

Stromspeicherung

Zusammenfassung

Ein großes Problem für die sog. Energiewende ist die Bereitstellung von Strom/Energiespeichern für die stark schwankende Beistellung von Wind- und Solarstrom, das bisher noch nicht gelöst ist.

Für die Speicherung großer Strommengen werden bisher Pump-Speicherkraftwerke eingesetzt. Die großen Kernkraft- und Kohlekraftwerke, die als Grundlastkraftwerke eingesetzt werden, sollen rund um die Uhr laufen. Nachts besteht dabei ein Überschuß an Strom, der in Pumpspeicher-Kraftwerken zwischen gespeichert wird und von dort bei Bedarf wieder abgeholt werden kann. Darüber hinaus wurden in den vergangenen Jahren Nachtspeicheröfen installiert, die nachts mit Strom aufgeladen werden und tagsüber die Wärme bei Bedarf abgeben.

Insgesamt ergibt sich folgende Übersicht:

Die Installierte Leistung der Windkraftanlagen betrug Ende 2011: 29 GW, die erzielte Stromproduktion 49 Mrd.kWh/a, die installierte Leistung der Solarstromanlagen 25 GW, die erzielte Stromproduktion 18 Mrd.kWh/a (Werte aus 2011)

1. Bei den **Pumpspeicherkraftwerken** besteht eine Kapazität von etwa 40 GWh mit weiterem Ausbau ergeben sich etwa 55 GWh Speicherkapazität. (wenn die gesamte Speicherkapazität aller Anlagen verfügbar ist). Bei großem Überschuß an Wind- und Solarstrom reichen die vorhandenen Speicherkapazitäten max. einige Stunden aus. Der weitere Ausbau ist aufgrund der geographischen Gegebenheiten eingeschränkt
2. **Druckluftspeicherkraftwerke** (unterirdische Speicherung in Salzkavernen): es gibt in Deutschland nur 1 Anlage mit 321 MW. Das ist nur eine Nischentechnologie.
3. **Speicherung in Elektro-Speicherheizungen:** die bisher schon vorhandenen Elektrospeicherheizungen könnten einen kleinen Teil des Wind- und Solarstroms übernehmen. Bei Umstellung der Haushalte auf den ganztägigen Strombezug für Elektroheizungen ist diese Methode eine sinnvolle Möglichkeit zur Stromspeicherung
4. **Stationäre Li-Ionen-Akkus.** Für en Einsatz im Gartenbereich sind Li-Ionen-Akkus eine bewährte Technik. Ein 1-MW-Li-Ionenakku der Fa. Evonik ist jedoch nur ein interessanter Prototyp.
5. **Speicherung in Elektroautos.** Die Einführung von 1 Mill.Elektro-PKWs in 2020 (Wunschvorstellung von Kanzlerin Merkel) könnte nur einen Bruchteil des verfügbaren Wind- und Solarstroms aufnehmen. Eine weitere Steigerung der Elektro-PKW wird voraussichtlich an den technischen Möglichkeiten scheitern.

Fazit: Die Pumpspeicherkraftwerke sind bisher die einzige Möglichkeit Strom in größerer Mengen zu speichern. Die interessanteste Technik ist die Umstellung von Haushalten auf Elektrospeicherheizungen und Einsatz bei Überschuss an Wind- und Solarstrom.

1. Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken¹⁾ für Wind- und Solarstrom

Übersicht über Pumpspeicherkraftwerke:

Land	In Betrieb MW	Im Bau	In Planung MW
Deutschland	6.700	2.500	
Österreich	3.900		
Schweiz	3.600	2.900	1.660
Norwegen	2.840		
Belgien	1.300		
Luxemburg	1.096		
Polen	500		
Tschechien	650		

Prinzip eines Pumpspeicherkraftwerkes: Bei Stromüberschuß wird Wasser in ein Becken auf einem Berg gepumpt, bei Bedarf wird das Wasser über Turbinen geleitet und dabei Strom erzeugt. Im Jahr 2006 erzeugten die Pumpspeicherkraftwerke 4.042 GWh elektrische Energie. Dem stand eine Pumparbeit von 5.829 MW gegenüber, so dass der durchschnittliche Wirkungsgrad 70 % betrug.¹⁾, d.h. 30 % Verlust.

In Deutschland ist eine Pumpspeicherleistung von etwa 6,7 GW installiert. Die Kraftwerke sind für eine Nutzungsdauer von täglich 4–8 Stunden ausgelegt. Daraus ergibt sich eine Gesamtspeicherkapazität von etwa 40 GWh (Stand 2010)

In Deutschland sind Ende 2011 installiert:

etwa 29.000 MW Windkraftanlagen. Bei voller Leistung produzieren diese etwa 29.000 MWh/h = 29 GWh/h und etwa 25.000 MW Solarstromanlagen. Bei voller Leistung produzieren diese etwa 25.000 MWh/h = 25 GWh/h.²⁾

Unterstellt man, dass als Maximalwert etwa 50% des Windstroms und 50 % des Solarstroms wegen Absatzmangels gleichzeitig gespeichert werden muss (= 27 GWh/h), so ergibt es sich, dass nur über $40/27 = 1,5$ h die Speicherkapazität aller Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland zur Speicherung des Wind/Solarstroms genutzt werden kann, wenn alle Speicherkapazitäten verfügbar sind.

Facit: Bei großem Stromüberschuss von Wind- und/oder Solarstrom über mehrere Stunden würden die vorhandenen und auch die geplanten Pumpspeichieranlagen selbst unter günstigsten Bedingungen (Speicherbecken auf den Bergen leer) bei weitem nicht für die Speicherung ausreichen. Außerdem der ist weitere Ausbau aufgrund der geographischen Gegebenheiten eingeschränkt

1)<http://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherkraftwerk>

2) http://www.buerger-fuer-technik.de/Alt_Leistung_und_Arbeit_Wind_Sonne.pdf

2. Druckluft-Speicherkraftwerke¹⁾

Druckluftspeicherkraftwerke sind [Speicherkraftwerke](#), in denen [Druckluft](#) als [Energiespeicher](#) verwendet wird. Sie dienen zur Netzregelung wie beispielsweise der Bereitstellung von [Regelleistung](#): Wenn mehr Strom produziert als verbraucht wird, wird mit der überschüssigen Energie Luft unter Druck in einen Speicher gepumpt; bei Strombedarf wird mit der Druckluft in einer Gasturbine Strom produziert.

Nach der englischen Bezeichnung *Compressed Air Energy Storage* werden diese Kraftwerke auch abgekürzt CAES-Kraftwerke genannt.

Weltweit werden bislang nur zwei Speicherkraftwerke dieses Typs betrieben: Das [Kraftwerk Huntorf](#) in Deutschland und das [Kraftwerk McIntosh](#) in den USA.

Ausgeführte Anlagen Kraftwerk Huntorf

Das Kraftwerk Huntorf ist ein kombiniertes Druckluftspeicher- und Gasturbinenkraftwerk. Es wurde Ende der 1970er Jahre in Deutschland, in Huntorf bei [Elsfleth](#) (Niedersachsen), gebaut und 1978 in Betrieb genommen. Das Kraftwerk hatte ursprünglich eine Leistung von 290 MW; diese wurde durch ein [Retrofit](#) im Jahre 2006 auf 321 MW erhöht. Die Anlage wird heute von EON betrieben.²⁾

Kraftwerk McIntosh

Das **Kraftwerk McIntosh** ist ein kombiniertes [Druckluftspeicher-](#) und [Gasturbinenkraftwerk](#) im Bundesstaat [Alabama](#). Das 1991 erbaute Druckluftspeicherkraftwerk ist eine von nur zwei derartigen Anlagen weltweit (neben dem deutschen [Kraftwerk Huntorf](#)). Die Aufladung dauert bei einer Leistungsaufnahme von 60 MW am Verdichter bis zu 45 Stunden. Bei voller Aufladung des Speichers reicht die gespeicherte Luft aus, um die Leistung von 110 MW über 26 Stunden aufrechtzuerhalten. Dies entspricht einer gespeicherten Energiemenge von 2860 MWh, fast fünf mal so viel wie in Huntorf.³⁾

Geplante Anlagen Druckluftspeicher Staßfurt

Ab 2013 soll in [Staßfurt](#) im Salzlandkreis in Sachsen-Anhalt eine Pilot- und Testanlage errichtet werden. Das Konzept wird von [RWE](#), [General Electric](#), [Züblin](#) und dem [DLR](#) entwickelt. Das Kraftwerk soll nach Fertigstellung über eine Leistung von ca. 90 MW_{el} und eine Speicherkapazität von etwa 360 MWh verfügen und von RWE betrieben werden.

Norton Energy Storage

In [Ohio](#) (USA) will die Firma *Norton Energy Storage* das größte bisher gebaute Druckluftspeicherkraftwerk errichten. Es soll in einer 700 Meter tief liegenden zehn Millionen Kubikmeter großen Kalksteinmine Luft speichern. Die erste Leistungsstufe soll zwischen 200 MW und 480 MW haben und zwischen 50 und 480 Mio. [US-Dollar](#) kosten. In vier weiteren Stufen soll die Leistung auf etwa 2.500 MW gesteigert werden.

Auch **EnBW** hatte den Bau eines Druckluftspeicherkraftwerkes im Plan. Darüber ist es aber still geworden.

Fazit: Druckluft-Speicherkraftwerke sind bisher nur eine Nischentechnologie

Literatur:

1) <http://de.wikipedia.org/wiki/Druckluftspeicherkraftwerk>

2) http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Huntorf

3) http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_McIntosh

3. Einsatz von Wind- und Solarstrom für Elektroheizung

Strombedarf für Nachtspeicherheizung in Deutschland

In Deutschland gibt es 1,4 Mill. Wohnungen mit Nachtspeicherheizung, das ist jede 25. Wohnung.¹⁾

Die durchschnittliche Wohnfläche pro Wohnung betrug im Westen 94,2 m², im Osten 76,7 m² ²⁾, im Mittel etwa 87 m²,

Der Heizungsbedarf liegt bei etwa 90 kWh/m²a ³⁾.

d.h. der Strombedarf für die Nachtspeicherheizungen in Deutschland liegt bei etwa:

1,4 Mill. x 87 m² x 90 kWh/m²a = ca. 11 Mrd.kWh/a. für die vorhandenen Nachtspeicherheizungen in Deutschland.

Jahresstromproduktion von Windkraftanlagen in Deutschland:

Installierte Leistung 29.000 MW = 29 Mill. kW

Jährliche Stromproduktion aus Windkraft: Ist-Wert 2011 49 Mrd. kWh⁴⁾

Jahresstromproduktion von Solarstromanlagen:

Installierte Leistung: 25.000 MW = 25 Mill kW

Jährliche Stromproduktion Ist-Wert 2011 18 Mrd.kWh⁴⁾

Damit stehen 49 Mrd.kWh/a + 18 Mrd.kWh/a einem Bedarf von 11 Mrd.kWh/a für die Nachtspeicherspeicherheizung gegenüber. Trotz der großen Schwankungen bei der Beistellung des unsteten Wind- und Solarstroms kann dennoch ein größerer Teil für die Nachtspeicherspeicherheizung genutzt werden.

Fazit: bei weiterem Ausbau der Erzeugung von Wind- und Solarstromanlagen und einer Umstellung der Haushalte auf den ganztägigen Strombezug für Elektroheizungen ist diese Methode eine sinnvolle technische Lösung zur Stromspeicherung. Dabei ist besonders die Speicherung von Solarstrom sinnvoll, da dieser zu 98 % im Niederspannungsnetz anfällt.⁵⁾

Literatur:

1) <http://www.klima-sucht-schutz.de/energiesparen/heizen/beitrag/article/nachtspeicherheizung-1.html>

2) http://www.welt.de/welt_print/article1754265/Im-Westen-sechs-Quadratmeter-mehr-Wohnflaeche.html

3) <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizenergiebedarf>

4) http://www.buerger-fuer-technik.de/Alt_Leistung_und_Arbeit_Wind_Sonne.pdf

5) www.solarwirtschaft.de

4. Speicherung in Li-Ionen-Akkus

Die Li-IonenAkkus haben eine große Verbreitung in Kleingeräten, wie Bohrmaschinen, Heckenscheren, Rasenmähern aber auch in Elektro-PKWs gefunden.

Ein 1-MW-Großspeicher mit Lithium-Ionen-Akku (LESSY) wurde im Evonik-Kraftwerk in Fenne in Völklingen/Saarland aufgebaut. Hier wird im Rahmen des LESSY-Projektes (LESSY – Lithium-Elektrizitäts-Speicher-System) der Prototyp eines Stromspeichers mit einer Ein- und Ausspeicherleistung von 1 MW mit einer Speicherkapazität von etwa 700 kWh für den Testbetrieb ab Januar 2011 eingesetzt.. Der **LESSY-Speicher ist so groß wie ein normaler See-Container.** In 12 Strängen zu je 14 Blöcken mit jeweils 8 Zellen werden **4.700 Batteriezellen verarbeitet und miteinander verschaltet.**

Würde dieser Speicher viertelstündlich ge- und entladen könnte er 4 .000 Haushalte pro Jahr versorgen.

Die Hochleistungsbatteriezellen auf Lithium-Ionen-Basis (Markenname Cerio), das Herzstück künftiger Elektroautos, werden in Kamenz/Sachsen von der Firma Li-Tec, einem joint venture von Evonik und Daimler hergestellt. Schon 2012 sollen in einer Variante des Daimler-Smart serienmäßig die Speicher eingebaut werden. Entscheidend für den Erfolg der Li-Ionen-Akkus ist der bei Evonik in Marl entwickelte keramische Separator, der Anode und Kathode voneinander getrennt hält. Damit gelang es, den Akku vor Überhitzung zu schützen, den Platzbedarf zu verringern und den Lebenszyklus zu verlängern.

**Fazit des Lessy für die Speicherung von Wind- und Solarstrom:
Keine realistische Chance, der Aufwand ist zu groß.**

1. <http://corporate.evonik.com/de/content/product-news/Pages/lessy.aspx>
2. <http://www.li-tec.de/anwendungen/cerio-station.html>
3. http://www.buerger-fuer-technik.de/body_lithium-ionen-akkus_fur_pkw.html

5. Elektroautos für die Speicherung von Wind- und Solarstrom^{1,6)}

Anders als bei konventionellen Kraftstoffen wie Benzin, Diesel oder Gas weisen die Akkus schon deshalb ein erhöhtes Risiko auf, weil sie Brennstoff und Zündquelle in einem Gehäuse vereinen. Elektrische Überladung und mangelhafte Kühlung gelten als Hauptursachen für die Selbstentzündungen. Weitere Probleme: Wasser ist als Löschmittel nicht geeignet. Es setzt explosiblen Wasserstoff aus dem Lithium frei -und ein reines Elektroauto ist für Fußgänger nicht zu hören.^{2,3)}

Der Idee Elektroautos als Speicher liegt folgende Vorstellung zugrunde: bei sehr vielen Elektroautos könnten die Elektro-PKW im Falle von Überschuss-Strom aus Wind- und Solarstromanlagen aufgeladen werden. Das Konzept **Vehicle to Grid** (Fahrzeug im Netz) sieht vor, die Energiespeicher in Elektro- und **Hybridautos** für das öffentliche Stromnetz nutzbar zu machen, da auch Elektroautos mehr parken als fahren und die meiste Zeit mit einer Ladestation verbunden sein können. So können die Schwankungen bei der Erzeugung von Elektrizität aus erneuerbaren Energien gepuffert, oder **Spitzenlasten** ausgeglichen werden. 2006 verbrauchte der gesamte Personenverkehr auf der Straße 488 TWh Primärenergie. Wegen der Wirkungsgradverluste beim Verbrennungsmotor entspricht dies etwa einer Energiemenge von rund 163 TWh, die durch Batterien eines Elektroantriebs bereitgestellt werden müsste, wenn alle **42 Mill. PKW** auf Elektroantrieb umgestellt würden. Im Falle der von der Bundesregierung für **2020 angestrebten Zahl von einer Million Elektroautos**, was einem Anteil von etwa 2 % aller Fahrzeuge entspricht, sind rund 3 TWh an elektrischer Energie aufzubringen.

Ein Elektrofahrzeug hat einen Bedarf von etwa 15 kWh/100km.

Aktuell (2011) erhältliche **Elektro-Kleinwagen** haben in der Praxis einen Verbrauch von im Schnitt **weniger als 13kWh/100 km**.

Unterstellt man eine Fahrleistung von 10.000 km/Jahr und eine Beistellung von 50 % aus Wind- oder Solarstrom, dann ergibt sich pro PKW eine mögliche Beistellung aus Wind- und Solarstrom von 13 kWh/100 km x 5000 km = 650 kWh. Und bei theoretisch geplanten 1 Mill. PKW in 2020 sind dies 650 Mill. kWh/a.

Das Angebot an Windstrom liegt bei 49 Mrd.kWh/a Windstrom und 18 Mrd.kWh/ Solarstrom (siehe Kap. 3). Erst wenn alle 42 Mill. PKW entsprechend zur Speicherung von Wind- und Solarstrom eingesetzt würden, könnten damit nach gleicher Überschlagsrechnung 27 Mrd kWh Strom gespeichert werden. Elektroautos auf breiter Front werden erst in 20 oder gar 30 Jahren unterwegs sein.⁴⁾

Die Probleme bei den Elektro-PKW sind jedoch:

1. Akku zu teuer und damit PKW zu teuer.
2. Geringe Reichweite der PKW wegen der nicht ausreichenden Akku-Kapazität, deshalb bisher nur im Stadtverkehr geeignet.⁵⁾
3. Brandgefahr der Akkus, Löschen mit Wasser problematisch.
4. Elektro-PKW zu leise (Unfallgefahr für Fußgänger)

Fazit: Mit den laut Kanzlerin Merkel anvisierten 1 Mill. Elektro-PKW in 2020 könnte nur ein Bruchteil des Wind- und Solarstroms gespeichert werden. Sinnvoll wäre dies erst bei einer sehr großen Zahl von Elektro-PKW.

Literatur.

1. Elektroauto Akkus Stand 2011: www.technik-elektroauto.de/lithium-ionen-akkus-der-elektroauto-akku.html
 2. Probleme bei Elektroautos: Welt 7.4.2012, Kurzinfo aus Energie;Wissenschaft und Technik Nr. 368/7.
 3. Konsequenzen aus dem Brand eines Chevrolet Volt
<http://www.mein-elektroauto.com/2011/11/nhtsa-veroeffentlicht-sicherheitshinweise-nach-dem-brand-eines-elektroauto/4116/>
 - 4) Zukunftsaussichten des Elektro-PKW <http://www.zeit.de/auto/2012-03/autosalon-genf-elektroautos>
 - 5) <http://www.heise.de/autos/artikel/Elektro-Smart-mit-Li-Ion-Batterie-geht-ab-November-in-Serie-461517.html>
- 6) Energieversorgung** Elektro-PKW siehe:
http://de.wikipedia.org/wiki/Elektroauto#Energiewirtschaftliche_Aspekte_und_Elektromobilit.C3.A