

Strom auf Abruf



Mit dem Ausbau der Erneuerbaren werden mehr Energiespeicher gebraucht. Herkömmliche Verfahren sind nur begrenzt ausbaubar. Bei dezentralen Lösungen könnte neue Batterie-Technik helfen.

*Druckluftspeicherwerk in
Huntorf. Foto: Eon*

Derzeit sind Windenergieanlagen mit 30.000 Megawatt Leistung im Netzbereich des Energiekonzerns RWE installiert. Um die von ihnen produzierte Strommenge speichern zu können, würde man das 70fache der Speicherkapazität aller bislang installierten Pumpspeicher in Deutschland benötigen, so der Energiekonzern. An manchen Tagen ändere sich die Windleistung innerhalb von 24 Stunden um rund 20.000 Megawatt – allerdings keinesfalls im Gleichtakt mit dem Stromverbrauch. Bislang erfolgt die Anpassung an den Stromverbrauch durch das Regeln fossiler Kraftwerke. Daß der Konzern deshalb zunehmend Interesse an Speichertechnik bekundet, erklärt sich damit schon fast von selbst.

Im Jahr 2020 werden rund 110.000 Megawatt Leistung erneuerbare Energien in Deutschland installiert sein: unter anderem 47.000 Megawatt Windenergie, davon 14.000 Offshore, und 50.000 Megawatt Photovoltaik, so die Deutsche Energie Agentur (Dena). Die Kosten für die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie an der Stromerzeugung von derzeit 17 auf 38 Prozent im Jahr 2020 werden mit rund zwei Cent je Kilowattstunde kalkuliert. Dagegen können die Kosten für zusätzliche Speichertechnik derzeit nicht realistisch abgeschätzt werden, da noch nicht absehbar ist, welche Speichertechnik bis dahin einsetzbar sein wird. In Deutschland wird zwar derzeit fleißig

entwickelt – die Anzahl von Patentanmeldungen steigt nach einer Untersuchung des Bundesumweltamtes – doch derzeit hat auf diesem Gebiet Japan einen deutlichen Vorsprung vor den USA und der EU. In Deutschland treiben vor allem Forschungseinrichtungen oder deren Ausgründungen die Entwicklung voran. Somit ist die Anzahl der Akteure noch begrenzt.

Umwandlung immer mit Verlusten

Bei der Stromspeicherung greift eine der Grundregeln der Physik: das Gesetz von der Erhaltung der Energie. So kann auch elektrische Energie in eine andere Energieform umgewandelt und bei Bedarf diese wieder in elektrische Energie zurückgewandelt werden. Doch kann nicht die gesamte ursprünglich eingespeicherte Energiemenge wieder zu elektrischer Energie werden, denn ein Teil wird zu anderen Formen wie Wärme- und Bewegungsenergie. Das Ziel der Entwicklungen ist, Strom mit einem hohen Wirkungsgrad, das heißt mit möglichst wenig Verlust, geringen Kosten und großer Energiedichte zu speichern. Zudem sollen Energiespeicher leicht und klein bei hoher Speicherkapazität sein.

Bislang favorisieren Energieexperten Pumpspeicherwerke, Druckluftspeicher und die stoffliche Speicherung mit Batterietechnik sowie als Wasserstoff und Methan. Jedoch täuscht die breite Palette der zur

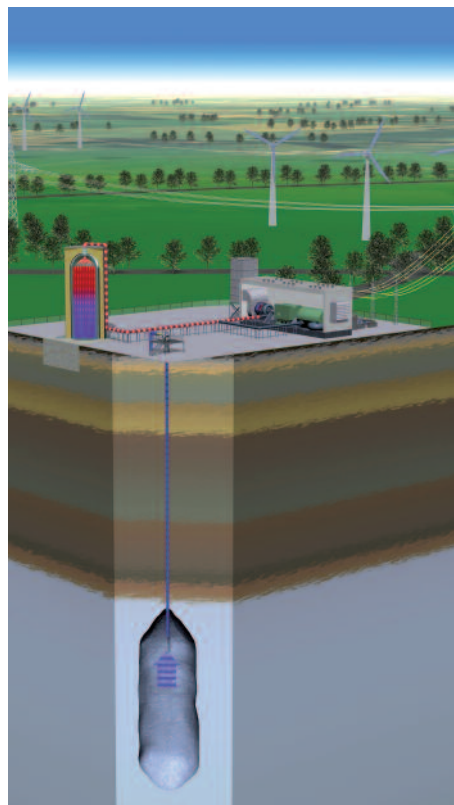
Verfügung stehenden Möglichkeiten. Praktisch wird nur ein kleiner Teil der technischen Optionen umgesetzt. Dabei werden derzeit großtechnisch fast ausschließlich Pumpspeicherwerke eingesetzt. Sie pumpen in Zeiten des Überangebotes an Strom Wasser in ein höher gelegenes Reservoir. Bei Strombedarf fließt das Wasser dem Niveauunterschied folgend durch eine Turbine, die Strom erzeugt. Doch der Zubau von Pumpspeicherwerken ist in Deutschland begrenzt, weil er an die topografischen Gegebenheiten der Landschaft gebunden ist. So ist beispielsweise das norddeutsche Flachland hierfür besonders ungünstig, gleichzeitig ist es aber Standort vieler Windparks.

Im Ruhrgebiet prüfen RAG Montan Immobilien und RWE Innogy, beide mit Sitz in Essen, Kohlehalden als Standorte für Pumpspeicherkraftwerke. Bereits im November 2010 unterzeichneten die Unternehmen eine Absichtserklärung, Kombikraftwerke aus Pumpspeicher und Windkraftanlagen zu entwickeln. Deren Leistungsfähigkeit, wirtschaftliche und technische Machbarkeit muß jedoch noch geprüft werden.

Bisher nur zwei Druckluftspeicher

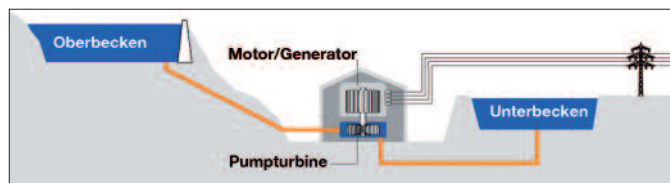
Druckluftspeicherwerke könnten eine weitere Möglichkeit zur Stromspeicherung sein, meinen Roland Span, Professor für Thermodynamik an der Ruhr-Universität

in Bochum, und sein Kollege Eckard Weidner, der zudem Leiter des Fraunhofer-Institutes Umsicht in Oberhausen ist. Druckluftspeicherwerke nutzen Überschuß-Strom, um Luft zusammenzupressen. Bei Bedarf kann das Gasgemisch entspannt werden, wobei eine Turbine zur Stromerzeugung angetrieben wird. Bislang sind weltweit zwei Energiespeicher dieses Typs realisiert und daher eher Unikate. Einer davon befindet sich in Huntorf bei Oldenburg. Der Energieversorger Eon



Beim Druckluftspeicher wird unter Energieverbrauch Luft komprimiert und in unterirdischen Kavernen eingelagert. Beim Entspannen treibt die Druckluft eine Turbine zur Stromerzeugung an. So auch beim „Adiabaten Druckluftspeicher für die Elektrizitätsversorgung“ (ADELE), einem Gemeinschaftsprojekt von RWE Power, General Electric, Züblin und Deutschem Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

Grafik: RWE



Pumpspeicherwerke nutzen den Niveauunterschied verschiedener Wasserbecken zur Energiespeicherung. Bei einem Überangebot an elektrischer Energie wird Wasser auf ein höher gelegenes Niveau gepumpt. Bei Energiebedarf im Netz strömt Wasser nach unten und treibt dabei eine Turbine an, die Strom erzeugt.

Grafik: En BW

nahm es bereits im Jahr 1978 in Betrieb. Hauptaufgabe des Kraftwerkes war bislang die Speicherung von überschüssigem Atomstrom. Es ist in einem kastenförmigen Backsteinbau untergebracht, von dem Rohre zu zwei betonierten Flächen führen, die wie Parkplätze wirken – eher unscheinbar und kein Ort für eine Technikrevolution. Unter den beiden Betonflächen, 600 Meter tief in einem alten Salzstock, verbergen sich zwei riesige Speicherkammern. Bei Bedarf lassen die Mitarbeiter mit der Preßluft eine Turbine in dem Klinkerbau antreiben. „Zwei Stunden lang läßt sich damit genauso viel Strom erzeugen wie mit einem konventionellen Kraftwerk“, sagt Fritz Crocogino von KBB Underground Technologies in Hamburg, der die Anlage vor 30 Jahren mitbaute. Dabei beträgt der Druck in dem Speicher bis zu 70 Bar. Laut des Betreibers Eon arbeitet der Druckluftspeicher seit der Inbetriebnahme mit einer hohen Verfügbarkeit. Zunächst ließ jedoch der Wirkungsgrad zu wünschen übrig, denn Luft erhitzt sich beim Zusammenpressen und kühlt beim Entspannen ab, wodurch viel Energie verloren geht. Außerdem schädigten die tiefen Temperaturen die Turbine, weshalb eine Erdgasfeuerung eingebaut wurde, die die Luft aus dem Speicher beim Entspannen erwärmt – das heißt, das Kraftwerk verbraucht fossile Energie und verursacht CO₂-Emissionen. Dennoch glaubt Eon, daß der Anlagenwert wegen des wachsenden Anteils der Windenergie am Energiemix steige.

Die Forscher um die Bochumer Thermodynamik-Professoren Weidner und Span setzen auf ein anderes Prinzip, bei dem die Wärme, die beim Zusammenpressen entsteht, zunächst gespeichert wird, um später die entspannte Luft wieder damit zu erwärmen. Dazu passiert die Luft einen Wärmespeicher, der wie eine salzgefüllte Thermoskanne aufgebaut ist. Der Wirkungsgrad dieses Speichers ist mit 70 Prozent vergleichsweise hoch.

Ein weiteres Projekt für Druckluftspeicherwerke mit dem Namen ADELE (Adiabater Druckluftspeicher für die Elektrizitätsversorgung) plant RWE zusammen mit General Electric (GE), Züblin und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Die Entwicklungskooperation vereinbarten die Projektbeteiligten am 19. Januar in Berlin. Ab dem Jahr 2013 soll eine erste Demonstrationsanlage errichtet werden, die über eine Speicherkapazität von einer Gigawattstun-

de verfügt und eine elektrische Leistung von bis zu 200 Megawatt besitzen soll. Damit soll ADELE in der Lage sein, über fünf Stunden Windstrom zu ersetzen.

Andersartige Batteriesysteme

Eine weitere Möglichkeit zur Stromspeicherung sind Redoxflow-Batterien. Daran arbeiten zurzeit ganze Forscherteams der Fraunhofer Gesellschaft. Das Fernziel der Energiespeicherexperten seien größere Batterieanlagen mit einer Kapazität von 20 Megawattstunden, erklärten Christian Dötsch vom Fraunhofer-Institut Umsicht aus Oberhausen und Jens Tübke vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologien ICT in Pfinztal. Bislang werden mit größeren Laboranlagen Leistungen im Bereich einiger Kilowatt erreicht. „Das Verfahren arbeitet bereits zuverlässig“, sagte Dötsch und meint weiter, daß die größte Herausforderung im Up-Scaling liege. Bei diesen Redoxflow-Speichern handelt es sich um in Flüssigkeit gelöste Vanadium-Verbindungen, die an Membranen abwechselnd Elektronen aufnehmen und abgeben. Diese Systeme verwenden nur eine Art von Flüssigkeit als Medium im Gegensatz zu bisherigen Systemen, die zwei Flüssigkeitsarten verwenden. So können Verunreinigungen vermieden werden. „Dadurch lassen sich sehr robuste und langlebige Batterien bauen, ein entscheidender Vorteil“, betont Tom Smolinka, der die Arbeiten am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg koordiniert. Auch können die Flüssigkeiten in Tanks gelagert werden, was das Up-Scaling erleichtern wird. Batteriesysteme mit verschiedenen Flüssigkeiten gibt es bereits, sind aber nur bei einer Handvoll Unternehmen erhältlich.

Bereits erprobte Technik sind Lithium-Ionen-Akkus, wie sie in Elektroautos eingesetzt werden. Letztere sollen nach den Plänen der Bundesregierung in Zukunft die derzeit rund 45 Millionen Benzin- und Diesel-Pkw ersetzen und möglichst mit Strom aus erneuerbaren Energien fahren. Die Spannweite der Leistungen von Elektrofahrzeugen reicht derzeit vom Pkw mit einem 125 Kilogramm schweren Akku mit einer Fahrleistung von 167 Kilometern bis zu kleinen Nutzfahrzeugen wie dem Ford Transit Connect Electric aus den USA mit 130 Fahrkilometern und einem Akku aus 192 sogenannten Hochenergiezellen mit je 28 Kilowattstunden.

Die Batterien der Elektrofahrzeuge könnten gleichzeitig als dezentrale Energiespeicher genutzt werden, die bei einem Überangebot an Strom im Netz geladen werden und bei Bedarf wieder Energie ins Netz zurückspeisen. Zurzeit besitzen Lithium-Ionen-Batteriekonzepte die größte gespeicherte Energiemenge pro Gewicht-

Aufbau der Redoxflow-Batterie

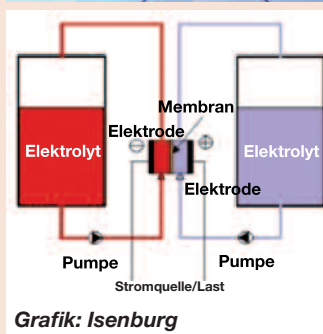
(ti). Redoxflow-Zellen bestehen aus zwei externen Tanks mit salzhaltigen Flüssigkeiten, die von Natur aus bestrebt sind, miteinander zu reagieren. Die beiden Flüssigkeiten treffen aber nur an einer Membran in der Zelle aufeinander. An den Elektroden findet die für den Stromfluß verantwortliche Elektronenübertragung statt, und die Ionen ändern ihre Ladung. Zum Ladungsausgleich passieren nun positiv geladene Ionen die Membran. Zwischen den Elektroden kommt es zur elektrischen Spannung und damit dem gewünschten Stromfluß. Aus den Tanks nachströmende Flüssigkeit sorgt für Nachschub an den Elektrodenoberflächen. Zum Laden wird dann eine Spannung an die Elektroden angelegt und die Pumprichtung umgekehrt.

Vorteile des Systems sind somit, daß die Menge gespeicherter Energie durch das Volumen der Tanks gesteuert werden kann, die Kosten sind verhältnismäßig günstig und der Wirkungsgrad ist mit bis zu 80 Prozent vielversprechend. Wichtige Aspekte bei der Forschung sind die Variation der Membranen, Elektroden und Elektrolytflüssigkeiten mit dem Ziel, Kosten zu verringern sowie Wirkungsgrad und Lebensdauer zu erhöhen.

Aktuelle Probleme sind Nebenströme im Bereich der Membranen, die zur Verringerung des Wirkungsgrades führen können, Schwierigkeiten bei der Abdichtung der Zellen und der Zellstapel, eine verringerte Zellspannung aufgrund einer Vermischung der Reaktionspartner sowie die Beibehaltung der Konzentration und Reinheit der beteiligten Flüssigkeiten.



Foto: Fraunhofer Institut



Grafik: Isenburg

einheit. In diesem Batterietyp sind die Lithium-Teilchen in ein Graphit- oder Metalloxid eingebaut. Beim Laden werden Lithium-Ionen gebildet. Beim Entladen wandern diese zur Gegenelektrode, womit zwischen den Elektroden eine Spannung anliegt und Strom fließen kann. Entwicklungsziele sind kostengünstige und leichte Batterien mit möglichst vielen Ladezyklen. Die Zahl der Ladezyklen entscheidet über die Lebensdauer des ansonsten eher teuren Energiespeichers. Derzeit sind etwa 300.000 Zyklen möglich. Um die Leistungsfähigkeit zu steigern, variieren Wissenschaftler Materialien und die Geometrie der Akkus.

Lithium-Ionen-Akku auf Folienbasis

Ebenfalls auf der Basis eines Lithium-Ionen-Akkus arbeitet „Black Diamond“, ein Gerät von der Größe einer Waschmaschine, das den Traum von der solaren Selbstversorgung eines Vierpersonen-Haushaltes mit Strom in der Nacht und an lichtschwachen Tagen verwirklichen will. Die Lebensdauer des Akkumulators sollte bei vielen Lade- und Entladevorgängen mit der der Photovoltaikanlage vergleichbar sein, also etwa 20 Jahre. Anders als beim Elektromobil spiele das Gewicht beim stationären Einsatz im Eigenheim keine allzu große Rolle, erklärt Gerold Neumann, technischer Geschäftsführer der Firma Dispatch Energy Innovations GmbH, die das Gerät zusammen mit der Fraunhofer-Gesellschaft Energiespeichersysteme entwickelte. Für den neuen Lithium-Ionen-Akku wurden spezielle

Folien entwickelt, in die das Lithium eingebettet ist. Die Folien nehmen deutlich weniger Platz ein als die bisherigen Graphit- oder Metalloxid-Matrizes. Die Folien entstehen aus einer Paste. Das spezielle Know-how liegt in einer optimalen Anpassung von Zusammensetzung, Lösungsmittel und Temperatur, damit die Paste zu einer geordneten Schicht mit optimaler Mikrostruktur aushärten kann. Nur so läßt sich eine lange Lebensdauer des Speichers erreichen. Eine Herausforderung ist das Up-Scaling vom Laborexperiment mit wenigen Millilitern zu einer Menge von bis zu 15 Liter Pastenvolumen.

Bei Dispatch Energy wurde nach etwa zwei Jahren Entwicklungszeit der Prototyp des neuen Stromspeichers im vergangenen November der Öffentlichkeit vorgestellt. Im Sommer 2011 soll die Produktion beginnen. „Wir denken, daß wir zunächst pro Jahr etwa tausend Haushalte ausstatten können“, sagt Dispatch-Energy-Geschäftsführer Dietmar Gruide. Auch Neumann blickt optimistisch in die Zukunft: „Derzeit denkt beim Thema Stromspeicher alle Welt an das Elektroauto mit seinen hochleistungsfähigen Akkumulatoren. Zugleich aber tut sich im Bereich der erneuerbaren Energien ein weiterer riesiger Markt mit enormem Speicherbedarf auf.“

Thomas Isenburg

www.ict.fraunhofer.de

www.dispatchenergy.de

www.umweltdaten.de (Publikationen): „Zukunftsmarkt Elektrische Energiespeicherung“