

Energie-/Lastmanagement mit dezentralen Einspeisern

H. Buers, Berlin

Die zentrale Energieeinspeisung durch große konventionelle Kraftwerke wird in zunehmendem Maße zugunsten kleinerer dezentral einspeisender Stromerzeuger wie beispielsweise Photovoltaik-, Windenergie- und BHKW-Anlagen zurückgedrängt. Damit kommt es aber wegen der Wetterabhängigkeit von PV- und Windenergieanlagen zu einem schwankenden Energiedargebot, das mit Hilfe moderner Energiemanagementsysteme sowohl auf der Erzeuger- als auch der Verbraucherseite ausgeglichen werden muss. Neu in solchen Konzepten sind Energiespeicher, die in Zukunft eine viel größere Rolle spielen werden als bisher.

den Bereich der Stromerzeugung eine bedeutende Rolle:

- die Novellierung des KWK-Gesetzes mit dem Ziel, den Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromerzeugung bis 2020 auf 25 % zu verdoppeln, und
 - der Ausbau des Anteils der erneuerbaren Energien im Strombereich von derzeit rund 14 % auf 25 bis 30 % bis zum Jahre 2020.
- Die Zielsetzungen des IKEP für den Strombereich folgen der Erkenntnis, dass die ehrgeizigen Ziele der Klimaschutzpolitik nur erreicht werden können, wenn mindestens die zwei folgenden Wege beschritten werden:
- Erstens müssen die genutzten Primärenergieressourcen mit einem höheren Wirkungsgrad umgewandelt werden. Stromerzeugungsanlagen mit Kraft-Wärme-Kopp-

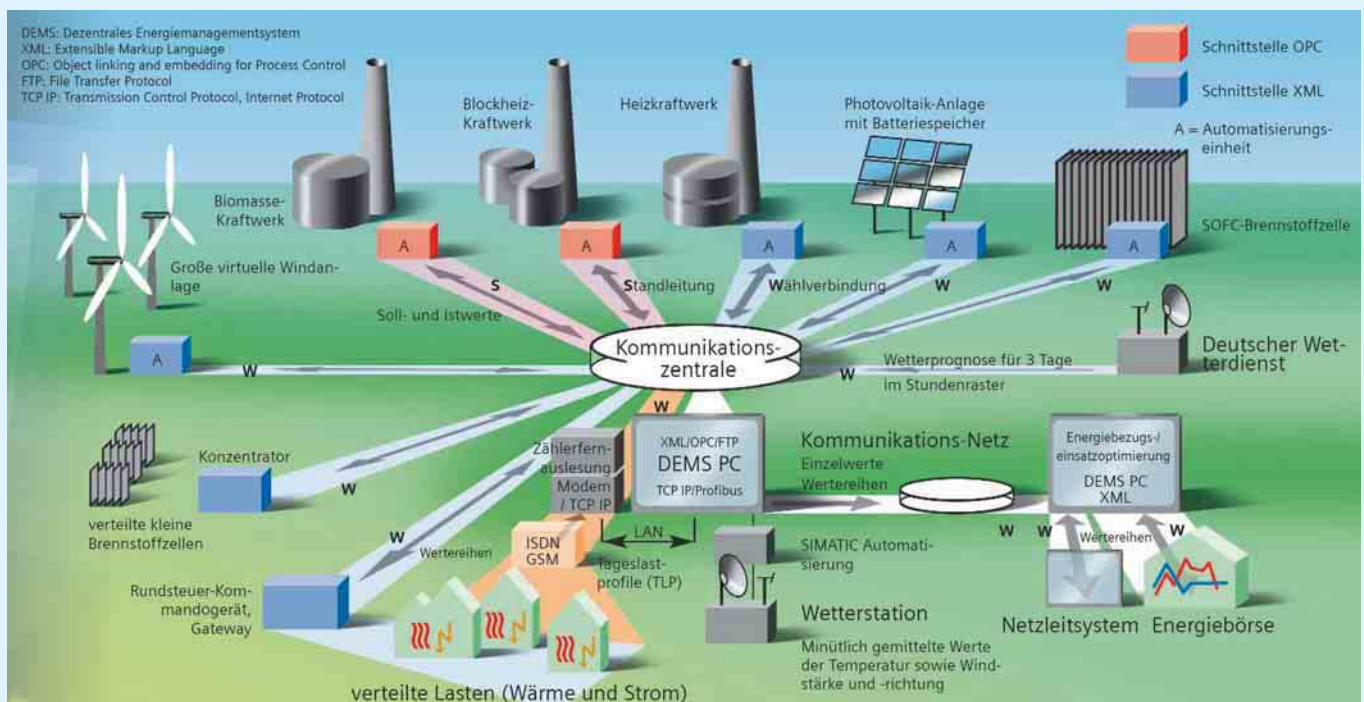
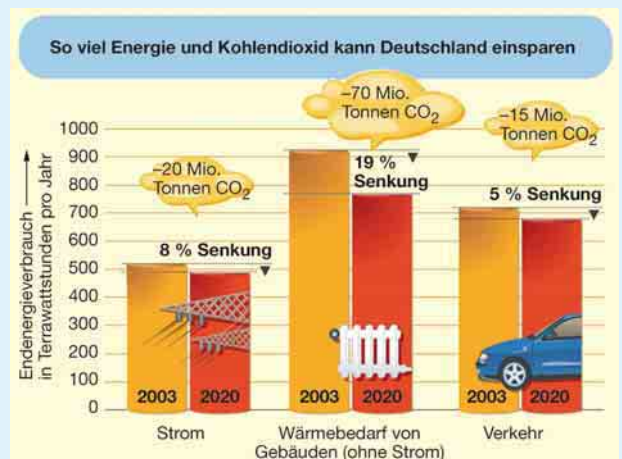
1 Politische Ziele und Auswirkungen

Die Bundesregierung will die CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2020 um 40 % reduzieren (Bild 1). So sieht es das im Dezember 2007 verabschiedete „Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm“ (IKEP) vor, das 30 konkrete Einzelmaßnahmen auflistet. Dabei spielen zwei Schwerpunkte für

Autor
Hermann Buers ist freier Fachjournalist, Berlin.

1 CO₂-Einsparpotentiale

Um die Energieproduktivität bis zum Jahr 2020 zu verdoppeln, muss die Energieproduktivität in den nächsten Jahren jährlich um 3 % gesteigert werden. Die Deutsche Energie-Agentur hat in ihrer Effizienzstrategie berechnet, wie viel Energie dafür in den drei großen Verbrauchsbereichen (Strom, Gebäude, Verkehr) eingespart werden muss. Quelle: dena



2 Viele Energieerzeuger zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenzuschließen, stellt die Informations- und Kommunikationstechnik vor eine besondere Herausforderung. Zahllose Soll- und Istwerte müssen im dezentralen Energiemanagementsystem verglichen, Automatisierungseinheiten gesteuert und Prognosen für Sonne, Wind und Verbraucherverhalten eingeholt werden

Quelle: Siemens

lung (KWK) können diese Forderung erfüllen. Dazu zählen neben großen KWK-Anlagen vor allem auch kleinere Systeme wie beispielsweise Brennstoffzellen und Mini-Blockheizkraftwerke (Mini-BHKW). Sie können die während des Betriebs entstehende Abwärme für Warmwasserbereitung, Heizung und – bei größeren Mengen – auch als Prozesswärme nutzen.

- Zweitens müssen alle Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgeschöpft werden. Photovoltaik-, Windkraft- sowie Biogas- oder Biomasseanlagen arbeiten weitgehend CO₂- und somit klimaneutral und schonen die nur in begrenzten Mengen vorhandenen fossilen Energieträger.

Brennstoffzellen und Mini-BHKW (letztere häufig in Verbindung mit Biogasanlagen) sowie Windenergie- und Photovoltaikanlagen speisen ihren Strom in der Regel dezentral und verbrauchernah ein. Entsprechend der politischen Absicht, die Technologie der Kraft-Wärme-Kopplung und die Nutzung erneuerbarer Energien weiter voranzutreiben, wird sich also das seit mehr als hundert Jahren bestehende Erzeugungs- und Verteilprinzip mit seiner vorwiegend zentralen Struktur zu einem stärker dezentral ausgebauten System entwickeln. Das hat weitgehende Konsequenzen, denn während die heutigen Kraftwerke und Übertragungs- und Verteilnetze über komplexe Regelsysteme miteinander verbunden sind und so eine weitgehend ausfallsichere Stromversorgung garantieren können, befinden sich Technologien für die Abstimmung dezentral einspeisender Kraftwerke noch in der Entwicklung oder Erprobung.

Ein Energiemanagementsystem für dezentrale Einspeisung hat im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren wegen des Einsatzes fluktuierender Energiequellen – Windenergie- und PV-Anlagen, wärmegeführte BHKW, Energiespeicher – zusätzliche Einflussfaktoren (aktuelle Wetterdaten, Wetterprognosen, Kapazität des Speichers) zu berücksichtigen. Außerdem spielt das Lastmanagement eine größere Rolle. Bei der zentralen Einspeisung und der damit vorgegebenen Lastflussrichtung ist das recht einfach: Die Energieerzeugung wird dem Verbrauch angepasst. Bei der dezentralen Stromversorgung muss der umgekehrte Weg möglich sein: Fehlen vorübergehend Wind und Sonne, werden beim Endkunden unkritische Lasten für kurze Zeit abgeschaltet.

2 Management dezentral einspeisender Stromerzeuger

2.1 Virtuelle Kraftwerke

Das Konzept des virtuellen Kraftwerks sieht vor, dezentrale Erzeugungsanlagen untereinander regeltechnisch zu vernetzen und aufeinander abgestimmt zu betreiben. Das bringt einige Probleme mit sich, da die einzubindenden Systeme unterschiedlich

strukturiert sind und sich vor allem hinsichtlich der Prognostizierbarkeit und Planbarkeit der zu erwartenden Energieerträge zum Teil deutlich unterscheiden. Solange sich die Qualität von Wetter-, Wind- oder Einstrahlungsprognosen nicht entscheidend verbessert, bleiben Photovoltaik- und Windenergieanlagen in der Konzeption des virtuellen Kraftwerks ein Unsicherheitsfaktor. Im Gegensatz dazu verfügen Stromerzeuger, die fossile oder biogene Energieträger nutzen, über eine hohe Planbarkeit und Beeinflussbarkeit der disponiblen elektrischen Leistung und Energieerträge. Deshalb sind sie für den Einsatz in virtuellen Kraftwerken besser geeignet.

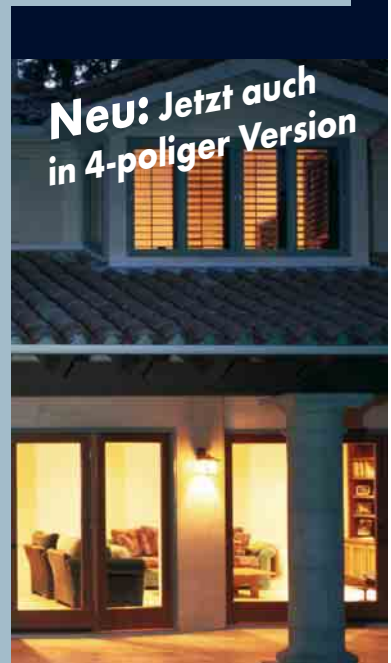
Das Konzept des virtuellen Kraftwerks wird in Deutschland zurzeit in zahlreichen Projekten untersucht. Dabei werden dezentral einspeisende Stromerzeugungsanlagen unterschiedlicher Struktur und Dynamik über Energiemanagementsysteme vernetzt. Als Beispiel sei das Projekt „KonWerl Energiepark 2010“ genannt: Auf einem ehemaligen Militärgelände in Werl (NRW) werden Windenergieanlagen und ein großer Solargenerator mit einem Biomasse-BHKW zu einer virtuellen Einheit zusammengefasst. Die schwierige Abstimmung unter diesen Anlagen übernimmt DEMS, ein von Siemens entwickeltes „Dezentrales Energiemanagementsystem“ (Bild 2). Es berücksichtigt bekannte Spitzenlastzeiten, die momentanen Betriebswerte und die aktuellen Wetterdaten, von denen die Energieerträge der eingebundenen Photovoltaik- und Windenergieanlagen abhängen, und errechnet daraus einen Fahrplan für das virtuelle Kraftwerk. Die Steuerung läuft vollautomatisch, die Einsatzbefehle an die angeschlossenen Anlagen werden über Datenleitungen oder per Mobilfunk übermittelt.

Derzeit lassen sich – so heißt es nicht nur bei Siemens – lediglich größere Generatoranlagen wirtschaftlich in ein virtuelles Kraftwerk einbinden. Erst müsse es einen einheitlichen Kommunikationsstandard geben, bevor auch Eigenheimbesitzer den Strom aus ihren Anlagen in ein virtuelles Kraftwerk einspeisen könnten. Mit den aus solchen Projekten gewonnenen Erfahrungen erhoffen sich die Beteiligten jedenfalls eine gute Ausgangsposition im Wettbewerb um die besten Lösungen für eine zukünftige mehr dezentrale Energieversorgung.

2.2 Generatives Kombikraftwerk

Das Pilotprojekt „Kombikraftwerk“ ist eine Initiative der Firmen Enercon, Schmack Biogas und Solarworld, unterstützt durch viele Partner aus der Branche der erneuerbaren Energien und dem Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) der Universität Kassel. Auch hier geht es darum, einzelne dezentrale Kraftwerke zu vernetzen und über eine zentrale Steuerungseinheit per Informationstechnologie miteinander zu verknüpfen (Bild 3). Das Besondere an diesem Konzept: Das Kombikraftwerk deckt im Maßstab

FI-Schutzschalter mit automatischer Wiedereinschaltung



Neu: Jetzt auch in 4-poliger Version

Die beste Investition für Ihre Sicherheit!

RESTART: Die automatische Wiedereinschaltung der elektrischen Anlage – nach einer Fehlauflösung z.B. durch Überspannung.

RESTART ist ein Fehlerstrom-Schutzschalter mit integrierter Überprüfungs- und Einschalteneinheit. Höherer Komfort und größere Sicherheit: Damit Sie sicher sein können!

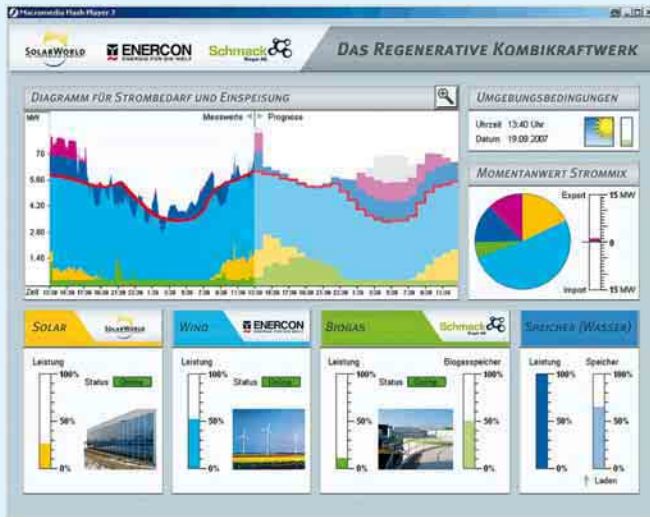


4-poliger RESTART mit Autotest

light+building
Halle 8, Stand A30
Frankfurt am Main
06. bis 11. April 2008

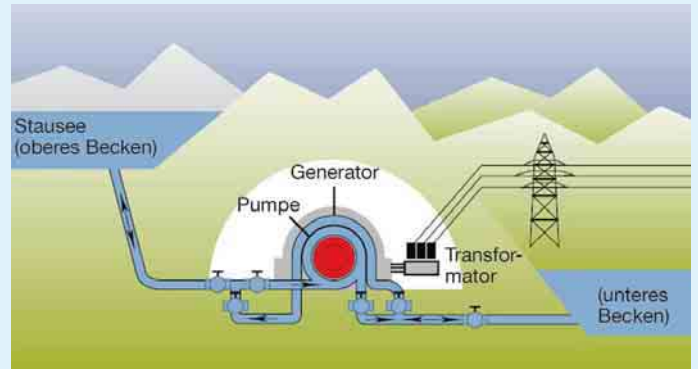
GEWISS
DOMOTICS ENERGY LIGHTING

www.gewiss.de



3 Das Kombikraftwerk vernetzt 36 Kraftwerke, die ausschließlich auf erneuerbaren Energien basieren

Quelle: Informationskampagne für Erneuerbare Energien



4 Prinzip eines Pumpspeicher-Kraftwerks

Überschüssige Energie, aus Windenergieanlagen beispielsweise, wird zu einem Pumpspeicher-Kraftwerk transportiert, wo sie über Pumpwerke in potentielle Energie umgeformt und in einem Stausee gespeichert wird. Bei Bedarf lässt sie sich in kurzer Zeit über einen Generator wieder in elektrische Energie umwandeln und ins Netz einspeisen.

1:10000 den Strombedarf in Deutschland mit erneuerbaren Energien. Dieser Maßstab entspricht dem jährlichen Strombedarf einer Kleinstadt wie Stade mit etwa 12000 Haushalten. Das Projekt soll also im Kleinen zeigen, was auch im Großen möglich ist.

Das Kombikraftwerk vernetzt 36 Kraftwerke, die ausschließlich auf erneuerbaren Energien basieren: Elf Windenergieanlagen, vier Biogasanlagen und Blockheizkraftwerke (BHKW), zwanzig Solaranlagen sowie ein Pumpspeicher-Kraftwerk sind durch eine zentrale Steuerungseinheit miteinander verbunden. Sie sind über ganz Deutschland verteilt, was helfen kann, ein regional unterschiedlich großes Angebot an Wind- und Sonnenenergie in gewissem Maße auszugleichen. Das Pilot-Kombikraftwerk passt sich minutengenau an den tatsächlichen Bedarf an. Es deckt Bedarfsspitzen – etwa zur Mittagszeit – und speichert in „ruhigen Zeiten“ nicht benötigte Strommengen in Speicheranlagen.

Die Leistungen der einzelnen Stromerzeuger des Kombikraftwerkes müssen so aufeinander abgestimmt werden, dass sie zusammen genommen jederzeit den tatsächlichen Bedarf abdecken können. Diese Abstimmung wird über eine zentrale Regeleinheit vorgenommen. Sie vergleicht den voraussichtlichen Strombedarf, das Lastprofil, mit den Prognosen über die Energieerträge aus den angeschlossenen Windenergie- und Photovoltaikanlagen. Basis der Prognosen sind Wettervorhersagen des Deutschen Wetterdienstes. Die Resultate erlauben es nun, für das Kombikraftwerk vorausschauend grundlegende Steuerungsmuster festzulegen. Geringfügige Abweichungen von der tatsächlichen Einspeiseleistung und vom Strombedarf werden durch eine Feinabstimmung in der zentralen Steuerungseinheit angepasst. Können Photovoltaik- und Windenergieanlagen alleine nicht genügend Strom liefern, schaltet die Zentraleinheit weitere Energieerzeuger zu. Das sind zunächst einmal mit Bio-

gas betriebene Blockheizkraftwerke (BHKW), die ständig betriebsbereit sind und in kürzester Zeit hochfahren können (hier zeigt Biogas seinen Vorteil gegenüber Wind und Sonne: Weil es speicherbar ist, kann es als Energieträger immer zur Verfügung gehalten werden). Ein noch darüber hinaus gehender Bedarf lässt sich aus den Reserven eines Pumpspeicher-Kraftwerks decken.

Das regenerative Kombikraftwerk entkräftet Argumente, wonach die Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien zu stark von meteorologischen Einflüssen abhängt, so das Fazit der Projektbeteiligten. Schon heute werde die „Energieausbeute“ mit modernster Technik sicher prognostiziert. Das regenerative Kombikraftwerk mache sich diese Technologien zunutze und regelt den Strombedarf genauso sicher wie jedes konventionelle Großkraftwerk. Es garantiere zu jeder Zeit eine verlässliche Stromversorgung, die ausschließlich auf erneuerbaren Energien basiert.

3 Energiespeicher

Im vorangegangenen Kapitel ist es schon angekungen: Es kann bei virtuellen Kraftwerken ein Energiemanagementkonzept notwendig werden, das Energiespeicher vorsieht und in die Regelung einbezieht. Denn in einer zukünftigen dezentralen Stromversorgung könnten wärmegeführte KWK-Anlagen sowie Windenergie- und Photovoltaikanlagen – die nicht bedarfsorientiert, sondern wetterabhängig produzieren – Situationen schaffen, in denen die produzierte Strommenge nicht mehr abgenommen werden kann. Es würde aber dem Gebot zum sparsamen Umgang mit Energieressourcen widersprechen, die Anlagen in einem solchen Fall einfach zu drosseln oder abzuschalten. Vielmehr sollte die überschüssige Energie gespeichert und später genutzt werden.

3.1 Pumpspeicher-Kraftwerke

Die ausgereifteste Großtechnik der Energiespeicherung stellt nach wie vor die Pumpspeicherung dar. Bei diesem Verfahren wird überschüssige elektrische Energie dazu verwendet, Wasser aus einem „Untersee“ in einen hoch gelegenen „Obersee“ zu pumpen, wobei sich die elektrische Energie in potentielle Energie umwandelt und bis auf Aufruf gespeichert wird (Bild 4). Die deutschen Stromerzeuger und Netzbetreiber können schon seit mehr als 70 Jahren auf solche Speicherkraftwerke zugreifen: Die ersten Anlagen, das Koepchenwerk südlich von Dortmund und das PSW Niederwartha bei Dresden, wurden bereits Ende der 1920er Jahre errichtet. Das größte seiner Art befindet sich seit 2003 in Goldisthal (Thüringen). Es leistet 1060 MW und besitzt einen Gesamtstauraum von 12 Mio. m³ Wasser und damit eine Speicherkapazität von 8480 MWh. Eine ähnlich große Anlage (1050 MW) läuft im sächsischen Markersbach. Mit ihrer Ausdehnung und ihren speziellen Geländebedingungen kommen Pumpspeicher-Kraftwerke für einen breiten Einsatz allerdings nicht in Frage, zumal sich die Nutzung von Windenergieanlagen, deren überschüssige Leistungen abgeschöpft und gespeichert werden sollen, auf den flachen Norden konzentriert, wo keine hoch gelegenen natürlichen Speicherbecken zur Verfügung stehen.

3.2 Druckluft-Gasturbinen-Kraftwerke

Eine Alternative sind Druckluftspeicher-Gasturbinen-Kraftwerke. Sie werden auch als CAES-Kraftwerke bezeichnet (CAES = Compressed Air Energy Storage). Es handelt sich hierbei nicht wie bei einem Pumpspeicher-Kraftwerk um einen reinen Energiespeicher, sondern um ein Gasturbinen-Kraftwerk mit integrierter Druckluft-Vorratshaltung. Die Funktion wird dann deutlich, wenn man sich zunächst ein konventionelles Gasturbinen-Kraftwerk vor Augen hält: Es besteht im

Prinzip aus zwei Funktionseinheiten: auf der einen Seite Kompressoren für die Verdichtung der Verbrennungsluft, auf der anderen die eigentliche Turbine für die Stromerzeugung. Bei einer CAES-Anlage kann die Nutzung der Kompressoren entfallen, wenn bereits verdichtete Luft zur Verfügung steht, wie es der Fall ist, wenn zuvor Windräder ihre überschüssige Energie dazu genutzt haben, Luft in bis zu 800 m unterirdische Hohlräume zu pressen. Solche Kavernen sind in der jüngeren Vergangenheit vor allem in Norddeutschland, einem Schwerpunkt der Windenergieerzeugung, als Folge von unterirdischem Salzabbau in großer Zahl entstanden. Als unterirdische Speicherräume geeignet sind außerdem Aquifer-Strukturen und aufgelassene Bergwerke.

Der Wirkungsgrad moderner CAES-Anlagen beträgt rund 55 %. Sie sind aber – wie Pumpspeicher-Kraftwerke auch – wegen ihrer hohen Nennleistung nur für die Integration in Mittel- oder Hochspannungsnetze geeignet. Ein besonderes Merkmal ist ihre hohe Flexibilität: Bereits nach etwa 14 Minuten geben sie ihre volle Leistung ab. Zurzeit sind weltweit erst zwei CAES-Kraftwerke in Betrieb: das eine in Huntorf bei Hannover (Bild 5), das andere in McIntosh (USA). Das Riesepotential der Drucklufttechnik zur Stromspeicherung beweist ein Projekt in Norton im US-Bundesstaat Ohio. Das dort geplante CAES-Kraftwerk soll in der Endausbaustufe eine Leistung von 2700 MW bringen. In Europa wird zur Zeit an der Entwicklung von Druckluftspeichern geforscht, die ohne Gasturbine und damit ohne zusätzlichen fossilen Brennstoff auskommen.

3.3 Batterien

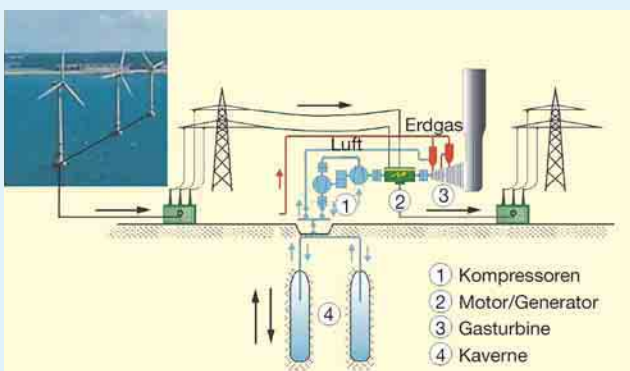
Batterien sind als elektrochemische Speicher von jeher bekannt. Die folgenden zwei Beispiele sollen die möglichen Speicher- und Leistungsdimensionen aufzeigen: In Berlin

wurde im Jahre 1986 eine Blei-Batterie mit einer Leistung von 17 MW und einem Energieinhalt von 14 MWh installiert. Ihre Kapazität wird auch heute noch als Sofortreserve bereit gehalten. In Japan werden Natrium-Schwefel-Batterien (NAS) großer Kapazität eingesetzt mit dem Ziel, während der nächtlichen Niedrigtarifzeit möglichst große Energiemengen speichern zu können, die dann am Tage zu einem äußerst günstigen Preis zur Verfügung steht. Die Batterien haben eine Leistung von 6 MW und einen Energieinhalt von 48 MWh.

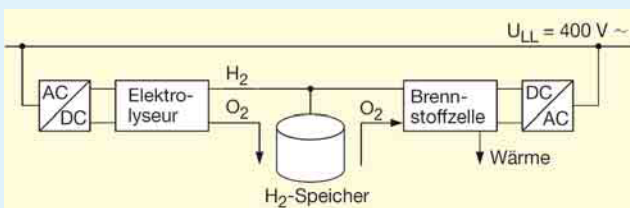
Batterien zählen zu den weniger teuren Speichern. Sie werden in großen Stückzahlen gefertigt, die verwendeten Materialien sind in der Regel preisgünstig. Besonders kritisch ist bei Batterien die begrenzte Lebensdauer. Ihr Einsatz als alleiniger Speicher in einem fluktuierenden Stromerzeugungssystem ist deshalb nur bedingt möglich. Forschungsarbeiten sollen sich dieses Problems annehmen und Verbesserungen herbeiführen. So werden zur Zeit im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Vorhabens die Randbedingungen, denen Batterien ausgesetzt sind, nach einheitlichen Kriterien untersucht und analysiert. Ziel ist es, mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Batterien in Photovoltaikanlagen aufzuzeigen.

3.4 Wasserstoff

Eine für die Zukunft interessante Möglichkeit, Energie zu speichern, besteht darin, mit Hilfe elektrischer Energie in einem Elektrolyseur Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Der Wasserstoff kann bei Bedarf über eine Brennstoffzelle direkt wieder in elektrische Energie und Wärme umgewandelt werden (Bild 6). Der Vorteil des Wasserstoffs als Energieträger liegt in seiner Speicherbarkeit



5 Aufbau des CAES-Kraftwerks in Huntorf



6 Prinzip der Wasserstoffspeicherung

ÄRGERN ?
NEIN !



STÄNDIG
MESSEN ?
JA !

Sensible Stromkreise ?
Abschaltung unmöglich ?
... und der Isolationswiderstand ?

BENDER-Differenzstrom-Systeme RCMS überwachen permanent wichtige Verbraucher während des Betriebes.

Kein Würfeln, sondern **WISSEN** – für die „**Lebensadern**“ Ihres Unternehmens.

Besuchen Sie uns auf der
light+building
06. - 11. April 2008
Halle 9, Stand-Nr. B16

Besuchen Sie uns auf der
Hannover Messe
21. - 25. April 2008
Halle 12, Stand-Nr. D66



Mitglied der **BENDER GROUP**

www.elektrische-sicherheit.de

Mit Sicherheit Spannung

und Transportfähigkeit, obwohl für eine funktionierende Wasserstoffwirtschaft noch einige Probleme zu lösen sind.

Üblicherweise wird gasförmiger Wasserstoff bei einem Druck zwischen 200 (0,5 kWh/l) und 300 bar (0,8 kWh/l) in Druckbehältern gespeichert. Tanks für einen Druck von 700 bar befinden sich derzeit im Entwicklungsstadium. Für die Zukunft stellt die Entwicklung leichterer Behälter eine Herausforderung dar, denn die Druckbehälter können aufgrund ihrer Beschaffenheit sehr schwer werden. Kalter flüssiger Wasserstoff wird in stationären oder mobilen Spezialtanks (Kryotanks) gespeichert. Tanks für einen Druck von -253 °C beansprucht flüssiger Wasserstoff nur noch etwa ein Fünftel des gasförmigen komprimierten Volumens. Die Speicherdichte liegt bei 2,13 kWh/l. Die Speicherung des Wasserstoffs im flüssigen Zustand ist besonders für den Einsatz im mobilen Bereich interessant. Jedoch ist der mehrstufige Abkühlungsprozess sehr energieaufwendig.

3.5 Aquiferspeicher

Der Betrieb von Kraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung ist ein sinnvoller Weg, den Einsatz von Primärenergie zu reduzieren. Allerdings hat auch diese Technologie ihre Grenzen: Während im Sommer die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme oft keinen Abnehmer findet, reicht sie im Winter in Spitzenzeiten als alleinige Versorgung nicht aus, sodass zusätzliche Speicherkessel in Betrieb gehen müssen. Effiziente und zu geringen Kosten herstellbare Langzeitspeicher könnten hier Abhilfe schaffen. Seit knapp 20 Jahren werden natürlich vorkommende abgeschlossene Grundwasserschichten (Aquifere) für die Speicherung von Wärme genutzt. Diese wird über Bohrbrunnen in den Speicher eingebracht beziehungsweise bei Umkehrung der Durchströmungsrichtung wieder entnommen.

Die Stadtwerke Neubrandenburg betreiben in einem Pilotprojekt einen Aquifer-Speicher für die sommerliche Überschusswärme eines GuD-Kraftwerks. Die Anlage läuft jetzt seit drei Jahren ohne gravierende Störungen. Abstriche müssen zurzeit noch an der energetischen Effizienz des Speicherbetriebs gemacht werden. Die Ursachen liegen allerdings nicht im Speicher selbst, sondern in den Charakteristiken der angeschlossenen Wärmeerzeuger.

3.6 Supraleitende Magnetische Energiespeicher (SMES)

Supraleitende Magnetische Energiespeicher (SMES) speichern Energie im magnetischen Feld einer Spule (Bild 7). Ihr wohl größter Vorteil liegt in der schnellen Verfügbarkeit der elektrischen Leistung, die im Bereich von Millisekunden bereitgestellt werden kann. Weitere Vorzüge sind die beliebig hohe Zykluszahl, beliebige Tiefentladung, hohe Lebensdauer und eine hohe Leistung bei verhältnismäßig klei-

ner gespeicherter Energie. Schon seit langem konzentrieren sich Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf SMES mit Energien und Leistungen im Bereich von mehreren Megajoule beziehungsweise Megawatt.

Bereits im Markt eingeführt sind SMES-Systeme in USV-Anlagen zum Schutz von störungsempfindlichen Produktionsmaschinen sowie sogenannte D SMES, die an verschiedenen Stellen im Netz positioniert werden und die Teilnetze schnell und flexibel stabilisieren können. Die Möglichkeit eines Einsatzes in dezentral einspeisenden Stromerzeugungsanlagen mit schwankender Ausgangsleistung ist technisch nachgewiesen. Doch die dort erforderlichen Speicherkapazitäten (1000 bis 5000 MWh, bei einem Spulendurchmesser von etwa 100 Metern) sind nach heutigen Kostenanalysen wirtschaftlich noch nicht zu erreichen.

3.7 Doppelschichtkondensatoren

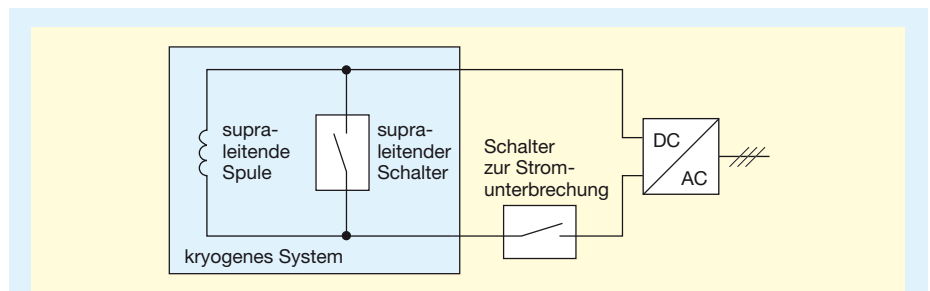
Elektrochemische Doppelschichtkondensatoren sind ein relativ neuartiges Speicherelement, das die Lücke zwischen konventionellen Kondensatoren und Batterien schließt. Ihr Aufbau und ihre Wirkungsweise bringen eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Speichern mit sich. So sind sie wegen ihrer hohen Zyklenfestigkeit, Leistungsdichte und Wartungsfreiheit sowie wegen ihres hohen energetischen Wirkungsgrads besonders gut geeignet für die Speicherung elektrischer Energie in fluktuierenden Stromerzeugungsanlagen. Der zukünftige Einsatz von Doppelschichtkondensatoren oder Superkondensatoren wird in jenen Bereichen liegen, die kurzzeitig hohe Leistungsanforderungen stellen. Obwohl „SuperCaps“

immer noch sehr teuer sind, haben ihre Eigenschaften als Energiespeicher in den letzten Jahren große Aufmerksamkeit hervorgerufen.

4 Lastmanagement auf der Verbraucherseite

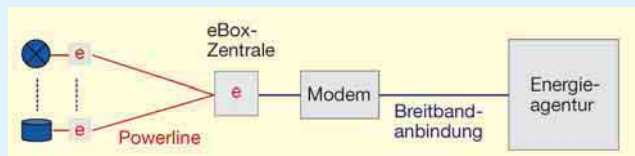
Neben dem Energiemanagement für virtuelle Kraftwerke und Energiespeichersysteme steht bei zukünftig verstärkter Einbindung dezentraler Energieeinspeiser auch der Betrieb von Stromversorgungsnetzen vor neuen Herausforderungen. Kurz: Dezentrales Energiemanagement erfordert neben Erzeugungsauch Lastmanagement. Es müssen also neue Konzepte zur Steuerung der Nachfrage (Demand Side Management) gefunden werden, die die Schwankungen des Energieangebots berücksichtigen, die insbesondere beim Einsatz von Photovoltaik- und Windenergieanlagen zu erwarten sind. Die Möglichkeiten reichen von der Reduktion der maximalen Bezugsleistung (Peak Shaving) über eine Verlagerung von Energienachfrage in kostengünstigere Zeiten bis zur Bereitstellung von Regelleistung.

Es gibt eine Vielzahl von Forschungsaufträgen, die das Thema Demand Side Management behandeln. Zwei Beispiele sollen im folgenden in aller Kürze vorgestellt werden: Im ersten Projekt ging es darum aufzuzeigen, dass tarifliche und damit finanzielle Anreize Verbraucher zu einem Lastmanagement motivieren können. Im zweiten wird versucht, die gesamte Palette der Möglichkeiten zu realisieren, die die Liberalisierung des Strommarktes mit sich bringen sollte.



7 Aufbau und Funktion eines SMES

Zunächst muss die supraleitende Spule geladen werden. Dazu ist der supraleitende Schalter geöffnet und der äußere Schalter geschlossen. Über einen bidirektionalen Wechselrichter wird elektrische Energie in das System eingekoppelt. Der innere Schalter wird supraleitend und schließt die Spule kurz, damit ist die Energie durch den supraleitenden Kurzschluss in der Spule gespeichert. Zum Entladen wird der supraleitende Schalter geöffnet und der äußere Schalter geschlossen, der Wechselrichter bindet den eigentlichen Speicher zur Einspeisung in das Netz ein. Soll nur ein Teil der gespeicherten Energie entladen werden, wird der SMES durch einen Stromunterbrecher wieder vom Netz getrennt.



8 Kommunikationsstruktur der eBox

4.1 Demand Side Management durch Tarifgestaltung

Eine ganze Reihe von Demonstrationsprojekten zum Demand Side Management (DMS) belegen das Vorhandensein von Verlagerungspotentialen in Industrie, Gewerbe und Privathaushalten. Dabei wurden sowohl direkte als indirekte Maßnahmen ergriffen, um den Lastverlauf zu beeinflussen. Direkte Maßnahmen umfassen dabei die direkte Kontrolle und Beeinflussung der für ein Nachfragemanagement ausgewählten Verbraucher. In Deutschland zählen dazu in erster Linie Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen, die über unidirektionale Kommunikation, beispielsweise durch Rundsteuertechnik, erfolgen kann. In den USA werden in verschiedenen Programmen unterbrechbare Lasten wie Klimaanlage, Warmwassererhitzer oder elektrische Heizungen durch direktes Lastmanagement zyklisch zu- und abgeschaltet. Eine Vergütung erfolgt über Gutscheine oder reduzierte Stromtarife. Indirektes Lastmanagement wird über preisgesteuerte Maßnahmen durchgeführt, also über ein mehr oder weniger umfangreiches Angebot statischer oder flexibler Tarife, die die Kunden nutzen können.

4.2 Der „e-Box“-Ansatz

Die 1998 begonnene Liberalisierung des Strommarktes sollte elektrische Energie für jeden günstiger machen, jeder soll elektrische Energie produzieren und verkaufen können, und jeder Verbraucher soll die Möglichkeit haben, seine Energie am Energiemarkt zu Einkaufspreisen zu erwerben. Doch während Industrie-, Gewerbe und Dienstleistungsunternehmen ihren Bedarf bereits aktiv am Energiemarkt decken, ist der Markt für Haushaltskunden bis heute nahezu unerschlossen. Diesen Missstand wollen Wissenschaftler der TU Ilmenau und des Fraunhofer AST mit ihrem „eBox“-Projekt beseitigen.

Zusammenfassend gesagt soll eine eBox

- Haushaltskunden den Zutritt zum freien Energiemarkt ermöglichen,
- durch die Fernsteuerung einzelner Geräte im Haushalt Einsparpotentiale realisieren und
- gezielt auf die Erzeugung elektrischer Energie aus Windkraftanlagen reagieren können, um ein weiteres Steigen der Energiekosten aufgrund von Netzausbau und der Bereitstellung zusätzlich notwendiger Energie aus konventionellen Kraftwerken bis zu einem gewissen Grad vermeiden zu helfen.

Die technische Realisierung sieht folgendermaßen aus: Zwischen Energienetz und Verbraucher wird ein fernparametrierbarer und fernauslesbarer Energieanschluss mit Schalt- und Zählfunktion, die besagte eBox, installiert. Sie kann über ein Kommunikationsnetz mit Energiehandelseinrichtungen beziehungsweise Energieagenturen verbunden werden (Bild 8). Diesen obläge dann die Aufgabe, einzelne Verbraucherlasten oder auch Lasten ganzer Haushalte zu einem umfangreichen

Paket zusammenzufassen, um so an der Energiebörse oder im bilateralen Stromhandel über einen Mengenrabatt Elektroenergie zu einem bedeutend günstigeren Preis zu beschaffen. Damit wäre ein wichtiges Ziel, nämlich eine Geschäftsanbindung der Privatkunden an den liberalisierten Energiemarkt, erreicht.

Eine weitere Aufgabe der eBox bestünde darin, Haushaltsgeräte so zu schalten, dass Schwankungen im Energiedargebot fluktuierender Stromerzeuger wie Photovoltaik- und Windenergieanlagen kompensiert werden. Dabei sind die Haushaltslasten in zwei Kategorien einzuteilen. Zur ersten Kategorie gehören beispielsweise Kühlschränke und Gefriergeräte, die jeden Tag mit einem bestimmten Betrag an Elektroenergie versorgt werden müssen, um die Kühlleistung aufrecht erhalten zu können. Unter die zweite Kategorie fallen Geräte wie Waschmaschinen, Wäschetrockner oder Geschirrspüler, die lediglich in einem gewissen Zeitfenster, dann aber kontinuierlich Strom benötigen. Damit wären in Zukunft Kraftwerke für die Vorhaltung von Regelenergie wenn nicht überflüssig, so doch in deutlich geringerer Anzahl notwendig.

Für eine Realisierung des eBox-Ansatzes wären zusätzliche und andere als die seit Jahren bekannten DSM-Komponenten erforderlich, nämlich:

- eine bidirektionale Kommunikation zwischen Lasten und einer Betriebs- bzw. Abrechnungsstelle für Steuer- und Auslesezwecke
- eine informationstechnische Infrastruktur zur Vernetzung der Betriebsführungsinstanz mit den Lasten
- eine Instanz zur Lastaggregation und Speichervermarktung
- eine Betriebsführungsstrategie ohne Komfortverlust für die Endverbraucher bei gleichzeitiger persönlicher Akzeptanz des installierten Systems.

Literatur

- [1] Bericht zur Umsetzung des Integrierten Energie- und Klimaprogramms. In: www.ikep.de, eingesehen am 15.02.08.
- [2] Das virtuelle Kraftwerk. In: www.jahr-der-technik.de/133.0.html, eingesehen am 18.02.2008.
- [3] Das Kombikraftwerk – der erste Schritt zur Stromversorgung aus 100 % Erneuerbaren Energien. In: www.kombikraftwerk.de, eingesehen am 18.02.2008.
- [4] Pumpspeicherkraftwerke. In: www.thema-energie.de, eingesehen am 18.02.2008.
- [5] Verbesserte Integration großer Windstrommengen durch Zwischenspeicherung mittels CAES. Wissenschaftliche Studie, gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.
- [6] Tagungsband: 7. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik. Energiespeicher und Energietransport, Kassel 2002.
- [7] Tagungsband: 11. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik. Informations- und Kommunikationstechnologien für die Energieversorgung von morgen, Kassel 2006.
- [8] Demand Side Management in Privathaushalten - der eBox-Ansatz. In: www.tu-ilmenau.de, eingesehen am 18.02.2008.



- Schaltgeräte
- Stromverteiler
- **CEKON**
- Prüf- u. Messgeräte
- Steuerungen

light+building
Frankfurt, 6.-11.4.2008
Halle 8.0 · Stand G30

ELEKTRA TAILFINGEN Schaltgeräte GmbH & Co.KG
Brunnenstr. 48
72461 Albstadt
Tel.: 0 74 32.18-1
Fax: 0 74 32.18-3 10
info@elektra-tailfingen.de
www.elektra-tailfingen.de

