

ILLUSTRATION STEPHAN LIECHTI

**Serie: Erziehung**  
Worauf es bei der Erziehung der Kinder wirklich ankommt **52**

**Smartphones**  
Gut und teuer: Die neuen iPhones von Apple im ausführlichen Test **54**



ERWIN WODICKA / DDP

Ein konsequenter Ausbau von Wind- und Solarkraft würde im Sommer zu einem Überangebot von Strom führen.

**D**er Ausbau der erneuerbaren Energien soll einen klimafreundlichen Ausstieg aus der Kernenergie ermöglichen. Aus der Sicht eines Umweltpolitikers klingt das gut. Aus der Sicht eines Ingenieurs, der die technischen Probleme lösen muss, weniger. Denn während Atomkraftwerke 8000 Stunden im Jahr Strom produzieren, sind Windkraft- und Solaranlagen vom Wetter und der Tageszeit abhängig. Photovoltaikanlagen etwa liefern nur über die Mittagsstunden ihre volle Leistung, also eher 1000 als 8000 Stunden pro Jahr.

Um die gleiche Energiemenge zu erzeugen, muss die installierte Leistung von Solar- und Windkraftanlagen folglich viel höher sein als die der abzuschaltenden Kernkraftwerke. Die Potenziale dazu sind vorhanden, wie eine Veröffentlichung des Bundesamts für Energie (BfE) aus dieser Woche zeigt. Allein auf den Hausdächern der Schweiz liesse sich theoretisch Solarstrom mit einer Spitzenleistung von 50 Gigawatt produzieren. Das ist beeindruckend aber gleichzeitig auch ein Problem, weil die elektrischen Verbraucher im Sommer nur eine Leistung von maximal 5 Gigawatt beanspruchen. Die theoretisch möglichen 50 Gigawatt Solarstrom wären im Strommarkt also nicht nutzbar.

In Deutschland ist der überschüssige Strom aus Windkraftanlagen schon heute Realität: Wenn der Wind weht, müssen die Windräder bisweilen abgeschaltet werden, weil der Verbrauch nicht hoch genug ist. Geld für die potenziell mögliche, aber nicht produzierte Leistung bekommen die Kraftwerksbetreiber aber trotzdem: Über 600 Millionen Euro hat dies die deutschen Stromkonsumenten 2017 gekostet - eine Summe, die buchstäblich in den Wind geschrieben wurde.

Deswegen wäre es auch in der Schweiz wichtig, den überschüssigen Strom zu speichern. Pumpspeicherseen sind dazu ideal geeignet. Sie lassen sich in der Schweiz aber kaum mehr ausbauen. Zusätzlich kommen auch Batterien in Frage - entweder stationär im Netz oder in Elektrofahrzeugen. Das Speicherproblem lösen werden Batterien aber nicht, weil ihre Kapazität nicht ausreicht und weil sie genau dann auf den Strassen sind, wenn die Sonne scheint. Geladen werden ihre Batterien bevorzugt nachts in der Garage.

Was also tun? Die derzeit einzige Möglichkeit ist die sogenannte Power-to-Gas-Technik. Dabei nutzt man den elektrischen Strom, Wassermoleküle zunächst in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) per Elektrolyse zu spalten. Mit dem Wasserstoff kann man Brennstoffzellen-Fahrzeuge betreiben. Oder man stellt daraus unter Hinzunahme von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) synthetisches Erdgas (Methan, CH<sub>4</sub>) her. Das Methan kann man ohne Einschränkung in die bestehenden Erdgasnetze einspeisen und bei Bedarf langfristig speichern. Es ist

Fortsetzung Seite 51

# Ein neuer Speicher für Solarstrom

Die Hochschule Rapperswil eröffnet nächste Woche eine Forschungsanlage, die Erdgas mit Strom aus erneuerbaren Quellen herstellen wird. Damit könnten Erdgasfahrzeuge klimaneutral fahren. **Von Andreas Hirstein**



Ein neuer...

Fortsetzung von Seite 49

zudem klimafreundlich, weil beim Verbrennen nur so viel CO<sub>2</sub> entsteht, wie der Atmosphäre zuvor entzogen wurde.

Die Hochschule für Technik in Rapperswil (HSR) wird in der kommenden Woche eine neue Power-to-Gas-Forschungsanlage eröffnen, die direkt mit dem lokalen Erdgasnetz verbunden ist. Das für die Methansynthese notwendige Kohlendioxid entnimmt das System direkt der Umgebungsluft. «Man könnte das CO<sub>2</sub> auch aus den Abgasen von Kehrlichtverbrennungsanlagen oder Zementwerken beziehen», sagt Markus Friedl, Professor am Institut für Energietechnik.

Das Methan aus Power-to-Gas-Anlagen ist heute noch sehr viel teurer als fossiles Erdgas. Sein Preis wird massgeblich durch den Strompreis bestimmt. Deshalb ist wichtig, dass die Elektrolyse des Wassers und die anschliessende Herstellung von Methan, die sogenannte Methanisierung, möglichst effizient sind. Üblich sind heute Wirkungsgrade des Verfahrens von rund 50 Prozent. Das bedeutet, dass der Brennwert des hergestellten Methans noch halb so hoch ist wie die insgesamt aufgewendete elektrische Energie. «Wir wollen einen Wirkungsgrad von 70 Prozent erreichen», sagt die Physik-Ingenieurin Sandra Moebus, die zusammen mit dem Projektleiter Luiz Carlos R. de Sousa an dem Projekt arbeitet.

Die hohe Effizienz beruht auf der Elektrolyse bei hohen Temperaturen von mehreren hundert Grad. «Wir nutzen einen keramischen Elektrolyseur, der die Abwärme des Methanisierungs-Prozesses nutzt und daher weniger Strom verbraucht», sagt Friedl (vgl. Grafik). Ein ähnliches Verfahren hat auch das Karlsruher Institut für Technik (KIT) erprobt und dabei einen Wirkungsgrad von 75 Prozent erreicht - ebenfalls in einer noch relativ kleinen Forschungsanlage. Im grosstechnischen Massstab liesse sich der Wirkungsgrad

PAUL LANGROCK/LAIF/KESTONE



Die Gaskugelspeicher werden heute genutzt, um Lastspitzen einer Grossstadt zu decken. (Aachen, 18. April 2011)

auf über 80 Prozent steigern, schreiben die Karlsruher Wissenschaftler in ihrem Abschlussbericht.

Davon jedoch ist die Hochtemperatur-Elektrolyse noch weit entfernt. «Die Technik ist in den letzten Jahren nur schleichend vorangekommen», sagt Detlef Stolten, Professor an der RWTH Aachen und am Forschungszentrum Jülich. Weltweit gebe es noch keine grosse Versuchsanlage. «Das Problem sind die Temperaturschwankungen beim An- und Abschalten der Anlagen. Sie

führen zu mechanischen Spannungen und verkürzen die Lebensdauer der Keramiken.»

Und das ist ein Problem, weil der Zweck der Power-to-Gas-Anlagen ja gerade darin läge, den fluktuierenden erneuerbaren Strom zu nutzen. Sie sollten folglich nur dann im Betrieb sein, wenn im Stromnetz ein Überangebot vorliegt. Nur dann sind die Elektrizitätspreise ausreichend niedrig. Stolten ist skeptisch, dass ein ausreichend variabler Betrieb mit keramischen Elektrolyseuren im grossen Massstab möglich sein wird. Herkömmliche Elektrolyseure seien für Power-to-Gas-Anwendungen besser geeignet.

Sandra Moebus sieht es anders. «Es gibt verschiedene Betriebszustände, die wir uns ansehen werden», sagt sie. Eventuell wird man die Hochtemperatur-Elektrolyse selten ausschalten, sondern möglichst in einem Stand-by-Zustand halten. Das würde thermische Spannungen reduzieren und möglicherweise die Lebensdauer der Zellen vergrössern. Es könnte allerdings den Gesamtwirkungsgrad der Anlage verschlechtern und die Technik für den grosstechnischen Einsatz verteuern. Und um grosse Energiemengen würde es bei einem erfolgreichen Umstieg auf erneuerbare Energie in der Tat gehen.

«Rund 10 Terrawattstunden erneuerbarer Strom werden im Strommarkt nicht nutzbar sein, wenn die Schweiz die Hälfte ihres theoretischen Solarstrompotenzials ausschöpft», schätzt Christian Bach vom Forschungszentrum Empa in Dübendorf. Diese Energiemenge entspricht ungefähr der Jahrespro-

Power-to-Gas

80%

Mit einem Wirkungsgrad von bis zu 80 Prozent kann man elektrischen Strom in Erdgas umwandeln.

10<sub>TWh</sub>

So gross könnte der Überschuss an elektrischer Energie in den Sommermonaten werden. Das entspricht der Jahresproduktion des Kernkraftwerks Leibstadt.

duktion des grössten schweizerischen Kernkraftwerks in Leibstadt.

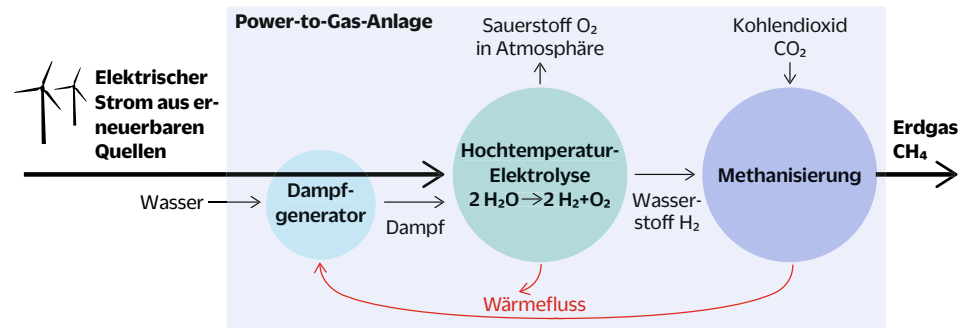
Berücksichtigt dabei ist bereits, dass mit Solarstrom tagsüber Batterien im Stromnetz aufgeladen werden und Wasser in Stauseen gepumpt wird, um den Stromverbrauch während der Nacht zu decken. «Im Sommer würde es fast durchgehend ein Überangebot geben», sagt Bach. Power-to-Gas-Anlagen müssen daher so konzipiert werden, dass sie nur in den Sommermonaten laufen. Sie müssen sich betriebswirtschaftlich demnach rechnen, obwohl sie nur während ungefähr 4000 Stunden pro Jahr laufen.

«Statt fossile Treibstoffe zu importieren, sollte die Überschusselektrizität genutzt werden, um Wasserstoff, Methan oder flüssige Treibstoffe für den Antrieb von Fahrzeugen zu produzieren», sagt Bach. Insgesamt könnten auf diese Weise mehrere 100 000 Fahrzeuge mit einheimischer, im Strommarkt nicht nutzbarer Energie betrieben werden - erneuerbare Energie, die abgeregelt werden müsste oder mangels eines Marktes gar nicht erst aufgebaut würde.

Technisch möglich wäre auch eine Rückverstromung des Methans in Gas-Kombikraftwerken. Wirtschaftlich wäre diese Stromproduktion jedoch nicht, weil für Treibstoffe im Markt mehr bezahlt wird als für Elektrizität. Für die Stromproduktion ist synthetisches Methan daher auf absehbare Zeit zu teuer. Als klimafreundlicher Treibstoff für Erdgasfahrzeuge könnte es aber eine Chance haben.

Aus Strom wird Erdgas

So funktioniert die Herstellung von Methan



Beim Power-to-Gas-Verfahren wird Wasser (H<sub>2</sub>O) zunächst durch Elektrolyse in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten. Aus Wasserstoff und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wird anschliessend Methan (CH<sub>4</sub>) hergestellt.

Die Abwärme der Prozesse wird genutzt, um Dampf zu erzeugen, der die Elektrolyse bei hohen Temperaturen mit niedrigen Verlusten (Wirkungsgrad rund 70%) ermöglicht.

Quelle: HSR

Neues aus der Wissenschaft

Bomben veränderten die Ionosphäre

Als die Alliierten im Zweiten Weltkrieg massive Bombenangriffe auf Deutschland flogen, blieben von vielen Städten nur noch Schutthäufen übrig. Die durch die Detonationen ausgelösten Schockwellen waren so gewaltig, dass ihre Auswirkungen sogar in der Ionosphäre, der obersten Schicht der Erdatmosphäre, in bis zu 1000 Kilometer Höhe zu beobachten waren, wie eine britische Studie jetzt gezeigt hat («Annales Geophysicae», online). Demnach verminderten



die Schockwellen nach den Bombardierungen die Menge der freien Elektronen in der Ionosphäre in beträchtlichem Ausmass. Das haben die Wissenschaftler in alten Aufzeichnungen eines Forschungszentrums im südenglischen Slough festgestellt. Laut den Forschern entfesselte jeder einzelne Bombenangriff auf Deutschland eine Energie, wie sie bei 300 Blitzeinschlägen entsteht. (pim.)

Giftstoff PCB bedroht die Hälfte aller Orcas

Die giftige Industriechemikalie PCB ist in den USA und in Europa seit mehr als dreissig Jahren verboten. Doch noch immer ist sie eine tödliche Bedrohung für Tiere an der Spitze der Nahrungskette wie Orcas. Bei den Meeressäugern lagert sich PCB im Fettgewebe ab, zudem wird es von Muttertieren auf Kälber übertragen. Nun haben Forscher Daten zur Belastung der Tiere gesammelt («Science», online). Gemäss ihren Berechnungen könnte die Hälfte der Orcas weltweit in den nächsten Jahrzehnten am Umweltgift zugrunde



gehen. Die höchsten PCB-Konzentrationen treten in den Gewässern bei Japan, Brasilien, Grossbritannien und in der Strasse von Gibraltar auf. (mna.)

Wüstenameisen können es riechen

Die nordafrikanischen Wüstenameisen (Cataglyphis fortis) sind berühmt für ihren hervorragenden Orientierungssinn - anhand des Sonnenstands finden sie bei der Nahrungssuche stets den direkten Weg zu ihrem Nest zurück. Jetzt haben deutsche Biologen festgestellt, dass die Wüstenameisen auch über einen äusserst feinen Geruchssinn verfügen («Pnas», online). Experimente haben gezeigt, dass die Insekten in der Lage sind, Nah-

runqsquellen an ihrem Duft zu lokalisieren und vor allem sich eine grosse Zahl von Düften für den Rest ihres Leben zu merken. Zwar erkennen die Tiere auch ihr eigenes Nest am Duft, allerdings können sie sich diesen Geruch nur schwer merken und vergessen ihn ziemlich schnell wieder. Das sei sinnvoll, so die Forscher. Potenzielle Nahrung ändere sich, das Nest aber bleibe meist bestehen. (pim.)

Warum die Haut im Alter besser vernarbt

Seit langem fragen sich Forscher, weshalb Wunden bei älteren Menschen mit weniger Narben verheilen als bei jüngeren. Nun haben Dermatologen eine mögliche Antwort gefunden («Cell Reports», online). Bei Experimenten mit Mäusen und an menschlicher Haut konnten sie zeigen, dass ein Signalmolekül im Blut junger Tiere das Narbenwachstum verstärkt. Bei älteren Mäusen wird die Substanz nicht mehr ins Blut abgegeben. Auch menschliche Haut vernarbt besser, wenn die Substanz nicht zugegen ist. (mna.)

Mutige Vögel sind treuere Partner

Nicht nur unter Menschen, auch unter Vögeln läuft Dating unterschiedlich. So fand ein Team der Uni Oxford heraus, dass mutige, proaktive Kohlmeisen-Männchen ihre zukünftigen Partnerin-

nen früher wählen und sich schon vor Beginn der Brutsaison um die Beziehung kümmern. Ihre schüchternen Artgenossen hingegen beschäftigen sich weniger mit dem Aufbau einer starken Paarbindung und verbringen stattdessen Zeit mit verschiedenen Weibchen. (ruf.)

Schluss-Strich von Nicolas Mahler

