensibilisiert. Jeder, der seine Heizung modernisiert, leistet hier einen wichtigen Beitrag.

**MELANIE SOMMER:** Das ist allerdings leichter gesagt als getan. Denn wir vergessen oft: Menschen verhalten sich meist

unvernünftig. Wir wissen, was gut und richtig ist, und dennoch machen wir häufig das Gegenteil. Wir treiben zu wenig Sport, ernähren uns nicht gesund genug und verbringen zu viel Zeit online. Das gilt auch für das Energiesparen. Wir sind so, weil wir in Wirklichkeit zwei Seiten haben. Das SELBST, das emotional und uns weitgehend unbewusst ist, bestimmt unser Verhalten. Damit wir nicht zu unvernünftig handeln, ist unser ICH, die Ratio, der Controller unseres Verhaltens. Die Vernunft ist somit nicht verhaltensentscheidend und das erklärt, warum

wir mit Argumenten das Verhalten nicht ändern werden.

**THOMAS ENGELKE:** Verhaltensänderungen brauchen Zeit. Gleichzeitig sehe ich, dass die Verbraucherinnen und Verbraucher die Energiewende wirklich wollen. Im Jahr 2017 gaben 82 Prozent der befragten Verbraucher an, die Ziele der Energiewende zu unterstützen: Ausstieg aus der Kernkraft, Ausbau der erneuerbaren Energien bei gleichzeitig weitgehendem Ausstieg aus den fossilen Energien. Und die Nachfrage nach Grünstrom ist tatsächlich hoch.



**Dann lassen Sie uns konkret auf den Gebäudesektor schauen, dem oft eine entscheidende Rolle bei der Energiewende zugeschrieben wird. Wie ist hier der aktuelle Stand?**

**PATRICK GRAICHEN:** Verbraucher sollten bei allen langfristigen Investitionen darauf achten, ob diese in Zukunft noch in eine Welt mit immer weniger Treibhausgasemissionen passen. Investitionen in eine effiziente Nutzung von Energie werden sich langfristig immer auszahlen. Aktuell sind beispielsweise neue Ölheizungen wirtschaftlich noch interessant. Wir wissen aber, dass wir unseren Ölverbrauch bis 2030 halbieren müssen, um unsere Klimaschutzziele einzuhalten. Das kann dazu

**„Das Ziel der Energiewende wird nur zu erreichen sein, wenn die soziale Akzeptanz, hierzu einen Beitrag zu leisten, deutlich steigt.“**

Melanie Sommer, Marktforscherin und Geschäftsführerin von RSG Marketing Research

führen, dass Heizöl schon in wenigen Jahren überhaupt nicht mehr wirtschaftlich attraktiv ist. So wie in Frankreich, wo es inzwischen eine CO<sub>2</sub>-Steuer gibt, durch die der Heizölpreis jedes Jahr steigt.

**WILLIG:** Aber Fakt ist doch, dass für Hauseigentümer mit einer Ölheizung die Sanierung mit Öl-Brennwerttechnik meist der kostengünstigste Einstieg in die Energiewende ist: Die Treibhausgasemissionen sinken sofort und es entstehen gute Voraussetzungen, um erneuerbare Energien einzubinden. Langfristig eröffnen Öl-Brennwertheizungen durch die Nutzung zunehmend treibhausgasreduzierter Brennstoffe sogar eine klimaneutrale Perspektive.

**ENGELKE:** Aus meiner Sicht geht es im Gebäudebereich um den optimalen Maßnahmenmix. Verschiedene Verbrauchergruppen benötigen unterschiedliche Lösungen. Hier gehören Energieeffizienzmaßnahmen für die Gebäudehülle bei Neubauvorhaben und im Gebäudebestand genauso dazu wie die Verbesserung der Energieeffizienz von Heizungen – und eben auch die Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien wie Solar, Wind und Biomasse. Außerdem wird die Verwendung von Strom für die Wärmegewinnung in Gebäuden eine immer wichtigere Rolle spielen.

**Was bringt Klimaschutz und Bezahlbarkeit besser zusammen: eine reine Elektrifizierung oder Technologieoffenheit?**

**WILLIG:** Definitiv Letzteres. Die 2018 veröffentlichte Leitstudie der Deutschen Energie-Agentur zeigt: Ein breiter Energiemix ist deutlich günstiger als Szenarien, die einen hohen Grad an Elektrifizierung vorsehen. Wir brauchen einen Wettbewerb um die besten Lösungen.

**GRAICHEN:** Ich bin der Meinung, dass, wo immer es wirtschaftlich und technisch geht, Strom möglichst direkt verwendet werden sollte – sei es zum Heizen oder auch im Verkehr. Denn das ist der effizienteste Weg. Allerdings wird es auch immer Fälle geben, wo das nicht möglich ist. Hier können und sollten wir aus Strom produzierte Treibstoffe wie Wasserstoff, Methan oder Methanol nutzen.

**Welche Rolle können zunehmend treibhausgasneutrale Kraft- und Brennstoffe aus Ihrer Sicht in Zukunft spielen?**

**ENGELKE:** Synthetische Brenn- und Kraftstoffe sollten definitiv berücksichtigt werden, wenn sie zum Beispiel importiert oder aus Überschussstrom hergestellt werden können.

**WILLIG:** Dem kann ich nur zustimmen. Ein künftiger Energiemix, der diese Kraft- und Brennstoffe mit einschließt, ist ein robuster Weg zu mehr Klimaschutz. Wenn zum Beispiel die Steigerung der Modernisierungsquoten im Gebäudebereich ins

Stocken gerät, könnten mit weitgehend treibhausgasneutralen Brennstoffen die CO<sub>2</sub>-Minderungsziele dennoch erreicht werden. Zunehmend treibhausgasneutrale flüssige Kraft- und Brennstoffe wären in den heute verfügbaren Effizienztechnologien wie der Brennwerttechnik oder in Verbrennungsmotoren ohne aufwendige Umrüstungen einsetzbar. Das erhöht die Chance auf eine breite Akzeptanz der Energiewende bei den Verbrauchern: Klimaschutz wird möglich, ohne Versorgungswege und Anwendungstechnik kostenintensiv umbauen zu müssen.

**GRAICHEN:** Ich sehe das Ganze kritischer. Für mich sind strombasierte Kraft- und Brennstoffe wie ein Joker im Kartenspiel – äußerst nützlich, weil vielseitig einsetzbar, aber gleichzeitig nur begrenzt verfügbar. Das liegt an den großen Umwandlungsverlusten auf dem Weg vom Strom zu Gas oder zum flüssigen Brennstoff. Gleichzeitig werden wir beides brauchen. Dafür müssen wir heute an der schrittweisen Markteinführung arbeiten. Von alleine werden diese Technologien im großen Maßstab nicht zur Verfügung stehen.

**An welchen Stellschrauben müsste noch gedreht werden, um das Engagement für den Klimaschutz attraktiver zu gestalten?**

**SOMMER:** Das Ziel der Energiewende wird nur zu erreichen sein, wenn die soziale Akzeptanz, hierzu einen Beitrag zu leisten, deutlich steigt und ein emotionaler Nutzen damit verbunden ist. Menschen fahren zum Beispiel keine Elektroautos, wenn man dem ICH erzählt, dass es gut für

## ZU DEN PERSONEN

### ① Dr. Thomas Engelke

leitet das Team Energie und Bauen beim Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv) in Berlin. Als Dachverband der 16 Verbraucherzentralen der Länder und 25 weiterer verbraucherpolitischer Verbände bündelt der vzbv die Kräfte für einen starken Verbraucherschutz.

### ② Dr. Patrick Graichen

ist seit Januar 2014 Direktor von Agora Energiewende. Ziel des Thinktanks ist es, belastbare und politisch umsetzbare Wege zu entwickeln, wie sich die Energiesysteme in Deutschland in Richtung sauberer Energie transformieren lassen.

### ③ Melanie Sommer

Die Diplom-Psychologin verantwortet seit 2010 als Geschäftsführerin die RSG Marketing Research GmbH mit Sitz Düsseldorf. Das Unternehmen hat sich auf fundierte Marketingberatung auf der Basis empirischer Forschung spezialisiert.

### ④ Adrian Willig

ist Diplom-Ingenieur und seit 2014 Geschäftsführer des Instituts für Wärme und Oeltechnik e. V. (IWO). Das IWO setzt sich für pragmatische und bezahlbare Lösungen zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende ein.

**„Investitionen in eine effiziente Nutzung von Energie werden sich langfristig immer auszahlen.“**

Dr. Patrick Graichen, Direktor Agora Energiewende

das Klima ist. Beim Tesla sieht es dagegen anders aus: Hier geben Menschen gerne mehr Geld aus, um bewundert zu werden – und den Beitrag zur Energiewende erhalten sie quasi gratis dazu. Im Umkehrschluss gilt: Wenn die Gesellschaft Menschen „anprangert“, die keinen Beitrag zum Klimaschutz leisten, dann erzeugt das emotionale Unlust.

**ENGELKE:** Das Zauberwort heißt „Teilhabe“. Möglichst vielen Bürgerinnen und Bürgern sollte es ermöglicht werden, an der Energiewende mitzuwirken – sei es durch eigene Stromerzeugung oder eine attraktive Tarifierung von erneuerbaren Energien in Form von Strom und Wärme. □



# Radar für neue Brennstoffe

Um die Vorteile flüssiger Brennstoffe langfristig nutzen zu können, wird an der Herstellung treibhausgasreduzierter Alternativen zum Erdöl geforscht. Auch Wissenschaftler in Deutschland testen dabei unterschiedliche Rohstoffe und verschiedene Verfahren. Was sie eint, ist der Klimaschutz.

## BIOMATES

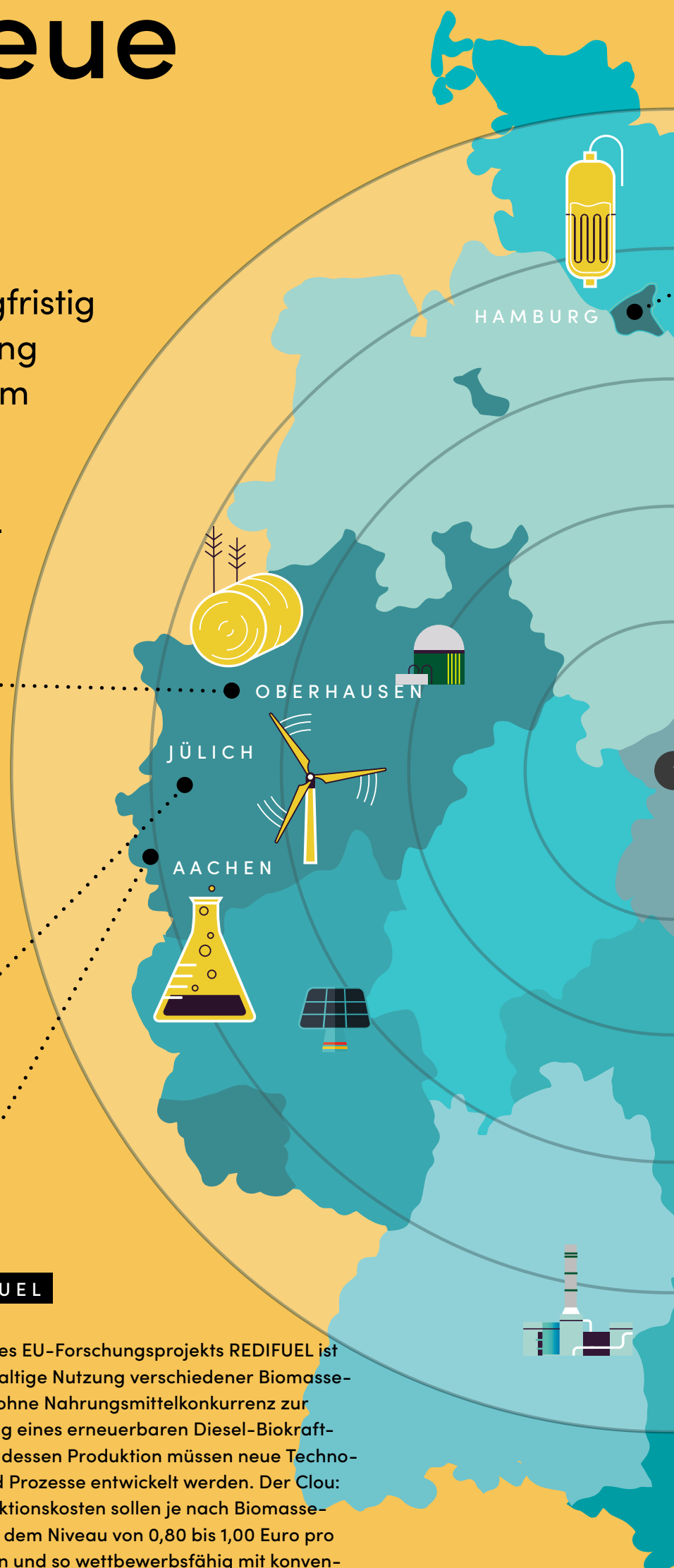
Das von der Europäischen Union geförderte Projekt BioMates steht für „Bio-based Intermediates“, also biobasierte Zwischenprodukte. Ziel des Projektes ist es, ein Verfahren zu etablieren, mit dem nachhaltige Grundstoffe anstelle von Rohöl im großen Maßstab in Raffinerien verarbeitet werden können. Unter der Federführung des Fraunhofer-Instituts UMSICHT in Oberhausen entwickelten die Wissenschaftler eine Pilotanlage, die im Testbetrieb Stroh und Nicht-Nahrungsmittelpflanzen zu Bioöl einer neuen Generation verarbeiten kann. Außerdem konnten die Forscher die optimalen Einsatzpunkte für dieses Öl innerhalb des Raffinerieprozesses feststellen. Derzeit werden konventionelle Kraftstoffe in der Regel erst nach der Produktion mit fertigen Biokraftstoffen gemischt. Mit der gemeinsamen Verarbeitung von Bioöl und Rohöl in Raffinerien wäre dieser Schritt nicht mehr notwendig.

## KOPERNIKUS POWER-TO-X

Wie können wir erneuerbaren Strom speichern? Diese entscheidende Frage treibt Forscher schon seit geraumer Zeit um. Denn es gibt Zeiten, in denen mehr Strom produziert wird als benötigt, und Zeiten, in denen zwar Energie benötigt, aber kein Strom produziert wird. Im Rahmen des Kopernikus-Programms entstand daher die nationale Forschungsplattform „Power-to-X“, in deren Rahmen mehrere Projekte Wege entwickeln wollen, erneuerbaren Strom flexibler zu nutzen. Etwa indem er in stoffliche Energiespeicher verwandelt wird, beispielsweise in flüssige Substanzen wie Kraftstoffe (Power-to-Liquid).

## REDIFUEL

Das Ziel des EU-Forschungsprojekts REDIFUEL ist die nachhaltige Nutzung verschiedener Biomasserohstoffe ohne Nahrungsmittelkonkurrenz zur Herstellung eines erneuerbaren Diesel-Biokraftstoffs. Für dessen Produktion müssen neue Technologien und Prozesse entwickelt werden. Der Clou: Die Produktionskosten sollen je nach Biomassequelle auf dem Niveau von 0,80 bis 1,00 Euro pro Liter liegen und so wettbewerbsfähig mit konventionellen Kraftstoffen sein. Der angestrebte Biokraftstoff soll außerdem leistungsstark sein und rußarm verbrennen. Eine Analyse der Biomass-to-Wheel-Bilanz soll sicherstellen, dass zentrale Umwelt- und Gesellschaftsaspekte der Technologien berücksichtigt werden.





## READI-VERFAHREN

Um das Klima zu schützen, wird nach Verfahren und Rohstoffen gesucht, die fossile Energien ersetzen können – ohne dass jedoch die Kosten explodieren. Dazu möchten Forscher der HAW Hamburg mit dem preisgünstigen READi-Verfahren beitragen. Hierbei werden in einem zweistufigen Prozess hochmolekulare Stoffe in flüssige Brennstoffe umgewandelt. Als Ausgangsmaterialien dienen Stroh, Holz, Altfett und Plastikabfall. Als Hauptverfahren wird die sogenannte Solvolyse eingesetzt, ein Verfahren, bei dem es durch die Reaktion mit einem Lösungsmittel zum Bruch der chemischen Bindung kommt. Der so entstandene Rohölersatz kann dann zu Biokraftstoffen weiterverarbeitet werden.

## MIKROALGEN ZU KRAFTSTOFFEN

In diesem Forschungsprojekt soll ein Raffinerieprozess zur Herstellung von drop-in-fähigen Kraftstoffen beziehungsweise Kraftstoffkomponenten aus Mikroalgenbiomasse entwickelt werden. Der in diesem Projekt angestrebte Weg sieht die Nutzung der gesamten Algenbiomasse vor. Im ersten Schritt wird die Biomasse in ein „Biocrude“ gewandelt. Die weitere Veredlung zu hochwertigen Kraftstoffen erfolgt durch hydrierende Verfahren, bei denen dieses Vorprodukt durch Zugabe von Wasserstoff aufgewertet wird. Diese Verfahren sind in Raffinerien bereits vorhanden, so dass die Weiterverarbeitung von Biocrude prinzipiell in bestehende Raffinerieprozesse integriert werden könnte. Die Aufgabe besteht darin, die Verfahrensschritte so zu optimieren, dass bei geringem Aufwand die Ausbeute möglichst hoch ausfällt. Projektpartner sind die BTU Cottbus – Senftenberg sowie die TU Bergakademie Freiberg.

## OTTO-R-SYNTHESE

An der TU Freiberg wird ein etabliertes Verfahren, mit dem fossiles Erdgas in Benzin verwandelt wird, klimaschutzgerecht umgebaut: Künftig soll das Synthesebenzin OTTO-R 2025 nicht mehr aus fossilen Energieträgern, sondern aus „grünem“ Methanol entstehen – hergestellt aus Kohlenstoffdioxid, Wasser und regenerativ erzeugtem Strom. Der treibhausgasreduzierte Kraftstoff kommt zunächst bei Flottentests verschiedener Automobilhersteller zum Einsatz, 2025 soll die OTTO-R-Synthesetechnologie dann aber bereits verfügbar sein.

## SUN TO LIQUID

Derzeit wird ein neues thermochemisches Reaktionsverfahren auf Herz und Nieren geprüft: Eine solar-thermochemische Anlage, bestehend aus 169 Spiegeln, erzeugt aus Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxid synthetisches Kerosin. Ziel ist es, eine kohlenstoffneutrale Kraftstoffalternative zu entwickeln, die aber dennoch nicht auf Biomasse basiert. Die Wandlung von Sonnenenergie in speicherbare flüssige Kraftstoffe könnte ein vielversprechender Lösungsansatz für die Mobilität von Morgen sein. Sun to Liquid wird von der Bauhaus Luftfahrt e.V. mit Sitz bei München koordiniert, weitere Forschungspartner unterstützen das EU-Projekt, das noch bis Ende 2019 läuft.

TAUFKIRCHEN

COTTBUS

FREIBERG

Weitere spannende Projekte finden Sie im IWO-Forschungsradar unter:

— [www.zukunftsheizen.de](http://www.zukunftsheizen.de)





Ein großes Plus flüssiger Kraft- und Brennstoffe: Riesige Energiemengen lassen sich einfach in Tanklagern speichern.

INFRASTRUKTUR NUTZEN

# Versorgungssicherheit

Von der Pipeline bis zum Tanklager, von der Tankstelle bis zum Heizöltank: Diese hervorragende Infrastruktur kann mit erneuerbaren flüssigen Energieträgern auch im Dienste des Klimaschutzes weiter genutzt werden.

**E**ine hell erleuchtete Industrieanlage am Kai des Hamburger Hafens. Rohre und Anschlüsse über viele Etagen. Ein bisschen sieht es im Tanklager Blumensand wie in einer Raumstation aus. Davor wartet ein Binnenschiff. Die Zuläufe werden aufgeschraubt, der Rüssel angeschlossen. Nachdem die Ventile per Computer freigeschaltet sind, pumpt die Anlage Diesel fast geräuschlos in die Tanks der „Dettmer Tank 140“. Anschließend fährt das Schiff elbaufwärts. Das Ziel: Salzgitter, wo ein weiteres Tanklager steht. Von dort aus wird der Treibstoff mithilfe von Tankwagen an die örtlichen Tankstellen verteilt.

Raffinerien, Pipelines, Tankwagen, dann die Tankstellen als erster Anknüpfungspunkt zum Endverbraucher, der den Tank seines Autos mit Diesel oder Benzin befüllt, und

## 535

Terawattstunden entsprechen der insgesamt in Deutschland gelagerten Energiemenge an Mineralölprodukten und Rohöl. Das schätzen die Experten des Instituts Economic Trends Research (ETR). Dies ist mehr als der jährliche Stromverbrauch in Deutschland.

mittelständische Heizölfirmen, die mit ihren Tankwagen jene 5,6 Millionen Häuser hierzulande ansteuern, in denen Ölheizungen ihren Dienst tun: Die Infrastruktur für Mineralölprodukte ist in Deutschland über 100 Jahre gewachsen und hervorragend ausgebaut. Die über Jahrzehnte mit milliarden-schweren Investitionen geschaffenen Werte stellen die dezentrale Versorgung von Verbrauchern und Industrie sicher. Die Versorgungssicherheit ist dank der immensen Lagerkapazitäten jederzeit gegeben.

Doch die aktuelle Energiewende-Diskussion stellt derzeit noch häufig flüssige Brennstoffe infrage, zugunsten einer strombasierten Energieversorgung. Das gilt sowohl für den Gebäudebereich als auch im Verkehrssektor, wo die Politik sich zum Beispiel die Förderung von Elektroautos auf die Fahnen geschrieben hat. Viele Experten



kritisieren diese Einseitigkeit und sehen die Versorgungssicherheit, die immer ein großes Plus des deutschen Energiesystems war, gefährdet. Denn es ist überhaupt nicht klar, ob künftig erneuerbarer Strom in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Auch nach Effizienzsteigerungen und dem Ausbau regenerativer Stromerzeugung wird eine Lücke in der Versorgung bleiben. Zudem stehen Sonne und Wind, die als regenerative Energiequellen der Stromerzeugung dienen, nicht kontinuierlich zur Verfügung. Die höhere Volatilität der Ökostromerzeugung muss deshalb durch neue Stromspeicher aufgefangen werden. Darüber hinaus sind immense Investitionen in den – derzeit stockenden – Ausbau der Stromnetze erforderlich. Ein breiter Energiemix, der auch erneuerbare flüssige Energieträger mit einschließt, ist daher laut der Leitstudie „Integrierte Energiewende“ der Deutschen Energie-Agentur (dena) deutlich günstiger als Szenarien, die einseitig auf Elektrifizierung setzen.

„Die Infrastruktur für die Produktion, Lagerung und Verteilung von flüssigen Energieträgern sollte zum Vorteil der Klima- und Energiepolitik auch künftig weiter genutzt werden“, erklärt Adrian Willig, Geschäftsführer des Instituts für Wärme und Oeltechnik (IWO). Es sei sinnvoll, die flächendeckende Infrastruktur für Mineralölzeugnisse zu erhalten, damit sie langfristig auch neuen treibhausgasreduzierten oder sogar treibhausgasneutralen Kraft- und Brennstoffen zur Verfügung steht.

## Gesicherte Energieversorgung

Auch ein aktuelles Gutachten des Instituts Economic Trends Research (ETR) im Auftrag des Verbands Mittelständische Energiewirtschaft (MEW) kommt zu dem Schluss, dass gerade die Lagerfähigkeit flüssiger Energieträger die Versorgungssicherheit garantiere. Denn in Deutschland gibt es ein umfangreiches und flächendeckendes Reservenetz, in dem Rohöl und Mineralölprodukte vorgehalten werden. Gelagert werden die Bestände in Kavernen in ehemaligen Salzstöcken sowie in oberirdischen Tanklagern, häufig in gemeinschaftlicher Lagerung mit Mineralölunternehmen. Zuständig ist der Erdölbevorratungsverband (EBV), der unter Rechtsaufsicht des Bundeswirtschaftsministeriums steht und von der Mineralölwirtschaft getragen wird. Er hat den gesetzlichen Auftrag, so viel Öl vorzuhalten, dass der deutsche Verbrauch damit 90 Tage lang gedeckt wäre. Noch nicht eingerechnet sind hierbei die großen Vorräte, die sich direkt bei den Verbrauchern befinden. Denn die privaten Haushalte „lagern“ in Heizöltanks und auch in ihren Autos beachtliche Mengen Mineralölprodukte. Und auch Tankstellen und Heizölhändler verfügen über erhebliche Bestände, ebenso wie die Mineralölwirtschaft. Laut der ETR-Studie entspricht die insgesamt in Deutschland gelagerte Energiemenge an Mineralölprodukten und Rohöl schätzungsweise 535 Terawattstunden (TWh).

Das ist mehr als der jährliche Stromverbrauch in Deutschland.

Daher ist es folgerichtig, die CO<sub>2</sub>-Reduktion in den Sektoren Mobilität und Wärmeversorgung nicht allein über eine weitere Elektrifizierung, sondern auch mit zunehmend treibhausgasneutralen flüssigen Energieträgern voranzutreiben. Für solche alternativen Kraft- und Brennstoffe kann die heute vorhandene Infrastruktur – von der Pipeline bis zum Tanklager, von der Tankstelle bis hin zum klassischen Heizöltank im Keller – weiter genutzt werden. Denn sie lassen sich bisherigen

## „Die Energiedichte flüssiger Kraft- und Brennstoffe ist mehr als 20-mal höher als zum Beispiel die einer Lithium-Ionen-Batterie.“

Adrian Willig, IWO-Geschäftsführer

Energieträgern wie Benzin, Diesel oder Heizöl problemlos beimischen. Je höher der Anteil der neuen Brenn- und Kraftstoffe mit der Zeit steigt, desto stärker werden auch die Treibhausgasemissionen reduziert.

## Lösung für die Stromspeicherung

Ähnlich sieht es Stefan Thiel, Leiter Vertrieb beim Heizsystemanbieter Buderus: „Synthetische Kraft- und Brennstoffe können eine echte Alternative zur Vision der weitestgehenden Elektrifizierung im Verkehrssektor und bei der Gebäudebeheizung sein“, betont er. „Sie sind CO<sub>2</sub>-neutral und leisten damit einen wichtigen Beitrag, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Außerdem eröffnet sich mit ihnen eine Möglichkeit, das Speicherproblem von Energie aus Sonne und Windkraft zu lösen.“

In der Verwendung von erneuerbarem Strom zur Erzeugung von Wasserstoff, der mit Kohlenstoff oder Biomasse zu erneuerbaren flüssigen Energieträgern umgewandelt wird, besteht eine mögliche Lösung für die mangelnden Stromspeicher. So kann auch grüner Strom aus Regionen mit besonders günstigen Erzeugungsbedingungen umgewandelt und in „verflüssigter“ Form zur Nutzung vorgehalten werden. „Die Energiedichte flüssiger Kraft- und Brennstoffe ist mehr als 20-mal höher als zum Beispiel die einer Lithium-Ionen-Batterie“, so Adrian Willig. „Daher sind sie besonders gut geeignet, um große Energiemengen für längere Zeit bei einem vergleichsweise geringen Raumbedarf zu lagern.“ □

## MEHR SICHERHEIT DURCH NOTSTROM-VERSORGUNG



Flüssige Energieträger sind in vielen sensiblen Bereichen als Back-up unverzichtbar.

Ob Krankenhäuser oder Rechenzentren, Katastrophenschutz, Flughäfen oder auch Kühllhallen: Es gibt viele Einrichtungen, die auch im Notfall funktionsfähig bleiben müssen – und deshalb Notstromaggregate bereithalten, um gewappnet zu sein, falls das öffentliche Stromnetz einmal ausfallen sollte. Um die Einsatzsicherheit der Aggregate zu gewährleisten, ist die Bevorratung mit flüssigen Kraft- oder Brennstoffen in speziellen Lagerbehältern – häufig sogar für eine bestimmte Mindestlaufzeit – vorgeschrieben.

## IMPRESSUM

Herausgeber:  
IWO Institut für Wärme- und Oeltechnik e.V. (IWO)  
Süderstraße 73a, 20097 Hamburg  
Geschäftsführung: Dipl.-Ing. Adrian Willig

Redaktionelle Umsetzung:  
FAZIT Communication GmbH  
Frankenallee 71–81, 60327 Frankfurt am Main  
Geschäftsführung:  
Peter Hintereder, Hannes Ludwig

Redaktion: Benjamin Kleemann-von Gersum,  
Sabine Simon, Christina Lynn Dier,  
Harald Czycholl-Hoch

Grafische Leitung: Oliver Hick-Schulz

Illustrationen: Anton Hallmann (Sepia)

Fotos: S.1 Sergey Nivens/Adobe Stock / S.2 Ilker Canikligil/Adobe Stock / S.3 TUM, KIT, Frank Grätz/Sunfire / S.4 ewi / S.5 Zhu Difeng/Adobe Stock / S.6 Sven Hagolani/Getty Images / S.7 Audi AG / S.8/10 IWO, vzbv, Agora Energiewende, RSG / S.14 Kalyakan/Adobe Stock / S.15 Gorodenkoff/Adobe Stock / S.16 Jan Kopetzky

Repro: F.A.Z. Creative Solutions





BLICK IN DIE ZUKUNFT

# „Die Energiewende braucht Technologieoffenheit.“

Thomas Bareiß, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Wirtschaft und Energie, im Interview.

## Herr Bareiß, wie sieht der ideale Energiemix der Zukunft in Deutschland aus?

Die Energiewende braucht Technologieoffenheit. Niemand fordert eine reine Elektrifizierungsstrategie. Richtig ist, dass die direkte Nutzung von Strom im Rahmen der sogenannten Sektorkopplung ein wichtiger Baustein ist, um unsere Klimaziele im Verkehrs- und Wärmesektor kostengünstig zu erreichen. Synthetische Brennstoffe spielen aber bei einem hohen klimapolitischen Ambitionsniveau eine wichtige Rolle. Sie könnten vor allem in den Bereichen gebraucht werden, die anders nur schwer dekarbonisiert werden können. Hierzu gehören beispielsweise der Luft-, See- und Schwerlastverkehr sowie bestimmte Industrieprozesse. Letztlich brauchen wir im Rahmen der Energiewende beides: die direkte Nutzung von Strom und synthetische Brennstoffe.

## Power-to-Liquid und Power-to-Gas gelten als aussichtsreiche Verfahren, um erneuerbare Kraft- und Brennstoffe zu entwickeln. Was kann die Bundesregierung zur Marktreife beitragen?

Die Bundesregierung will im Rahmen ihres 7. Energieforschungsprogramms Forschung, Entwicklung und Innovation in diesem Bereich

stärken und plant mit einem neuen Förderformat „Reallabore der Energiewende“ den Technologie- und Innovationstransfer bei PtL- und PtG-Technologien zu unterstützen.

## Ohne die Akzeptanz der Verbraucher kann der Klimaschutz nicht gelingen. Wie können die Bürger dabei begleitet werden, die Energiewende im Gebäude- und Verkehrsbereich stärker voranzubringen?

Das ist ein ganz entscheidender Punkt. Die BMWi-Informationskampagne „Deutschland macht's effizient“ für private Haushalte, Unternehmen und Kommunen zeigt Problemlösungs- und Einsparmöglichkeiten auf. Bei unseren Förderprogrammen im Gebäudereich sind eine übersichtliche, einfache Ausgestaltung und ein zügiges, unkompliziertes Antragsverfahren zentral für mich.

## Die Zukunft des Weltklimas wird nicht allein in Deutschland entschieden. Wie wollen Sie die internationale Zusammenarbeit im Energiebereich ausbauen?

Wir müssen zeigen, dass Deutschland die Energiewende wirtschaftlich und versorgungssicher umsetzen kann. Ich war erst kürzlich in San Francisco beim Global Climate Action Summit sowie einer Deutsch-Kalifornischen

Energiekonferenz. Es ist wichtig, dass wir bei solchen Veranstaltungen unsere Auffassungen äußern und persönliche Gespräche führen. Damit können wir viel erreichen. Darüber hinaus engagiert sich die Bundesregierung zum Beispiel in Energiepartnerschaften und der Exportinitiative Energie. □



Mit dem 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“ legt die Bundesregierung ihre Leitlinien für die Energieforschungsförderung der kommenden Jahre fest. Biogene und synthetische Kraftstoffe gehören zum Forschungsspektrum.