

## Pumpspeicherwerke



### Pumpspeicherwerke

- **dienen wenig den Erneuerbaren Energien,**
- **unterstützen kaum die Energiewende,**
- **dienen nicht dem Atomausstieg,**
- **haben andere Zwecke.**

Eine Stromversorgung aus 100 Prozent Erneuerbaren Energien ist möglich in Deutschland bis zum Jahre 2050. Dies beschreiben seriöse Studien aus dem Jahr 2010 des Sachverständigenrates Umweltfragen der Bundesregierung und des Umweltbundesamtes im Bundesumweltministerium.

[http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02\\_Sondergutachten/2011\\_07\\_SG\\_Wege\\_zur\\_100\\_Prozent\\_erneuerbaren\\_Stromversorgung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2011_07_SG_Wege_zur_100_Prozent_erneuerbaren_Stromversorgung.pdf?__blob=publicationFile) und <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3997.pdf>

Analoge Studien gibt es auch für die USA, z.B. der Stanford Report, 2010.

<http://www.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/l/susenergy2030.html>

Diese Studien beschreiben auch die Notwendigkeiten der Speicherung der Stromenergie zur Unterstützung der Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien.

Die Position des BUND zu Netzen und Speichern vom August 2010 finden Sie unter:

[http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/klima/20101005\\_klima\\_energie\\_erneuerbare\\_energien\\_stromspeicherung\\_stellungnahme.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/klima/20101005_klima_energie_erneuerbare_energien_stromspeicherung_stellungnahme.pdf)

Die oft bewusst erzeugte Verwirrung um die Begriffe „Energiespeicher“, „Stromspeicher“ und „Pumpspeicherkraftwerke“ hilft leider nicht den Erneuerbaren Energien. Energiespeicher sind bekannt – jeder Holzstoß hinter'm Haus ist ein Energiespeicher für Wärme. Der Tank im PKW ist ein Energiespeicher für Treibstoff. Ein Sack Kartoffeln im Keller ist Energiespeicher für Nahrung.

Elektrischer Strom ( $I = dQ/dt$ ), als strömende elektrische Ladung  $[Q]$ , lässt sich nicht direkt speichern – die Energie des elektrischen Stroms (das Produkt aus treibender elektrischer Spannung, Strom und der Zeit:  $E [V \cdot A \cdot s = W \cdot s = J] = U [V] \cdot I [A] \cdot t [s]$ ) muss zur Speicherung in andere Energieformen umgewandelt werden.

Fotovoltaikstrom und Windstrom können Schwankungen (Frequenz, Spannung) im Sekunden- und Minutenbereich im Nieder- und Mittelspannungsnetz (Verteilernetz) erzeugen – regional gleichen sich solche Instabilitäten im Allgemeinen wieder aus. Lokal können dezentrale elektrochemische Speicher wie Batterien und/oder (Mini-, Mikro-) Blockheizkraftwerke in Wohnhäusern diese Verteilernetze am besten stabilisieren.

Grundlastkraftwerke, wie Kohle- oder Atomkraftwerke, müssen tags und nachts laufen. Daher profitieren diese am meisten von Pumpspeicherwerken (PSW). PSW pumpen Wasser mit Strom nachts - wenn der Strom billig von den Kohle- und Atomkraftwerken geliefert wird - hoch in einen Obersee. Tags - wenn Strom teuer verkauft werden kann - lassen sie das Wasser wieder durch Turbinen hinunter und produzieren und verkaufen teuren Strom.

Die fluktuierenden Erneuerbaren Energien Sonne und Wind benötigen hingegen vor allem Vorratsspeicher. Wie kann der Strom aus der Sonnenenergie von den drei bis vier hellen Sommermonaten in den dunklen Winter gespeichert werden? Wie kann der Strom aus den windigen Herbst- und Wintermonaten in einen Sommer mit wochenlangen Windflauten gespeichert werden? Solche Energiemengen können heute nur stofflich, das heißt in chemischen Produkten, gespeichert und gelagert werden. Die heute sinnvoll erscheinende Technologie ist die elektrochemische Herstellung von Wasserstoffgas mittels Strom in modernen Elektrolyseverfahren und dann die chemische Reaktion von Wasserstoff mit Kohlendioxid zu Methan, bekannt als Erdgas. Deutschland ist stark in der chemischen Industrie. Für Erdgas haben wir in Deutschland eine ausgezeichnete Logistik und Speicher mit einer Kapazität für mehr als 3 Monate.

PSW sind vor allem Tagesspeicher, wie zum Beispiel die bei Riedl / Jochenstein bei Passau geplante Anlage. PSW sind eine veraltete Technologie aus den 1950er und 1960er Jahren. Mit dem Siegeszug der Photovoltaik in Bayern werden sie unwirtschaftlich. Denn die Photovoltaik hat den Vorteil, dass sie teuren Spitzenstrom mittags billiger macht, damit schrumpft der Preisunterschied zwischen Tagstrom und Nachtstrom.

Anlässlich eines Seminars der Deutschen Umwelthilfe zu Stromspeichern und Naturschutz im Februar 2011 in Berlin nannte Dr. Felix Christian Matthes folgende Eckdaten für Stromspeicher in Deutschland: Um die ca. 500 bis 600 TWh Strombedarf bei Produktion aus Erneuerbaren Energie sinnvoll zu unterstützen, benötigen wir ca. 50 TWh Strom-Speicherkapazität (50 Milliarden kWh (Kilowattstunden)). Typischerweise haben große PSW in Deutschland eine Speicherkapazität im Bereich von 500 GWh (= 0,5 TWh) – wir bräuchten also mehr als hundert PSW für Deutschland, die meisten PSW wohl in Bayern. Dr. Matthes sieht die Notwendigkeit dieser Speicherkapazität ab dem Jahr 2030 - wir haben also noch Zeit, über die ökologisch richtigen Speicherformen nachzudenken, diese zu entwickeln und zu industrialisieren.

### **Pumpspeicherkraftwerke (PSW) haben intrinsische ökologische Nachteile: extrem hoher Flächenverbrauch**

PSW benötigen typischerweise einen oder zwei Seen (einen Ober- und einen Untersee). Durch die Pump- und Turbinentätigkeit schwankt der Wasserspiegel in diesen Seen typischerweise im Bereich von 1 – 20 m oder mehr. Nun gibt es kein Süßwassersystem, das im täglichen Rhythmus einen solchen „Tidenhub“ kennt. Die belebte Zone eines Sees lebt am Ufer – Wasserstandsänderungen im Tagesrhythmus sind tödlich zum Beispiel für Laich (damit letal für die Reproduktion von Fischen, Amphibien, Insekten) aber auch für Wasserpflanzen (die oft am Beginn der Nahrungskette stehen). Die Wasserflächen der Seen eines PSW sind also im Allgemeinen ökologisch tot. Oft ausgemalte Tourismus-Visionen sind eher Euphemismus – Wassermotorrennsport ist möglich, Ökologie eher nicht.

Die Fläche eines PSW ist also vergleichbar mit Flächenversiegelung, also Fläche die aus dem belebten System Natur für lange Zeit entnommen wird.

## **Pumpspeicherwerke dienen nicht den Erneuerbaren Energien! Und damit auch nicht unserem Kampf gegen die Atomenergie.**

Minister Zeil sagte zum Beispiel in einem Interview in der Passauer Neuen Presse vom 31. August 2011 zum geplanten PSW Riedl, Jochenstein, bei Passau: „Die Tatsache, dass es eine alte Technologie ist, bedeutet nicht, dass es eine schlechte Technologie ist“ – und: **Dass der Energiespeicher Riedl jetzt nur „unter dem Deckmäntelchen Energiewende“ daherkomme, wies Zeil weit von sich. „Das ist davon völlig unabhängig initiiert und konzipiert worden.“**

Neben uns Menschen ist die Fläche, auf der wir leben, eines der wichtigsten Güter! Wir können die 70500 km<sup>2</sup> Fläche Bayerns nicht vermehren! Flächenfraß und Flächenversiegelung sind ein großes Problem in Bayern. Auch bei der Energiewende und dem Kampf gegen die Atomenergie müssen wir neben dem Menschenschutz auch den Klimaschutz, den Naturschutz und den Flächenschutz berücksichtigen.

Für die Belange Flächenschutz muss die Energiedichte pro Fläche betrachtet werden. Naturgemäß ist die chemische Energiemenge pro Volumen oder pro Fläche bei stofflicher Speicherung (Holz, Wasserstoff, Methan, ect.) am höchsten, gefolgt von elektrochemischer Energiespeicherung in Batterien und thermischer Energiespeicherung (Wärme). Am ungünstigsten ist die Strom-Speicherung als potentielle Energie, also in Oberseen von Pumpspeicherwerken – hier ist der Flächenbedarf pro Energiemenge riesig groß.

Als Abschätzung des Flächenbedarfs der Energiespeicherung soll hier der Energieinhalt eines Liters Speichermedium herangezogen werden; ein Liter (l) hat als Quader eine Grundfläche von 10 cm mal 10 cm.

- ein Liter Methan (CH<sub>4</sub>) (wie z.B. „Windgas“, Bio-Methan, ect.) hat in einer Druckkaverne bei einem Druck von 250 bar einen Energieinhalt von 9 MJ/l (Mega Joule pro Liter) (Hinweis: 3,6 MJ entsprechen 1 kWh);
- ein Liter Lithium-Ionen-Batterie speichert bis zu 1,3 MJ/l;
- ein Liter Wasser von 100 °C speichert Energie von ca. 0,3 MJ/l (nutzbare Temperaturdifferenz von 100°C bis Raumtemperatur 20°C);
- ein Liter Wasser besitzt in 100 m Höhe eine potentielle Energie von knapp 0,001 MJ/l.

Das heißt, bezogen auf den Flächenverbrauch, ist die Stromspeicherung in PSW um den Faktor ca. 1000 Mal schlechter als die Speicherung in (elektro-) chemischen oder thermischen Energie-Trägern. Der Flächenverbrauch ist bei PSW um den Faktor ca. 1000-fach höher. Auch wenn man die Flächen der Anlagen der chemischen Umwandlung mit berücksichtigt, bleibt ein Faktor von größer 100. PSW sind also, ökologisch betrachtet, eine desaströse Form der Energiespeicherung.

### **Ob PSW zu Erneuerbaren Energie passen, ist unklar.**

PSW profitieren heute davon, dass tags der Stromverbrauch hoch ist und nachts gering (Menschen sind Sonne-gesteuert). Nachtstrom ist heute billig (bis unter 5 €/kWh), Tagsstrom ist heute in der Spitze teuer (bis über 50 €/kWh). PSW leben heute davon, dass sie nachts Wasser hoch pumpen in den Obersee, mit billigem Grundlaststrom (AKW, Kohle-KW, etc.), und verstromen diese hydrostatisch gespeicherte Energie tags über Turbinen zur Vermarktung.

Gemäß einer Studie der DENA von 2011 zum PSW Atdorf, liegt der Vorteil eines PSW vor allem darin, Preisspitzen zu dämpfen: d.h. Preistiefs in der Nacht zu heben und Preisspitzen am Tag zu senken.

Wind bläst im Allgemeinen lokal unregelmäßig, aber über Deutschland und Mitteleuropa mitteln sich Flauten und Böen aus, es gibt es irgendwo immer Wind. Die Modelle der o.g. Studie des Umweltbundesamtes sagen voraus, dass wir dennoch Strom aus Speichern für ca. 1000 bis 2000 Stunden (h) im Jahr (a) benötigen werden (bei 8760 h/a).

Wind bläst typischerweise mehr im Herbst und Winter und weniger im Sommer – es werden also Vorratsspeicher benötigt über eine Zeit bis zu ca. 6 Monaten, das sind ca. 4000 Stunden. PSW in Bayern haben typischerweise in Bayern eine zeitliche Speicherreichweite von ca. 12 Stunden. PSW können also den fluktuierenden Windstrom kaum unterstützen.

Nach heutigen Gesetzen können Erneuerbare Energie Anlagen über 100 kW Stromleistung abgeschaltet werden, wenn „zuviel“ Strom im „Netz“ ist. Das ist aber ein Versagen des EEG, den richtigerweise müssten dann die AKWs oder die Kohlekraftwerke heruntergefahren werden – aber die Stromkonzerne verhindern dies! Ein sinnvoller physikalischer Grund für PSW ist dies nicht!

**Der Bund Naturschutz fordert, dass die Tauglichkeit der Bayerischen PSW für die Erneuerbaren Energie im Grundsatz untersucht wird, zum Beispiel über einen Zeitraum von 3 Jahren – und die Daten dann offen gelegt werden. (i) Dies könnte in der Praxis mit einem Verbund von alten und finanziell abgeschriebenen Anlagen erfolgen – denn diese müssen keine Kapitallast mehr tragen. (ii) Dies könnte auch als offen gelegte Modellierung mit nachvollziehbaren Daten erfolgen.**

Es gibt auf diesen Vorschlag keine Antwort – denn, wie Minister Martin Zeil richtig sagt – es gibt keinen Zusammenhang zwischen PSW und Erneuerbaren Energien. Ein Hauptinteresse an PSW kommt aus der Bauindustrie – verständlich bei den Massen an Erde und Beton, die bewegt und verbaut werden.

Fotovoltaik-/Sonnenstrom folgt mit der Sonne der menschlichen Aktivität. Tags zur Mittagszeit (Spitzenstrom) werden bis zu 80 GW (Giga Watt) Stromleistung verbraucht in Deutschland, im August (Ferienzeit) sinkt der Spitzenbedarf auf 40 bis 50 GW (Die Spitzenleistung der Fotovoltaik fällt an im Mai – Juni - Juli – bei Sonnenhöchststand; im heißen August, wenn die Sonne flacher steht, geht die Fotovoltaik-Leistung wieder zurück). Der Grundbedarf Strom in der Nacht liegt heute typischerweise im Bereich 40 GW. Die Stromleistung Fotovoltaik liegt heute mittags bei bis zu 20 GW. Bei heutiger Ausbaurate der Fotovoltaik wird eine Leistung von 60 bis 80 GW Sonnenstrom ca. im Jahr 2025 erreicht. Dann entfällt zunächst die Preisdifferenz Tagstrom und Nachtstrom – und damit die Wirtschaftlichkeit von PSW. Erst wenn der Markt invertiert wäre, also Nachtstrom teuer wäre als Tagstrom, dann könnten PSW Sonnenstrom tags wirtschaftlich einspeichern und nachts wieder verkaufen. Das könnte in 2030 der Fall sein – mit all den Unsicherheiten solcher Voraussagen.

**Sinnvolle Formen der Energiespeicherung: industriell / gewerblich - zentral**

Die Energie des Stroms kann Wasser ( $H_2O$ ) mittels Elektrolyse spalten in Wasserstoffgas ( $H_2$ ) und Sauerstoffgas ( $O_2$ ). Das heißt, die Elektrolyse von Wasser mit Strom kann die Energie des Strom stofflich-chemisch speichern als Wasserstoff. Wasserstoffgas kann dem Erdgasnetz bis zu 8 % (konservativ) bzw. bis zu maximal 25 % (optimistisch) zugemischt werden.

Die chemische Reaktion von Wasserstoff mit Kohlendioxid ( $CO_2$ ), unterstützt von Katalysatoren, liefert Methan ( $CH_4$ ): Erdgas besteht zu ca. 90 % aus Methan. Diese Form der stofflichen Stromenergie-Speicherung ist unter dem Stichwort „Windgas“ bekannt. Chemie ist eine Kernkompetenz der deutschen Industrie!

Die Energiespeicher-Kapazität des heutigen Erdgasnetzes in Deutschland liegt bei ca. 200 TWh (thermisch, d.h. ca. 100 TWh elektrisch) – das wäre deutlich mehr, als der modellierte Stromspeicher-Bedarf für Strom aus Erneuerbaren Energien von ca. 50 TWh. Die Speicherung der Stromenergie als Erdgas hat also den Vorteil, dass die Logistik der Speicherung und der potentiellen Nutzung bereits vorhanden ist: Gaskraftwerke, Gas- und Dampfkraftwerke, (Mikro-, Mini-) Blockheizkraftwerke, Heizkraftwerke, Öfen, PKWs und andere Motoren, Kochherde, etc. Die zeitliche Speicherreichweite für Erdgas liegt in Deutschland heute bei über 3 Monaten.

### **Sinnvolle Formen der Energiespeicherung: „dezentral“**

(Mini-, Mikro-) Blockheizkraftwerke arbeiten mit Motoren, die Methan (fossil, Bio-Methan, Windgas) oder Holz oder Öle (Mineralöle, Biomasseöle) verbrennen, über die gewonnene mechanische Energie Strom herstellen (ca. 30 – 35 %) und die anfallende Abwärme (ca. 65 – 70 %) thermisch zwischenspeichern, für eine Nutzung als Warmwasser und Wärme in Wohnhäusern, Gewerbe und Industrie. Werden diese Motoren Strom-geführt betrieben, dann können diese BHKW Regelleistung Strom anbieten, das heißt Lücken der Stromproduktion aus den fluktuierenden Erneuerbaren Energie füllen. Die Steuerung benötigt kein zentrales „Überwachungssystem“ wie „smart grid“, sondern kann lokal durch Messung von Frequenz- oder Spannungsabweichungen im lokalen externen Netz erfolgen.

Eine Möglichkeit, die Kohlendioxid-Emission im Verkehr zu senken, ist - neben ÖPNV und Geschwindigkeitsbegrenzung auf Straßen - die Nutzung von Elektroautos. Existieren in Zukunft größere Kapazitäten an Elektroautos, bietet es sich an, diese „eh-da“ Akkus/Batterien als lokale dezentrale Stromspeicher mit zu nutzen, sofern deren Ladesysteme netzfreundlich sind, das heißt, dass die Elektroautos zum Beispiel bidirektionale Ladesysteme besitzen.

### **Wirkungsgrade von Stromspeicherung: Strom->Speicher->Strom**

- PSW: ca. 75%
- Windgas: ca. 45%
- Batterien: ca. 90%
- Thermischer Speicher „Wasser 100°C“: ca. 15% (ORC oder Rankine-Prozess)

Die Bewertung über den physikalischen Wirkungsgrad oder die aktuelle monetäre Wirtschaftlichkeit (Verzinsung) allein ist jedoch nur bedingt ein sinnvolles ökologisches und energiepolitisches Maß. Relevant muss für uns in Deutschland und Bayern vor allem auch der Flächenbedarf sein – und der ist für PSW unakzeptabel hoch.

Wir benötigen in Deutschland deutlich und drastische Maßnahmen um Energie zu sparen – im Bereich Strom, Wärme, Energie. Wir benötigen außerdem eine

ausreichende Grundkapazität der Produktion von Strom aus Erneuerbaren Energien (Sonne, Wind, etc.), um Strom als Produkt wirtschaftlich anbieten zu können – ohne Engpässe! In Konsequenz wird gelten, dass vor allem die Stromproduktionsspitzen gespeichert werden können und müssen, also wenn die Strom-Produktion aus den Erneuerbaren Energien den Strom-Bedarf übersteigt. Damit verliert die Diskussion des Wirkungsgrades an Brisanz! Aber relevant bleibt die Frage: Welche Fläche haben wir - neben all den anderen Nutzungsansprüchen – um eine Stromversorgung aus Erneuerbaren Energien in unserer Heimat zu handeln!

Für Rückfragen und ViSdP:

Dr. Herbert Barthel  
Referat für Energie und Klimaschutz  
Tel. 0911/81 87 8-17 oder 0911/81 87 8-26  
[herbert.barthel@bund-naturschutz.de](mailto:herbert.barthel@bund-naturschutz.de)

Nürnberg, 6.10.2011