

ENERGIE UND NACHHALTIGKEIT:

WEGE ZUR **EFFIZIENTEN**

ENERGIENUTZUNG

Energie ist der Motor unserer wirtschaftlichen Entwicklung. Die Wandlung, Speicherung und Verteilung der Energie, insgesamt die Nutzung aller Energieträger, muss künftig in geschlossenen Kreisläufen erfolgen, um unsere Volkswirtschaft nachhaltig zu stützen und unsere hohe Lebensqualität zu sichern.

In den letzten Jahren hat eine Krise die nächste abgelöst und die Volkswirtschaften rund um den Erdball immer wieder aufs Neue herausgefordert. Obwohl es sich vordergründig um Krisen handelt, deren Auslöser in den überbordenden Finanzmärkten liegen, werden die Krisen letztlich ebenso durch die direkte Abhängigkeit unseres Wirtschaftswachstums von der Verfügbarkeit

günstiger Energie beeinflusst. Man hat schon vor langer Zeit festgestellt, dass das Bruttosozialprodukt und der Pro-Kopf-Energieverbrauch direkt miteinander korreliert sind. Steigen die Preise für Energie überproportional an, dann erlahmt das Wirtschaftswachstum sehr rasch, da nicht mehr kostengünstig produziert werden kann, industrielle Investitionen zurückgestellt werden und die Produkte nicht mehr abgesetzt werden können.

Vor allem die Volkswirtschaften in den industrialisierten Ländern hängen stark von fossilen Energieträgern wie Erdöl ab. Es hat sich über die Jahre herausgestellt, dass der Wirtschaftsmotor bei einem Erdölpreis von über 125 Dollar pro Barrel ins Stottern kommt. Diese Abhängigkeit ist umso problematischer, da die fossilen Energieträger noch weitere Nachteile mit sich bringen. Die energetische Nutzung von Kohle, Erdöl und Erdgas für Wohnen, Mobilität und industrielle Produktion führt – sozusagen als Abfallprodukt – zur Freisetzung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂), das in erster Linie für die beobachtete Klimaerwärmung verantwortlich ist – und deren globale Auswirkungen noch kaum bekannt sind. Der rasante Abbau der fossilen Energieträger, die über mehrere hunderttausend Jahre durch Sonnenenergie und Pflanzenmasse gebildet wurden, zur Produktion von Waren und Gütern hat zwar ein rasantes Wirtschaftswachstum ermöglicht, ist aber keineswegs nachhaltig. Denn die Rohstoffreserven sind, wie wir alle wissen, beschränkt und zudem belasten die wachsenden Abfallberge und Mülldeponien zunehmend die Umwelt und unsere Lebensqualität, aber auch die Wirtschaft allgemein.

Für eine dauerhafte Prosperität ist ein Wechsel von dieser linearen Ausbeutung der Reserven hin zu geschlossenen Materialkreisläufen bei den Energieträgern (aber nicht nur hier!) ein Muss. Eine nachhaltige Entwicklung auf hohem Niveau ist in Zukunft nur möglich, wenn Energien gewandelt, gespeichert und in geschlossenen Kreisläufen genutzt werden und unsere Abfälle wiederum als Rohstoffe für die Herstellung neuer Produkte dienen. Unsere Erfahrungen im Bereich der Nahrungsmittelproduktion –

**PROF. DR.
GIAN-LUCA BONA**

ist seit 2009 Direktor der Empa und Professor für Photonik an der ETH Zürich und der EPF Lausanne. Zuvor arbeitete er für die IBM in verschiedenen Bereichen von Forschung und Entwicklung in der Schweiz und den USA. Seit 2013 ist er zudem Präsident der Stiftung Technopark Zürich.

Die Empa ist das interdisziplinäre Forschungs- und Dienstleistungsinstitut für Materialwissenschaften und Technologieentwicklung des ETH-Bereichs. Sie beschäftigt an drei Standorten rund 1000 Mitarbeitende.

www.empa.ch



wo wir bereits seit Generationen derartige geschlossene Kreisläufe kennen – kann uns dabei als eine Art Blaupause für den künftigen Umgang mit Energie dienen.

Dabei gibt es keinen eigentlichen Königsweg, sondern vielmehr eine Vielzahl erneuerbarer Energieträger und -speicher, die es in Zukunft nachhaltig und pragmatisch zu nutzen gilt. Wirklich erneuerbare Energien werden in geschlossenen Kreisläufen in geeigneter Form gespeichert, zum Verbraucher transportiert und dort genutzt. Ob es sich dabei um direkt aus der Sonne via Photovoltaik oder indirekt durch Wind in elektrischen Strom gewandelte Energieflüsse handelt (um nur zwei prominente

Beispiele zu nennen), hängt von den jeweiligen technischen Möglichkeiten und den Rahmenbedingungen ab. Die verschiedenen Energieträger und -speicher unterscheiden sich in ihrer Art (beispielsweise elektrisch oder chemisch) und in der Energiedichte, also der pro Gewichts- oder pro Volumeneinheit gespeicherten Energiemenge, zum Teil beträchtlich. Der bisherige Erfolg der beschränkt vorhandenen fossilen Energieträger liegt in ihrer enormen Energiedichte; dies – sowie ihre einfache Handhabung und direkte Nutzbarkeit – machen Erdöl (mit 13 kWh/kg) und Erdgas zu einer überaus attraktiven Lösung. Biomasse ist im Vergleich dazu etwa dreimal schlechter, aber als regenerativer Energieträger (mit allerdings beschränktem Potenzial) durchaus nicht zu vernachlässigen. Dabei ist es wichtig, darauf zu achten, dass die Produktion sogenannter «Energiepflanzen» nicht mit der Herstellung von Nahrungsmitteln in Konkurrenz tritt.

Der weltweite durchschnittliche Energiebedarf pro Kopf beträgt etwa 3 kg Erdöl pro Tag, in Ländern wie der Schweiz etwa das Dreifache. Dafür wäre hierzulande eine Fläche von rund 500 m² pro Person für die Bereitstellung nachwachsender Biomasse nötig. Im Vergleich dazu wären beim

IDENTITÄT

IDENTITÄT

IDENTITÄT

IDENTITÄT

IDENTITÄT

IDENTITÄT



Wir entwickeln starke Marken

Klare Strategie, modernes Design und überzeugende Kommunikation – die Marke muss einzigartig definiert und über alle Medien hinweg inszeniert werden. Nur eine starke Identität fasziniert und überzeugt Ihre Kunden.

Wir begleiten Sie auf dem Weg zu Ihrem neuen Unternehmensauftritt.

heutigen Stand der Photovoltaik etwa 50 m² pro Kopf nötig, was etwa der durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf in der Schweiz entspricht. Die praktisch nutzbare Dachfläche ist jedoch rund zehn Mal kleiner. Dies zeigt, dass eine dezentrale Versorgung durch Solarstrom in unseren Breitengraden unrealistisch ist.

Ausserdem muss die Energie, die in Zukunft in erster Linie in Form von Elektrizität vorliegt, zunächst gespeichert werden. Heutige Batterien können nur rund 0,2 kWh/kg an elektrischer Energie speichern, was weit unter der Energiedichte chemischer Energieträger wie Erdöl und Erdgas liegt. Selbst wenn wir einst die theoretisch mögliche maximale Energiedichte von 1 kWh/kg erreichen, werden wir bald an die Grenzen der Speicherkapazität von Batterien stossen. Diese Beispiele zeigen, dass die heute bekannten Mittel keine einfachen Lösungen liefern können und dass für die Forschung noch zahlreiche Herausforderungen bestehen.

Grosse Hoffnungen setzt man beispielsweise auf Wasserstoff (H₂), der mit 39 kWh/kg von allen bekannten Brennstoffen die grösste Energiedichte aufweist. Wasserstoff kann durch Elektrolyse aus Wasser mit einer Effizienz von rund 80% gewonnen werden. Den dazu nötigen Strom können Überschuss-solar- oder -windenergie liefern. Als Nebenprodukt entsteht lediglich Sauerstoff (O₂), der in die Atmosphäre entlassen oder sogar industriell genutzt werden kann. Der Wasserstoff wird gespeichert und zum Verbraucher transportiert. Die Nutzung (Verbrennung) von Wasserstoff liefert dann wieder Energie – und Wasser, das über die Atmosphäre an den Anfang des Kreislaufs gelangt.

Die Umsetzung eines derartigen geschlossenen Wasserstoffkreislaufs lässt sich rein technisch heute schon demonstrieren. Die grosse Herausforderung liegt dabei noch in der Speicherung des Wasserstoffs mit hoher Dichte. Heute kann man Wasserstoff mit einer maximalen Dichte von 150 kg/m³ in sogenannten Hydriden – also Wasserstoff-Metall-Verbindungen – speichern, was einer Energiedichte von 7,2 kWh/kg entspricht, also rund der Hälfte der Energiedichte von Erdöl.

Neben der direkten Verbrennung kann Wasserstoff aber auch chemisch genutzt werden, und zwar um aus dem Treibhausgas CO₂ Kohlenwasserstoffe zu synthetisieren. Die Herstellung von synthetischem Treibstoff – der einfachste wäre synthetisches Methan (also Erdgas) – ist bereits möglich, allerdings mit einer sehr tiefen Effizienz von unter 1%, was vor allem an der aufwändigen Extraktion des CO₂ aus der Atmosphäre liegt. Erfolgversprechende Forschungsansätze, um in Zukunft eine wirtschaftliche Realisierung der CO₂-Extraktion zu erreichen, bestehen bei neuartigen Metallhydridoberflächen, die katalytisch wirken. Abschätzungen zeigen, dass die Synthese von Kohlenwasserstoffen mittels Sonnenlicht mit einer 20-mal höheren Effizienz als bei der Photosynthese in der Biomassenproduktion ablaufen kann. Die materialtechnischen Herausforderungen sind allerdings noch gross und eine praktikable (und wirtschaftlich rentable) Hochskalierung der Prozesse muss auch erst noch demonstriert werden. Es besteht also durchaus ein grosses Potenzial, nachhaltige, erneuerbare Energieträger in geschlossenen Kreisläufen zu nutzen, wobei die Hauptherausforderungen materialwissenschaftlicher Natur sind.

In der Zwischenzeit sollten darum vor allem pragmatische Lösungen weiterverfolgt werden, die auch passive Effizienzsteigerungen miteinbeziehen, zum Beispiel durch bessere Wärmedämmung im Bau Mithilfe neuer Materialien. Und in der Mobilität lassen sich durch Leichtbaukonzepte im Automobilbau fossile Treibstoffe noch wesentlich effizienter nutzen.

In all diesen Bereichen (und noch einigen weiteren) arbeiten Empa-Wissenschaftler und -Ingenieure zusammen mit ihren Partnern aus Industrie und Akademie an der Erforschung, Demonstration und Erprobung neuer Technologien und Konzepte. Als Materialforschungsinstitut des ETH-Bereichs hat sie sich auf die Fahne geschrieben, Innovationen für eine nachhaltige (Energie-)Zukunft zu entwickeln.