

Energiespeicherung – die Achillesferse der Energiewende

von **Manfred Popp**
Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – vereinfachte Kurzfassung

Bei allen Vorteilen der Nachhaltigkeit und der relativen Umweltverträglichkeit haben die wichtigsten Erneuerbaren Energien, Sonne und Wind, das Problem gemeinsam, dass das Energieangebot keine Rücksicht auf den zeitlichen Verlauf des Bedarfs nimmt. Um das zeitweise Überangebot für Zeiten des Spitzenbedarfs verfügbar machen, müssten in großem Umfang Energiespeicher gebaut werden. Welche technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten gibt es dazu?

Mobilität

Bisher war die Energiespeicherung vor allem ein Thema für den Individualverkehr, wo es, solange wir mit Benzin oder Diesel fahren, perfekt gelöst ist, denn mit modernen Fahrzeugen reicht eine Tankfüllung für rund 1.000 km. Im Vergleich dazu kann man bezogen auf das Gewicht mit einem Blei-Akku (0,03 kWh/kg) nur 1 % und mit einer Lithium-Ionen-Batterie 5 % speichern. Batterien haben aber noch andere Probleme: Der Wirkungsgrad, mit dem sie die zur Aufladung verwendete Energie umsetzen, liegt bei Blei-Akkus nur bei 47 %,

während Lithium-Ionen-Akkus bis zu 70 % erreichen. Ihre Lebensdauer ist auf ca. 2000 Ladezyklen begrenzt. Deshalb richten sich große Erwartungen auf die Forschung, vor allem die Nanotechnologie, die neue Chancen für noch leistungsfähigere Batterie-Systeme eröffnet. Dabei geht es nicht nur um neue Material-Kombinationen sondern um die Optimierung des Gesamtsystems. Ziel der gegenwärtigen Arbeiten zur Elektromobilität ist die Entwicklung von Autos mit ca. 150 km Reichweite.

Eine Alternative zum Batteriebetrieb wäre ein Antrieb über Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff betrieben werden. Hier ist aber der Gesamtwirkungsgrad mit 37 % bedenklich niedrig. Bei negativen Energiepreisen infolge eines Überangebots von Windenergie könnte diese Technologie aber auch eine Chance erhalten.

Energiespeicher im Stromnetz

Bisher haben Energiespeicher im Stromnetz keine große Rolle gespielt, weil der Kraftwerkspark es erlaubte, den Strom auf die Sekunde bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen. Lediglich

für kurzzeitige Regelung waren Energiespeicher erforderlich. Deswegen beträgt die Speicherkapazität in Deutschland gegenwärtig nur rund 7 GW Leistung, die den Volllastbedarf nur für 30 Minuten decken könnten. Allein die Schwankungen des Windangebots liegen aber zur Zeit bereits bei 20 GW, und Windflauten können selbst im Winter mehrere Tage oder sogar einige Wochen andauern. Und diese Kapazität soll, vor allem durch den Ausbau off-shore bis 2030 in etwa verdoppelt werden.

Das bisher effizienteste Verfahren ist das Pumpspeicherverwerk, in dem Wasser bei Überangebot von einem niedrigen Staubecken in ein höheres gepumpt und bei Versorgungsengpässen wieder heruntergelassen wird. Der Wirkungsgrad liegt bei 80 %, die Kosten bei 5 – 7 Cent pro kWh. Die Anwendung dieses Verfahrens ist in Deutschland jedoch begrenzt, gegen den weiteren Ausbau gibt es teilweise erhebliche Widerstände.

Eine echte Alternative zur sind Druckluftspeicher. Dabei wird Luft sehr hohem Druck (bis zu 100 bar) unterirdisch gespeichert. Wenn die dabei auftretenden

de Wärme nicht genutzt wird, liegt der Wirkungsgrad einer solchen Anlage bei 70 %, andernfalls deutlich niedriger. Ein kleiner Beitrag zum Ausgleich zwischen Bedarfsschwankungen könnte später die Flotte der Elektroautos liefern, aber die Rückeinspeisung ins Netz ist wenig vorteilhaft, wenn man dabei die Abnutzung der Batterie durch zusätzliche Ladezyklen berücksichtigt.

Der Bedarf an Speicherkapazität wächst bis 2020 auf 14 GW, das entspräche ca. 10 % der be-

stehenden Kraftwerkskapazität, wird aber wohl nicht gedeckt. Speicher sind kapitalintensiv und brauchen damit eine hohe Auslastung. Diese Auslastung wird aber langfristig durch den Ausbau der Netze gefährdet. Die heutigen Preissignale reichen als Anreiz für Investitionen in Speicher nicht aus. Die Vorstellung, man könne den zeitweisen Überschuss an Energie aus Erneuerbaren Quellen durch Speicherung „retten“, ist deshalb unrealistisch. Die Energiespeicherung muss ergänzt

werden durch Netzausbau, Demand Side Management und flexible Kraftwerke. Ohne Zubau von Gaskraftwerken ist die Versorgungssicherheit nicht zu gewährleisten. Allerdings fehlen auch dazu die Anreize. Denn angesichts des weiteren Ausbaus der Erneuerbaren Energien und ihres Einspeise-Vorrangs ist die Nutzungsdauer eines neu gebauten Kraftwerkes und damit seine Wirtschaftlichkeit eine unbekanntere Größe. Versorgungssicherheit wird nicht vergütet

Energiespeicherung – die Achillesferse der Energiewende

von [Manfred Popp](#)
Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – Langfassung

Bei allen Vorteilen der Nachhaltigkeit und der relativen Umweltverträglichkeit haben die wichtigsten Erneuerbaren Energien, Sonne und Wind, das Problem gemeinsam, dass das Energieangebot keine Rücksicht auf den zeitlichen Verlauf des Bedarfs nimmt. Um das zeitweise Überangebot für Zeiten des Spitzenbedarfs verfügbar machen, müssten in großem Umfang Energiespeicher gebaut werden. Welche technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten gibt es dazu? Dies war das Thema eines Expertengesprächs der Stiftung Energie und Klimaschutz Baden-Württemberg am 19.10.2011 in Stuttgart.

Mobilität

Bisher war die Energiespeicherung vor allem ein Thema für den Individualverkehr, wo es, solange wir mit Benzin oder Diesel fahren, perfekt gelöst ist, denn mit modernen Fahrzeugen reicht eine Tankfüllung für rund 1.000 km. Energiespeicher für elektrische Energie sind sehr viel weniger leistungsfähig. In unseren Autos enthält ein Tank mit 70 Litern Inhalt mehr als 800 kWh, dagegen bringt es die Batterie in unseren

Autos nur auf 0,5 kWh. Pro kg Gewicht kann man mit Dieselöl mit 12 kWh etwa 400 mal mehr Energie speichern als in einem Blei-Akku (0,03 kWh/kg). Allerdings muss man berücksichtigen, dass der mittlere Wirkungsgrad eines Benzinantriebs nur 15 % und eines Diesel-Antriebs 25 % beträgt, während ein Elektromotor 95 %, mit Nutzbremse 97 % erreicht. Berücksichtigt man diesen Effekt, dann ist die Speicherfähigkeit bei Dieselantrieb immer noch rund 100 mal größer als mit einem herkömmlichen Blei-Akku. Allerdings gibt es inzwischen leistungsfähigere Batteriesysteme; insbesondere die Lithium-Ionen-Batterie, die in den letzten Jahren für eine längere mobile Nutzung unserer Handys, Laptops und Werkzeuge gesorgt hat, kann die fünffache Strommenge des Blei-Akkus speichern (0,13 kWh/kg). Batterien haben aber noch andere Probleme: Der Wirkungsgrad, mit dem sie die zur Aufladung verwendete Energie umsetzen, liegt bei Blei-Akkus nur bei 47 %, während Lithium-Ionen-Akkus bis zu 70 % erreichen. Dieser Wert verschlechtert sich aber mit dem Alter der Batterien,

deren Lebensdauer ohnehin auf ca. 2.000 Ladezyklen begrenzt ist. Schließlich ist es bisher nicht gelungen, die in der Forschung erreichten Spitzenwerte von bis zu 1 kWh/kg in die Praxis umzusetzen. Dem gewünschten Übergang zu Elektrofahrzeugen stehen deshalb noch einige Probleme entgegen. Deshalb richten sich große Erwartungen auf die Forschung, vor allem die Nanotechnologie. Prof. Hahn vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) bestätigte, dass es noch ein erhebliches Entwicklungspotential gibt und die Nanotechnologie neue Chancen für noch leistungsfähigere Batteriesysteme eröffnet. Dabei geht es nicht nur um neue Materialkombinationen sondern um die Optimierung des Gesamtsystems. Ziel der gegenwärtigen Arbeiten zur Elektromobilität ist die Entwicklung von Autos mit ca. 150 km Reichweite, die für die Zweitwagenflotte ausreichen dürfte. Allerdings wird diese Reichweite im Winter deutlich verkürzt, wenn man den Innenraum beheizt, da dafür als Folge des guten Wirkungsgrads des Elektromotors keine Abwärme zur Verfügung steht.

LANGFASSUNG

Eine Alternative zum Batteriebetrieb wäre ein Antrieb über Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff betrieben werden. Auch diese Technik ist in den letzten 10–15 Jahren intensiv erarbeitet worden. Hier ist aber der Gesamtwirkungsgrad, bedingt durch die Verluste bei der Elektrolyse und der Kompression mit 37 % (noch ohne Wasserstoff-Verluste aus dem System) bedenklich niedrig. Bei negativen Energiepreisen infolge eines Überangebots von Windenergie könnte diese Technologie aber auch eine Chance erhalten.



Prof. Dr. Martin Wietschel

Energiespeicher im Stromnetz

Bisher haben Energiespeicher im Stromnetz keine große Rolle gespielt, weil der Kraftwerkspark es erlaubte, den Strom auf die Sekunde bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen. Lediglich für Systemdienstleistungen und kurzzeitige Regelung waren Energiespeicher erforderlich. Das künftig dominierende Problem, sehr preiswerten Strom in Überangebotszeiten für späteren Spitzenbedarf mit entsprechend höheren Preisen zu speichern spielte bisher nur eine untergeordnete Rolle. Deswegen beträgt die Speicherkapazität in Deutschland gegenwärtig nur rund 7 GW Leistung, die den

Volllastbedarf nur für 30 Minuten decken könnten. Die Schwankungen des Windangebots liegen aber zwischen 70 % der gesamten installierten Kapazität von zur Zeit 28 GW (mehr als 70 % wird so gut wie nie erreicht) und wenigen Prozent während Windflauten, die selbst im Winter mehrere Tage oder sogar einige Wochen andauern können. Diese Kapazität soll, vor allem durch den Ausbau off-shore bis 2030 in etwa verdoppelt werden. Welche Möglichkeiten gibt es für eine Speicherung derartig großer Energiemengen?

Das bisher effizienteste Verfahren ist das Pumpspeicherwerk, in dem Strom bei Überangebot von einem niedrigen Staubecken in ein höheres gepumpt und bei Versorgungsengpässen wieder heruntergelassen wird. Der Wirkungsgrad liegt bei 80 %, die Kosten bei 5–7 Cent pro kWh. Die Anwendung dieses Verfahrens ist in Deutschland jedoch begrenzt, gegen den weiteren Ausbau gibt es teilweise erhebliche Widerstände. Die Hoffnung der Befürworter einer bis zu 100 prozentigen Versorgung mit Erneuerbaren Energien richten sich deshalb auf Norwegen und Schweden, was allerdings deren Bereitschaft, ihr geographisch auch nicht unbegrenztes Potential vor allem für die deutsche Energieversorgung einzusetzen und den Bau entsprechend leistungsfähiger Netzverbindungen voraussetzt.

Alternativen zur Pumpspeicherung sind begrenzt. Batterien scheiden aus Kosten- und Effizienzgründen aus, das gilt weitgehend auch für den dezentralen Einsatz in Verbindung mit Photovoltaik-Anlagen. Ein größeres Potential haben

Druckluftspeicher. Dabei wird Luft von einem Kompressor in einer unterirdischen Kaverne unter sehr hohem Druck (bis zu 100 bar) gespeichert. Wenn die dabei auftretende Wärme nicht genutzt wird, liegt der Wirkungsgrad einer solchen Anlage bei 70 %, andernfalls deutlich



Prof. Dr. H. Hahn, Dr. W. Backes, vlnr

niedriger. Ähnlich wie Pumpspeicherwerke können Druckluftspeicher-Kraftwerke schnell hochgefahren werden, sie sind „schwarzstarttauglich“, können also auch nach einem Blackout rasch wieder Strom liefern. Schließlich könnte man auch große Mengen von Wasserstoff erzeugen, um sie in Gaskraftwerken bei Bedarf wieder zu verstromen. Der Energiewirtschaftler Martin Wietschel von der Fraunhofer-Gesellschaft hält dies jedoch wegen der großen Verluste nicht für sinnvoll. Die Erzeugung von Wasserstoff sei allenfalls für den mobilen Sektor sinnvoll. Aus diesem Sektor könnte ein kleiner Beitrag zum Ausgleich zwischen Bedarfschwankungen kommen, wenn man später die Flotte der Elektroautos vor allem während der Phasen eines starken Windangebotes auflädt. Nach neuesten Berechnungen des KIT könnten sich dadurch die Kosten des Aufladens halbieren, wenn die Preisschwankungen an der europäischen Strombörse an den

LANGFASSUNG

Kunden weitergegeben würden. Anders sieht das aber mit der häufig beschworenen Möglichkeit aus, die Elektrofahrzeuge zeitweise zur Deckung von Defiziten wieder zu entladen. Selbst wenn man das während der Zeit des Spitzenbedarfs mittags täte, obwohl dann das Auto nur noch sehr eingeschränkt zur Verfügung stünde, wäre der ökonomische Nutzen sehr begrenzt, er verschwindet ganz, wenn man dabei die noch die Abnutzung der Batterie durch zusätzliche Ladezyklen berücksichtigt.

Wietschel bezifferte den Bedarf an Speicherkapazität bis 2020 auf 14 GW, das entspräche ca. 10 % der bestehenden Kraftwerkskapazität, fürchtet aber, dass der Ausbau aus wirtschaftlichen Gründen unterbleibt. Speicher sind kapitalintensiv und brauchen damit eine hohe Auslastung. Diese Auslastung wird aber langfristig durch den Ausbau der Netze gefährdet. Die heutigen Preissignale reichen als Anreiz für Investitionen in Speicher nicht aus. Die Vorstellung, man könne den zeitweisen Überschuss an Energie aus Erneuerbaren Quellen durch Speicherung „retten“, ist deshalb unrealistisch. Dr. Werner Götz (EnBW) betonte deshalb, die Energiespeicherung müsse ergänzt werden durch Netzausbau, Demand Side Management und flexible Kraftwerke, dabei gebe es kein entweder-oder sondern nur ein sowohl-als auch. Ohne Zubau von Gaskraftwerken ist die Versorgungssicherheit nicht zu gewährleisten. Allerdings fehlen auch dazu nach Aussage von Götz die Anreize. Denn angesichts des weiteren Ausbaus der Erneuerbaren Energien und ihres Einspeise-Vorrangs ist die Nut-

zungsdauer eines neu gebauten Kraftwerkes eine unbekannte Größe. Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind deshalb mit großen Unsicherheiten behaftet. So wundert es nicht, dass die großen Energie-Unternehmen zur Zeit ihr Geld lieber in anderen europäischen Ländern investieren, wo sicherere Renditen zu erwarten sind. In Deutschland wird, so Dr. Götz, Versorgungssicherheit nicht vergütet

Insgesamt zeichneten die Fachleute am 19.10. in Stuttgart ein ernüchterndes Bild der Möglichkeiten der Energiespeicherung. Das Elektroauto wird weiterentwickelt, hinsichtlich Reichweite und Kosten aber wohl deutliche Defizite gegenüber herkömmlichen Fahrzeugen aufweisen, deren Entwicklungspotential zu noch höherer Effizienz im Übrigen noch nicht ausgeschöpft ist; dieser Wettbewerb ist noch nicht entschieden. Überschussangebote von Erneuerbaren Energien, die beim weiteren Ausbau immer häufiger auftreten werden, werden nicht langfristig gespeichert werden

können. Diese Strommengen werden künftig vermieden oder vernichtet oder mit negativen Kosten, also gegen Aufpreis, exportiert werden. Der viel beschworene Ausbau der Netze kommt nicht bedarfsgerecht voran, nicht nur wegen der langen Planungszeiten und vieler örtlicher Widerstände, sondern auch, weil die Renditen, die die staatliche Netz-Regulierung zulässt, für Investoren nicht attraktiv sind. In der Diskussion über die Energiewende wird oft übersehen, dass die Stromversorgung in Europa Mitte der neunziger Jahre liberalisiert wurde. Stromversorger mit Regionalmonopolen, aber auch mit der Verpflichtung, Versorgungssicherheit zu gewährleisten, gibt es seit dem nicht mehr. Die Unternehmen müssen seit der Liberalisierung der Wirtschaftlichkeit Priorität vor Versorgungssicherheit geben. Die deutsche Energiepolitik andererseits gibt dem Klimaschutz Vorrang vor Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit. Das kann nicht gut gehen. ■



In der Diskussionsrunde wurde die Priorität des Klimaschutzes vor der Wirtschaftlichkeit und der Versorgungssicherheit diskutiert. Im Bild: Prof. Dr.-Ing. Hahn, Dr. Backes, Dr. Götz, Dr. Dieterich vlnr; Bildquelle: 3 Fotos: Klaus Theißing)