

*Handwritten notes and a circled number '6' in the top right corner.*

## Das Dorf der Energiepioniere

Wildpoldsried im Allgäu erzeugt mehr Ökostrom, als es verbraucht – ein idealer Ort also, um das intelligente Stromnetz der Zukunft zu testen.

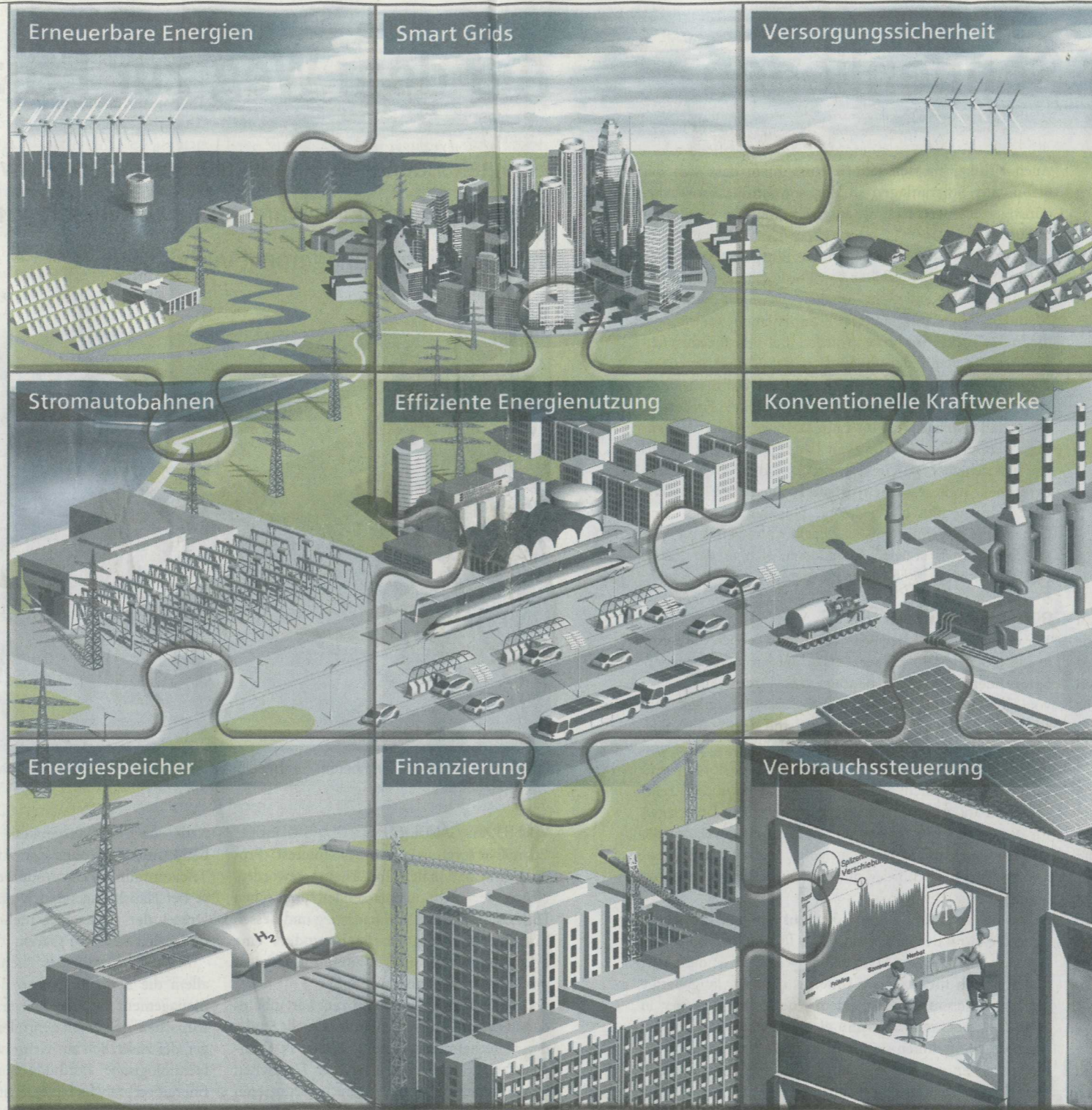
Behende klettert Ignaz Einsiedler die Leiter zu der enormen grauen Blase hoch, die sich über dem mächtigen Tank wölbt. Unter der Gummihaut blubbert eine braune Brühe aus Gras, Mais und anderer Biomasse, vermischt mit etwas Gülle – „wie ein riesiger Kuhmagen“, erklärt der 63-Jährige gestikulierend. Der „Magen“ verdaut die Biomasse zu Methan, das zwei Gasmotoren im Keller verbrennen und zu Strom veredeln. Die elektrische Energie aus der Biogasanlage – und die von drei Photovoltaikanlagen auf dem Dach – speist der Landwirt in das Stromnetz der Allgäuer Überlandwerke GmbH ein.

Ignaz Einsiedler ist Energiepionier, einer von vielen in der 2.500-Seelen-Gemeinde Wildpoldsried im Landkreis Oberallgäu. Fast auf jedem Dach liegen blau schimmernde Solarzellen in der Wintersonne, hinter mehreren Höfen dampfen aus silbrigen Schornsteinen die Abgase der Blockheizkraftwerke, die mit Methan aus der Biomasse-Gärung betrieben werden. Zahlreiche Häuser zapfen Wärme aus der „Dorfheizung“, einem 4,7 Kilometer langen Fernwärmenetz, das Einsiedler in einer Genossenschaft mit anderen Bürgern errichtet und finanziert hat. Anteile an einem Gasnetz, das weitere drei Blockheizkraftwerke versorgt, besitzt der Energiewirt auch, ebenso an den fünf Bürgerwindanlagen, welche die Wildpoldsrieder gemeinsam finanziert haben, ohne auswärtige Investoren.

Der Ort ist ein Vorbild für die Energieversorgung, wie sie in etwa 20 Jahren überall in Deutschland geplant ist. Bis dahin sind allerdings noch viele Hürden zu überwinden, denn mit dem Bau von Solar-, Wind- oder Biogasanlagen allein ist es nicht getan. Der Strom muss auch zu den Verbrauchern geschafft werden. Und es muss eine Instanz geben, die Erzeugung und Verbrauch ausbalanciert. Wildpoldsried hat nämlich zu viel Strom, mit zudem noch schwankender Einspeisung. Ein Smart Grid soll automatisch für die Stabilität im Netz sorgen. Solche intelligenten Stromnetze sind der Schlüssel zur Energiewende, ohne sie würde der weitere Ausbau erneuerbarer Energien die Netze zum Kollaps bringen.

### Intelligente Balance

Herz des Smart Grid in dem Dorf ist SOEASY, ein „Selbstorganisierendes Energieautomatisierungssystem“, das Angebot und Nachfrage intelligent ausbalanciert und das Netz stabil hält. Persönlich



## Neun Maßnahmen für eine erfolgreiche Energiewende

Für einen erfolgreichen Umbau des Energiesystems hin zu nachhaltigen Lösungen müssen vor allem neun Maßnahmenfelder wie in einem Puzzle aufeinander abgestimmt und umgesetzt werden: Effiziente Energienutzung steht oben an – in Gebäuden, Industrie, Haushalten und dem Verkehr. Dann müssen die erneuerbaren Energien technologisch so weit vorangetrieben werden, dass sie zu wettbewerbsfähigen

Nutzern bringen. Dass beispielsweise bei einer Entfernung von 1.400 Kilometern und einer Übertragungsleistung von 5.000 Megawatt rund 95 Prozent des Stroms bei den Verbrauchern ankommen, beweist Siemens mit einer HGÜ in China. Mit herkömmlichen Wechselstromleitungen wären die Verluste zwei- bis dreimal so hoch.

Die Balance zwischen erneuerbaren und fossilen Energien sowie de-

## Wasserstoff macht Karriere

Wind und Sonne liefern nur unregelmäßig Strom – neue Pufferspeicher werden künftig für die Balance im Netz sorgen.

Was für eine Verschwendung! In Norddeutschland bläst der Wind – und viele Rotoren in den Windparks stehen trotzdem still. Bis zu 20 Prozent der Zeit müssen die Anlagen an der Nordseeküste abgeschaltet werden, weil sie sonst mehr Strom produzieren, als gerade gebraucht wird. Hier zeigt sich eine zentrale Herausforderung der erneuerbaren Energien: Ihre Produktion fluktuiert je nach Wetterlage. Anders als bei konventionellen Kraftwerken orientiert sie sich nicht an der Nachfrage. Nach einer Schätzung des Bundesverbandes Windenergie konnte das deutsche Stromnetz im Jahr 2010 rund 150 Gigawattstunden elektrische Energie wegen Überlastung nicht aufnehmen. So kommt es, dass Windräder bei Sturm stillstehen, während bei Flaute ältere, mit Kohle befeuerte Kraftwerke mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen wieder ans Netz müssen. Dieser Effekt wird umso größer, je höher der Anteil von Wind- und Sonnenstrom in Deutschland ist – immerhin sollen nach den Plänen der Bundesregierung bis 2030 rund die Hälfte und bis 2050 etwa 80 Prozent des Strombedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Ohne große Speicher ist dieses Ziel nicht zu erreichen: Sie müssen überschüssige Energie aufnehmen – etwa bei starkem Wind – und später bei Bedarf wieder ins Netz einspeisen.

Eine zentrale Rolle bei der Stromspeicherung soll die Elektrolyse spielen. Bei diesem Prozess wird Wasser durch elektrischen Strom in Sauerstoff und Wasserstoff aufgespalten. Bei einem Druck von 200 Bar hat das Gas eine ähnliche Energiedichte wie eine Lithium-Ionen-Batterie. Damit lassen sich große Energiemengen speichern, etwa in unterirdischen Kavernen in Salzstöcken. Der Wasserstoff lässt sich aber nicht nur in geeigneten Depots speichern und später in Gasturbinen wieder in elektrische Energie verwandeln („Rückverstromung“) – er kann auch direkt ins Erdgasnetz eingespeist (maximal fünf Prozent des Volumens) oder in einem weiteren Schritt in Erdgas umgewandelt werden („Methanisierung“). Danach stünde die komplette deutsche Erdgas-Infrastruktur mit ihren Speichern und Pipelines als Puffer zur Verfügung – sie kann 200.000 GWh Energie aufnehmen, was dem Dreifachen des 2011 erzeugten Wind- und Solarstroms entspricht. Der aus zeitweise überschüssiger Energie erzeugte Wasserstoff lässt sich aber auch ohne Umwege direkt nutzen. So werden

che lokale Energie-Agenten – autonome Software-Module – regeln die Interaktion von dezentralen Verbrauchern und Erzeugern mit dem Netz. Jeder Prosumer hat so einen PEA, mit dem er über einen Marktplatz zentrale Dienste wie Wettervorhersage oder Betriebsoptimierung buchen kann. Andere Software-Module überwachen den Netzzustand in Echtzeit, sichern die Netzstabilität und planen wichtige Anpassungen, etwa an das Wetter, Stunden bis Tage im Voraus. All diese Software-Agenten arbeiten eng verzahnt und automatisch. Sie steuern zum Beispiel die neuen regelbaren Ortsnetztrafos oder Batteriespeicher, die demnächst eingebaut werden, aber auch die Wechselrichter in Photovoltaikanlagen, damit die Spannungsqualität gewähr-



Ökopioniere: Wildpoldsried produziert dreimal so viel Strom, wie der Ort selbst verbraucht.

leistet ist. Bis zum Projektende wird auch eine Strombörse realisiert, über die jeder Agent Strom handeln kann.

Eine weitere Besonderheit sind die 32 Elektroautos, die den Strompionieren zur Verfügung gestellt wurden. Die Fahrzeuge sind ins Smart Grid integriert und lassen sich damit auch als Puffer für elektrische Energie nutzen. Herrscht Stromüberfluss, werden die Akkus der Autos bevorzugt geladen. In künftigen Projekten sollen zudem rückspesiefähige Autos untersucht werden, deren Akkus bei Strommangel wiederum Energie ins Netz zurückspeisen können.

Bis 2020 will der Ort seinen kompletten Strom- und Wärmebedarf selbst erzeugen. Schon gibt es Ideen, mittels Windstrom aus CO<sub>2</sub> und Wasser Erdgas zu erzeugen. Und wenn die geliehenen Elektroautos wieder abgezogen werden, planen einige der Strompioniere die Anschaffung eigener E-Autos. Die würden dann wirklich ohne Emissionen fahren, denn Ökostrom gibt es in Wildpoldsried ja genug. ■

Preisen Strom produzieren und über Fernnetze in die Verbrauchszentren liefern können. Da auch auf lange Sicht noch konventionelle Kraftwerke Grundlaststrom liefern werden, müssen diese möglichst effizient funktionieren, und ihre Treibhausgase müssen bei Kohlekraftwerken abgetrennt und gelagert oder industriell genutzt werden. Weltmeister in Sachen Effizienz sind Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke, die noch einen weiteren Vorteil haben: Sie können sehr schnell hochgefahren werden und immer dann einspringen, wenn die Stromerzeugung durch Wind und Sonne dem Bedarf nicht gerecht werden kann. Damit tragen sie erheblich zur Versorgungssicherheit bei.

Erneuerbare Energien sollten vor allem dort genutzt werden, wo sie reichlich anfallen: Wind auf dem offenen Meer und Sonne in heißen Gegenden. Mit Stromautobahnen wie der Hochspannungsgleichstrom-Übertragung (HGÜ) lässt sich die Energie ohne große Verluste zu den

## Das Haus denkt mit beim Stromsparen

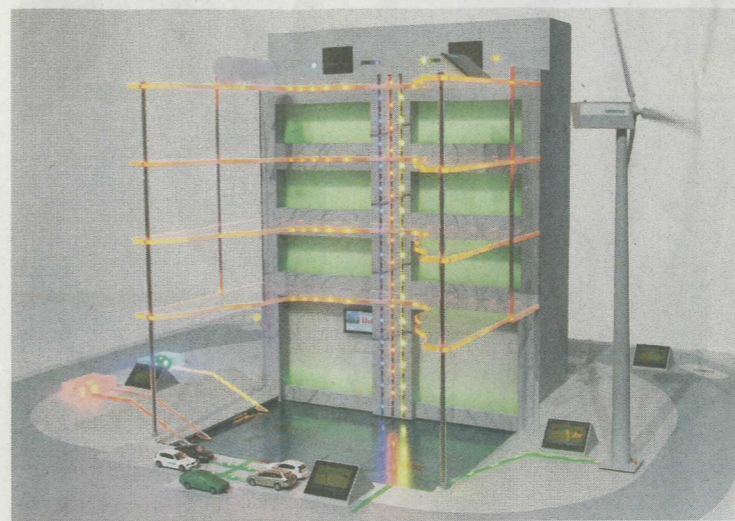
Künftig sollen intelligente Gebäude ihren Stromverbrauch selbstständig dem schwankenden Angebot an Sonnen- und Windstrom anpassen. Eine aktuelle Studie belegt die technische Machbarkeit. So kann man Lüftungen oder Pumpen zeitweise abschalten, ohne dass der Wohnkomfort leidet. Doch es zeichnet sich noch ein ganz anderer Baustein im Mosaik der Lösungen ab. Hierfür wäre nicht viel mehr als eine ausgeklügelte Software nötig. „Lastverschiebung“ heißt das Zauberwort. Die Idee besteht darin, elektrische Verbraucher, also Lasten, in Gebäuden so zu steuern, dass sie vor allem dann auftreten, wenn Windräder und Photovoltaik-Module Strom im Überfluss liefern, denn dann ist der Strom billig. Bei Dunkelheit oder Flaute würden sich die elektrischen Geräte, soweit möglich, hingegen abschalten. Das wäre ein Paradigmenwechsel, denn heutzutage richten Gas- und Kohlekraftwerke ihre Erzeugung am Verbraucher aus, an dem, was Haushalte, Fabriken und Büros benötigen. Künftig wäre es genau umgekehrt. Die Gebäude würden ihren Stromverbrauch nach dem Energieangebot ausrichten: Der Verbrauch folgt also der Produktion.

Dass sich in verschiedenen Gebäudetypen eine Reihe technischer Anlagen relativ flexibel aus- und wieder einschalten lassen, haben Forscher der Technischen Universität München (TUM) in Kooperation mit Siemens Building Technologies herausgefunden. Die Experten haben dazu mehrere Monate lang die Daten aus Gebäudeleitzentralen aufgezeichnet, die Stärke der Lüftung, die Aktivität von Wasserpumpen oder die Messwerte von Temperaturfühlern in den Räumen. Wie schnell heizt sich etwa ein Büro in Leichtbauweise auf, wenn man die Gebäudekühlung abschaltet? Vor allem in Bürogebäuden ist das Lastverschiebungspotenzial hoch. So lässt sich etwa die Lüftung in normal besetzten Büros bis zu einer halben Stunde komplett abschalten, ohne dass es stickig wird. Eine Maßnahme, die mehrmals am Tage wiederholt werden kann. Ähnliches gilt für die Lüftung in Tiefgaragen. Die Forscher untersuchten auch, wie oft und vor allem wie schnell die Aufzüge in Bürogebäuden fahren. Abgesehen von den Stoßzeiten morgens und abends lässt sich die Geschwindigkeit für mehrere Stunden täglich drosseln, was den Strombedarf um rund zehn Prozent reduzieren kann. Wie sich zeigte, nehmen die Nutzer das verringerte Tempo nicht als störend wahr.

Ist in einem Gebäude eine Brauchwasseranlage installiert, die zum Beispiel die Toilettenspülung versorgt, ergibt sich eine weitere Möglich-

keitszentralen Kleinanlagen und Großkraftwerken funktioniert nur mit Hilfe von Energiespeichern. Sie können den überschüssigen Strom von fluktuierenden Energiequellen wie Solar und Wind kurzfristig zwischenspeichern und bei Bedarf zur Verfügung stellen. Das Stromnetz der Zukunft wird deswegen ein intelligentes Netz, ein sogenanntes Smart Grid, sein müssen, das Erzeugung und Verbrauch stabilisiert. Zudem soll künftig zum Beispiel intelligente Gebäudetechnik automatisch und ohne Komfortverlust für die Energiekonsumenten Geräte ein- und ausschalten können und so den Energieverbrauch und die Kosten für jeden Kunden optimieren – und für alles sind kluge Finanzierungsmodelle notwendig.

Alle neun Maßnahmen müssen wie Puzzleteile perfekt ineinandergreifen, damit der Wandel zu einer nachhaltigen Energieversorgung gelingt und auch morgen noch der Strom zuverlässig und kostengünstig aus der Steckdose kommt. ■



Smartes Haus: Künftig passen Gebäude ihren Stromverbrauch selbstständig an das aktuelle Angebot an.

keit, Lasten zu verschieben. Die Pumpen, mit denen die Brauchwassertanks gefüllt werden, können mit bis zu zwölf Stunden Verspätung angeworfen werden, ohne dass sich die Tanks vorzeitig leeren. Im Krankenhaus wiederum sind die Aufzüge sowie die Reinigungs- und Sterilisationsgeräte für Operationsbesteck von Interesse. Das größte Lastverschiebungspotenzial in Hallenbädern bieten die Kompressoren der Luftentfeuchtungsanlage, die sich gar für mehrere Stunden abschalten lassen. Auch die Ozon- und UV-Anlagen für die Wasserreinigung lassen sich für Stunden herunterfahren.

Software soll in Zukunft die Gebäudeleittechnik auch nach dem Stromangebot steuern können. Seit 2011 sind die Energieversorger in Deutschland verpflichtet, variable Stromtarife anzubieten, die sich im Laufe des Tages gemäß Angebot und Nachfrage ändern. Kurzfristige Preisänderungen lässt das System noch nicht zu. Genau das erwarten Experten für die nahe Zukunft – einen Strompreis, der sich schnell ändern kann. In einem solchen Szenario würde die Gebäudeleittechnik bestimmte technische Geräte ausschalten, wenn der Strombedarf hoch ist. Denn dann ist der Strom teuer – etwa in den Abendstunden oder morgens, wenn Fön, Toaster und Heißwasserboiler angeschaltet werden. Dank des aktuellen Strompreissignals wird die Gebäudeleittechnik Pumpen oder Ventilatoren vor allem dann einschalten, wenn Sonnen- und Windstrom ins Netz fluten und der Strompreis sinkt. ■

beispielsweise brennstoffzellenbetriebene Fahrzeuge mit Wasserstoff angetrieben. Deckt man den in Zukunft erwarteten Treibstoffbedarf über Wasserstoff, der aus regenerativen Energien erzeugt wurde, so ist der Schritt in eine nahezu klimaneutrale Mobilität nicht mehr groß.

## Flexible Wasserstofffabrik

Wasserstoff und Methan wären also bestens geeignet, den überschüssigen Ökostrom „zwischenzuspeichern“ oder ihn ohne weiteren Zwischenschritt in der Industrie oder im Straßenverkehr zu nutzen. Trotz des viel diskutierten Wirkungsgradverlustes bei der Umwandlung von elektrischer Energie in Wasserstoff ist das eine bessere Alternative, als die regenerativen Energiequellen vom



Wasserstoff aus Windstrom kann auch große Energiemengen speichern.

Netz zu nehmen. Ein erwünschter Nebeneffekt der Elektrolysetechnologie ist ihre Einsatzfähigkeit als Regellast. Somit lässt sie sich auch netzstabilisierend betreiben. Voraussetzung ist eine Technologie, die dynamisch arbeitet und dabei auch wirtschaftlich betrieben werden kann. Die neuartigen PEM-Elektrolyseure (Proton Exchange Membrane) von Siemens sollen das leisten: Sie eignen sich für hohe Leistungen und können schnell auf die Stromproduktion von Wind- und Solaranlagen reagieren. Nach erfolgreichen Laborversuchen entstehen derzeit Demonstrationsanlagen, die 0,1 bis 0,3 MW elektrische Leistung aufnehmen und daraus Wasserstoff produzieren. In den nächsten Jahren sollen erste kommerzielle Anlagen mit einer Leistung von zwei bis sechs MW folgen, und später könnten dann Elektrolyseure der 100-MW-Klasse überschüssigen Strom von Windparks in Gas verwandeln. Damit wären dann große Pufferspeicher realisierbar, die auch in Zukunft das Gleichgewicht in unseren Stromnetzen sicherstellen. ■