

# „Das Energiesystem muss unabhängiger werden!“

Prof. Carsten Agert über Sicherheit und Resilienz unseres Energiesystems

Die Fragen stellte Denise Nüssle.



Bild: DLR

In den vergangenen 25 Jahren hat sich unser Energiesystem fundamental gewandelt, vor allem durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und den Ausstieg aus der Kernenergie. Gleichzeitig zeigen die Kriege in der Ukraine und im Iran, wie abhängig Deutschland und Europa immer noch von Erdöl und Erdgas sind. In Krisensituationen belasten enorm gestiegene Energiepreise Wirtschaft und Gesellschaft besonders. Hinzu kommen neue Gefahren wie Sabotage oder Cyberangriffe. Was braucht es angesichts dieser Herausforderungen, um unser Energiesystem sicherer und resilienter zu machen? Darüber spricht Prof. Carsten Agert, Direktor des DLR-Instituts für Vernetzte Energiesysteme, im Interview.

## Was versteht man unter einem sicheren und resilienten Energiesystem?

Das Energiesystem ist eine wichtige Grundlage unseres gesellschaftlichen Zusammenlebens. Erst bei größeren Ausfällen – wie Anfang des Jahres in Berlin aufgrund eines Kabelbrands – realisieren wir, wie unverzichtbar eine funktionierende Energieversorgung ist. Deshalb müssen wir uns stärker um Resilienz und Sicherheit unseres Energiesystems kümmern. Unter Resilienz versteht man die Fähigkeit, Störungen zu kompensieren, die Funktionsfähigkeit auch bei schwierigen Bedingungen aufrechtzuerhalten, zu lernen und sich anzupassen. Sicherheit beschreibt in diesem Zusammenhang den Schutz vor Bedrohungen wie Cyberangriffen oder Sabotage.

Das Energiesystem umfasst viel mehr als die Stromversorgung, das vergessen wir oft. Es ist auch eine wichtige Grundlage für unsere Mobilität und Kommunikation. Es ermöglicht den Transport von Waren und versorgt uns mit Wärme. Je mehr wir fossile Energieträger durch Strom aus erneuerbaren Ressourcen ersetzen, desto effizienter und sektorenübergreifender können wir agieren: Strom, Wärme, Gasversorgung und die daran anschließenden Verbrauchsfelder – vorneweg der Verkehr – sind dann eng verflochten. So erhalten wir mehr Flexibilität bei der Energienut-

zung, bis weit hinein in industrielle Prozesse. Das hatten wir mit den bisherigen Parallelstrukturen für Strom, Öl und Gas nicht.

## Was hat sich in den vergangenen Jahren verändert und welche Herausforderungen bringt das mit sich?

Grundsätzlich hat sich der Fokus bei der Weiterentwicklung unseres Energiesystems verschoben. Bislang ging es vor allem um Aspekte wie Bezahlbarkeit und Klimaschutz. Mittlerweile stehen auch Sicherheit und Resilienz weit oben auf der Agenda. Das stellt uns vor eine doppelte Herausforderung, denn der Umbauprozess des Energiesystems erfolgt im laufenden Betrieb. Trotzdem darf es zu keinen größeren Ausfällen kommen. Angesichts der aktuellen Sicherheitslage müssen wir uns zudem viel intensiver mit dem Schutz von Anlagen und Infrastruktur auseinandersetzen.

Im Vergleich zu früher gibt es in unserem Energiesystem mehr und vielfältigere Akteure, die elektrische Energie erzeugen und einspeisen. Die Menge an Energie aus erneuerbaren Quellen kann tages- und jahreszeitlich sowie witterungsbedingt schwanken. Als Folge benötigen wir mehr und flexiblere Speichermöglichkeiten und eine moderne Infrastruktur. Diese muss die Komponenten des Systems intelligent miteinander und mit anderen Sektoren – Mobilität oder Industrie – vernetzen. Auch die Steuerung und Regelung eines solchen Energiesystems ist wesentlich anspruchsvoller.

Gleichzeitig stehen politische Entscheidungen an, welche strategische Richtung wir technologisch und wirtschaftlich einschlagen – etwa beim Thema Wasserstoffwirtschaft und bei der Wärmeversorgung. Investitionen im Energiesektor sind langfristig und Vorhaben lassen sich nicht von heute auf morgen umsetzen. Anlagen und Infrastruktur werden über Jahrzehnte im Betrieb sein und sich meist erst mittel- bis langfristig rechnen. Deshalb sind verlässliche regulatorische Rahmenbedingungen elementar.

## PROF. CARSTEN AGERT

... ist seit 28 Jahren in der Energieforschung aktiv und hat sich als Physiker in dieser Zeit unter anderem mit Solarzellen-Materialien, Brennstoffzellensystemen, elektrischen Energietechnologien und Systemanalysen beschäftigt. Er berät regelmäßig und in unterschiedlichen Funktionen die Politik auf Landes- und Bundesebene zu Entscheidungen im Energiebereich. Fossile Energie nutzt er seit Langem nur noch für sein indisches Motorrad.



Carnot-Batterien speichern Strom in Form von Wärme. Das DLR und das CHESTER-Konsortium (Compressed Heat Energy Storage for Energy from Renewable Sources) bauten die weltweit erste Carnot-Batterie auf Basis von Dampfkraft-Prozessen.



Bild links: Blick in den Reaktor eines thermochemischen Kalkspeichers. Hier wird Wärme erzeugt durch die chemische Reaktion von Kalk und Wasser. Mit solchen Systemen lassen sich Gebäude flexibel sowie unabhängig von Öl und Gas heizen.

Bild rechts: Am DLR werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten für Wasserstoff erforscht, beispielsweise für den Betrieb von Brennstoffzellen. Wasserstoff eignet sich zur Speicherung von Energie, aber auch für den effizienten Einsatz im industriellen Bereich.

Bild unten: Bei Katastropheneinsätzen werden aktuell häufig Dieseldieselmotoren eingesetzt. Im Projekt RESCUE entwickelt ein Konsortium aus Industrie und Forschung ein Notstromaggregat auf Basis einer Brennstoffzelle, die sowohl mit Wasserstoff als auch mit Methanol betrieben werden kann. Das DLR testet diese gemeinsam mit dem THW.



Bild: S. 42 (unten) THW

Am Ende vieler unserer Studien und Forschungsarbeiten steht, was wir in der Fachsprache als Transformationspfade bezeichnen: eine wissenschaftlich basierte Auswertung, welche Optionen wir haben, um unser Energiesystem weiterzuentwickeln. Damit liefern wir Politik und Wirtschaft eine Grundlage, um solide und zukunftsfähige Entscheidungen zu treffen.

#### Welche Bedeutung hat das Thema Rohstoffe und deren Verfügbarkeit?

Für viele Zukunftstechnologien im Energie- und Mobilitätssektor benötigen wir die unterschiedlichsten Ressourcen und Rohstoffe. Dazu zählen nutzbares Wasser und geeignete Flächen, aber auch seltene Erden oder Metalle wie Lithium. Über letztere verfügen wir in Deutschland und Europa kaum und kaufen sie auf dem Weltmarkt ein. Hier müssen wir strukturellen Abhängigkeiten besser vorbeugen. Gleiches gilt für technische Produkte. Wir importieren zu einem beträchtlichen Anteil auch Anlagen beziehungsweise Komponenten in die Europäische Union, zum Beispiel Fotovoltaikmodule, Batteriezellen oder Windenergieanlagen. In ihnen sind diese knappen Rohstoffe bereits verbaut. Insofern muss



„Im Vergleich zu den fossilen Rohstoffen sind Sonne und Wind weltweit breiter verteilt. Das bringt uns mehr Flexibilität bei der Wahl unserer Handelspartner.“

Prof. Carsten Agert, DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme

eine umfassende Resilienzstrategie berücksichtigen, dass Lieferengpässe nicht nur auf der Ebene der Rohstoffe auftreten können, sondern auch auf anderen Ebenen der Wertschöpfung.

Am DLR untersuchen wir deshalb, wie es mit der Verfügbarkeit und den Recycling-Möglichkeiten wichtiger Rohstoffe aussieht. Dazu entwickeln wir hochkomplexe Computermodelle. Mit ihnen können wir durchspielen, bei welchen Rohstoffen es unter bestimmten Bedingungen zu Versorgungsengpässen kommen kann und welche Abhängigkeiten sowie wirtschaftlichen Konsequenzen daraus entstehen können.

#### Worauf müssen sich unsere Gesellschaft, Politik und Industrie vorbereiten?

Geopolitische Konflikte zeigen, dass wir Energiesicherheit, das langfristig angelegte Management natürlicher Ressourcen und wirtschaftliche Stabilität zusammen denken müssen. Resilienz bedeutet hier, dass wir die Abhängigkeit von einzelnen Lieferländern oder kritischen Rohstoffen reduzieren müssen. Parallel gilt es, unsere Energiequellen und Handelsbeziehungen zu diversifizieren und eigene Produktions- und Infrastrukturkapazitäten strategisch auszubauen. Gleichzeitig müssen wir Energiesysteme so gestalten, dass sie kurzfristige Schocks besser abfedern können, etwa Lieferausfälle, Preissprünge oder beschädigte Infrastrukturen. Am DLR haben wir beispielsweise detaillierte Modelle der Strom- und Gasnetze, auf deren Basis wir zukünftige, resilientere Systemarchitekturen erforschen. Aber auch bei der zunehmenden Automatisierung und Digitalisierung unserer Stromnetze sind wir aktiv und entwickeln Methoden und Auslegungsstrategien, die einen krisenfesten Betrieb ermöglichen.

Die ökonomische Tragfähigkeit eines Energiesystems spielt ebenfalls eine wesentliche Rolle. Ein System ist nicht resilient, wenn es langfristig nicht finanzierbar oder wettbewerbsfähig ist. Und nicht zu vergessen:

Auch gesellschaftliche Akzeptanz und Partizipation sind grundlegende Eckpfeiler.

#### Welche Rolle spielen die fossilen und erneuerbaren Energien in Bezug auf die Resilienz unseres Energiesystems?

Der mit Abstand wichtigste Faktor in einem sicheren und resilienten Energiesystem ist die Energie selbst. Jede Kilowattstunde, die wir selbst generieren, macht uns ein Stück unabhängiger von globalen Risiken. Sonne und Wind sind Ressourcen, die in Deutschland und Europa in großem Umfang verfügbar sind. Sie stehen bereit – unabhängig von akuten geopolitischen Krisen, Handelskriegen oder stockenden Lieferketten.

Nach wie vor werden wir als dicht besiedelte Industrienation nicht unseren gesamten Energiebedarf selbst bereitstellen können. Doch das ist auch gar nicht das vorrangige Ziel. Vielmehr geht es darum, gemeinsam mit unseren europäischen Partnern die Netzinfrastrukturen für Strom und Wasserstoff zuverlässig zu verknüpfen und mit verlässlichen Drittländern Abkommen über Energieimporte zu schließen. Im Vergleich zu den fossilen Rohstoffen sind Sonne und Wind weltweit breiter verteilt. Das bringt uns mehr Flexibilität bei der Wahl unserer Handelspartner.

#### Hinsichtlich Sicherheit und Resilienz: Ist ein dezentral oder ein zentral aufgestelltes Energiesystem besser?

Weder das eine noch das andere ist per se überlegen. Dezentrale Strukturen mit regionaler, erneuerbarer Erzeugung, Speichern und Flexibilitätsoptionen erhöhen die Robustheit gegenüber Störungen und reduzieren die Abhängigkeit von einzelnen Großanlagen. Mit ihnen können im Krisenfall zukünftig Teilnetze temporär weiterbetrieben werden. Das ist allerdings technisch extrem anspruchsvoll und daher Gegenstand unserer Forschungen.

Zentrale Strukturen wie überregionale Netze, große Speicher und Kraftwerke bieten Vorteile hinsicht-

lich Größe und Effizienz und können regionale Schwankungen ausgleichen. So erhöhen sie die Stabilität des Gesamtsystems, vor allem bei größeren Versorgungsengpässen oder saisonalen Schwankungen – etwa Dunkelflauten. Hohe Resilienz und Sicherheit entstehen deshalb durch die intelligente Kombination beider Ansätze: dezentrale Diversifizierung mit überregionaler Vernetzung – auch auf europäischer Ebene.

#### Wie trägt die DLR-Forschung mit aktuellen Projekten dazu bei, unser Energiesystem resilienter und sicherer zu machen?

Wir untersuchen zum Beispiel, wie man Energiesysteme oder Teilbereiche so auslegt und betreibt, dass sie möglichst widerstandsfähig gegenüber äußeren Einwirkungen sind – und entwickeln die dafür notwendigen Technologien. Dazu zählt insbesondere die Sektorenkopplung zwischen Energie und Verkehr. Wir analysieren auch, wie sich Extremsituationen im Energiebereich auf Märkte und Lieferketten auswirken können. So können wir zuverlässig einschätzen, wo die wichtigen Knackpunkte und Schwachstellen im System sind – bis auf eine gesamteuropäische und sektorübergreifende Ebene. Dafür nutzen wir sehr komplexe, am DLR entwickelte Computermodelle und Simulationen.

In der Netzleitwarte des Forschungslabors DLR\_NESTEC wird die Sicherheit von Energienetzen getestet.



Ein weiteres Beispiel sind Technologien, die die Wahrscheinlichkeit von Blackouts so gering wie möglich halten. Sollte es doch einmal zu einem Ausfall kommen, ermöglichen sie einen schnellen „Schwarzstart“ – auch von immer komplexeren Energiesystemen. Das ist die Fähigkeit von Kraftwerken und Speichern, nach einem vollständigen Stromausfall ohne externe Energiezufuhr aus dem Netz selbstständig wieder anzufahren und den Wiederaufbau des Netzes zu ermöglichen.

Gemeinsam mit dem DLR-Institut für Technische Thermodynamik arbeiten wir derzeit ganz konkret und praxisnah mit Industrie, Wissenschaft und Zivilschutz – hier dem Technischen Hilfswerk – daran, ein zuverlässiges und effizientes „Dual-Fuel-System“ für den Einsatz bei Naturkatastrophen zu entwickeln und umfassend zu erproben. Zentraler Bestandteil dieses neuartigen Notstromaggregats ist eine speziell für diesen Einsatz ausgelegte Brennstoffzelle. Der Clou dabei: Sie kann sowohl mit Wasserstoff als auch mit Methanol betrieben werden, sodass man im Notfall zwei Optionen zur Verfügung hat – jeweils mit stark unterschiedlichen Vor- und Nachteilen bei Herstellung, Lagerung und Transport. Aktuell hängt die Energieversorgung vieler Einrichtungen des Bevölkerungsschutzes noch stark von fossilen Brennstoffen ab. Um diese Abhängigkeit zu reduzieren, benötigt es neue, ausfallsichere und nach Möglichkeit inselnetzfähige Infrastrukturen. Der Vorteil des angesprochenen Brennstoffzellensystems liegt in seiner hohen Effizienz und größeren Flexibilität bei Kraftstoff und Leistung. Am Ende des Projekts wollen wir den Prototyp eines solchen Systems entwickelt haben – alles integriert in einem einfach zu transportierenden Container.

**Denise Nüssle** ist Presseredakteurin im DLR. Sie berichtet vorwiegend über die Forschungsbereiche Energie und Verkehr. Bereits im Studium interessierte sie sich für die Zusammenhänge zwischen Sicherheit und Energie.

Bild: DLR



## Die Zukunft beginnt hier

### Der INNOspace-Masters-Wettbewerb

von Daniel Plaßmann

**S**tar-Trek-Fans wissen sofort Bescheid: Wer sich auf dem Raumschiff Enterprise verletzt, geht auf die Krankenstation. Dort wird die Wunde mit einem Hautregenerator innerhalb von Sekunden geschlossen. Die Realität jedoch sieht anders aus: Offene Wunden heilen in Schwerelosigkeit nur langsam. Verletzt sich eine Person auf der ISS oder während einer möglichen Marsmission, kann es zu schweren Komplikationen kommen.

Die Lösung des Problems ist trotzdem zum Greifen nahe. Noch nicht so elegant wie bei Star Trek, aber für die 2020er-Jahre ziemlich beeindruckend. Ihr Name: StellarHeal. Dabei wird die Wunde mit blutstillenden Fasern und spezialisierten Zellen aufgefüllt, sodass sie schnell und sauber heilen kann.

Die Idee ist so gut, dass sie zu den Gewinnern des jährlichen internationalen Innovationswettbewerbs INNOspace Masters gehört. Genauso wie der ultraleichte Schutzschild von FibreCoat, der Menschen und Elektronik vor kosmischer Strahlung im All schützt, der elektrische Hochschub-

plasmaantrieb der Plasma Rocket Company für Missionen zum Mars oder die Idee von Yank Technologies, mit der sich Mond- und Marsrover selbst unter schwierigsten Bedingungen kabellos aufladen lassen.

#### Ein Wettbewerb, viele Themen

Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR hat INNOspace Masters 2015 ins Leben gerufen und wird in der Umsetzung derzeit unterstützt vom DLR Projektträger und dem Institut für qualifizierende Innovationsforschung und -beratung (IQIB). Seitdem hat der Wettbewerb insgesamt 14,17 Millionen Euro an Preisgeldern und Fördermitteln vergeben und mehr als 130 Gewinnerinnen und Gewinner hervorgebracht. Aktuell kommen jedes Jahr rund 20 weitere hinzu: In den sechs verschiedenen Wettbewerbskategorien – den „Challenges“ – werden jeweils die Top-Drei-Gewinnerinnen und -Gewinner gekürt. Dazu kommt noch die wichtigste Auszeichnung als „Overall Winner“.

Die Bandbreite der eingereichten Ideen reicht von spezifischer Weltraumtechnologie

Gewinnerinnen und Gewinner der Challenge der Deutschen Raumfahrtagentur im DLR des INNOspace-Masters-Wettbewerbs 2024 bei der Preisverleihung in Berlin, links das Team StellarHeal