

# Multifunktionskraftwerk Pumpspeicher

Voith Hydro GmbH & Co. KG  
Alexanderstrasse 11  
89522 Heidenheim, Germany  
Kontakt: Christina Göppel  
Tel. +49 7321 37-91 76  
Fax +49 7321 37-1391 76  
Christina.Goeppel@voith.com  
www.voith.com  
www.wasserkraft.info

A Voith and Siemens Company

**VOITH**  
Engineered Reliability





## Eine erfolgreiche Energiewende – mit Pumpspeicherkraftwerken

Die Energiewende verändert das deutsche Energiesystem komplett. Die bisherigen Primärenergieträger wie zum Beispiel Kohle oder Uran sollen durch volatile erneuerbare Energien (EE) ersetzt werden. Eine erfolgreiche Integration dieser schwankungsanfälligen Quellen bedingt aber eine Veränderung der bestehenden Systemarchitektur der deutschen Elektrizitätsversorgung. Denn die Erzeugung von erneuerbaren Energien aus Wind und Photovoltaik erfolgt unabhängig von der Nachfrage. Folglich müssen Systeme mit einem hohen Anteil an EE-Erzeugung diese elektrische Energie beispielsweise zwischenspeichern, damit sie bei einem späteren Bedarf wieder zur Verfügung steht.

Momentan liegt der Fokus auf Netzausbau, Demand Side Management und dem Einsatz neuer thermischer Kraftwerke (z.B. Gaskraftwerke), um die Schwankungen in der Erzeugung und im Verbrauch auszugleichen bzw. um die EE-Abregelung zu minimieren. Dabei gibt es jedoch zwei wesentliche Herausforderungen, die in bisherigen Studien wenig betrachtet wurden: Zum einen die Bereitstellung ausreichender Flexibilität im deutschen Stromnetz, wenn die Stromerzeugung aus erneuerbarer Energien sehr hoch ist. Zum anderen die Sicherstellung der Versorgungssicherheit (gesicherte Leistung), wenn wenig Energie aus erneuerbaren Quellen erzeugt wird.

### Betrachtung von Pumpspeicherkraftwerken als „Multifunktionskraftwerke“

Um diese Aspekte zu beleuchten, hat Voith Hydro 2013 am Institut und Lehrstuhl für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW) der RWTH Aachen eine Studie in Auftrag gegeben. Die Studie betrachtet die Rolle von Pumpspeichern als Multifunktionskraftwerke, die nicht nur die erforderliche Aufgabe als Speicher erfüllen, sondern auch gesicherte Leistung und Flexibilität bereitstellen. Sie basiert auf einer Simulation des kompletten deutschen Kraftwerkparks und dessen Betrieb. Die Besonderheit der Untersuchung liegt darin, die kombinierten Nutzungsmöglichkeiten der Kurzzeitspeicher volkswirtschaftlich zu bewerten. Die Wissenschaftler gehen bei ihrer Untersuchung auf zwei Zukunftsszenarien ein und betrachten dabei die Rolle von Pumpspeicherkraftwerken im deutschen Energiesystem: Eine Energieversorgung in Deutschland mit einem Anteil von 60 % erneuerbare Energien im Jahr 2030 sowie mit einem EE-Anteil von 80 % im Jahr 2050.

Die Studie zeigt, dass Pumpspeicherkraftwerke die bisher durch fossile Kraftwerke vorzuhaltende gesicherte Leistung reduzieren können. Pumpspeicherkraftwerke mit einer Kapazität von 15 GW und einem Speichervolumen für 96 GWh ersetzen in einem 60 %-Szenario bis zu 13 GW aus Gaskraftwerken. Im 80 %-Szenario ersetzen 23 GW Pumpspeicherkraftwerke mit einem Speichervolumen für rund 152 GWh sogar bis zu 16,6 GW thermische Kraftwerke.

Pumpspeicherkraftwerke speichern überschüssigen „grünen“ Strom ein und geben ihn später wieder ab. Dies verhindert signifikant die Abregelung von erneuerbaren Energien. Die Studie zeigt, dass wir in Deutschland mit Pumpspeicherkraftwerken ab 2030 etwa 70 % der Überschüsse von Erzeugung aus Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen nutzen könnten. Dabei werden die eingespeicherten EE-Überschüsse CO<sub>2</sub>-frei ein- und später wieder CO<sub>2</sub>-frei ausgespeichert.

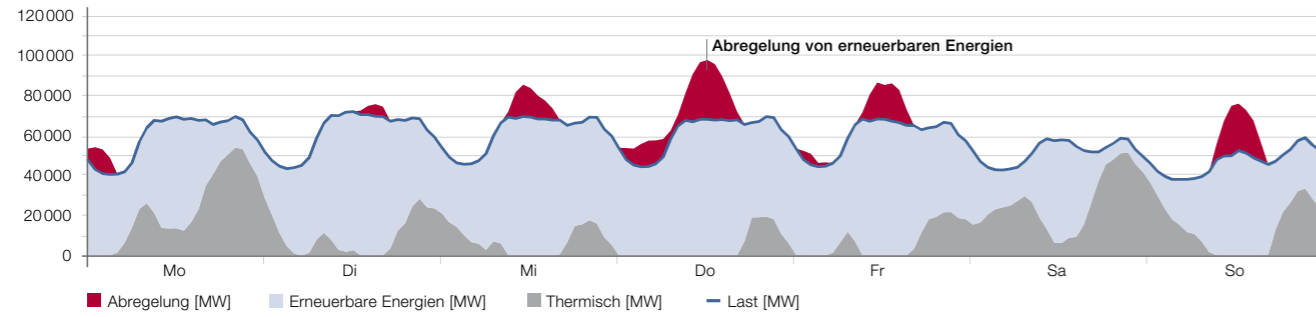
Pumpspeicherkraftwerke reagieren sehr flexibel und dynamisch auf Schwankungen der Erzeugung und des Verbrauchs und können diese zuverlässig und kurzfristig ausgleichen. Diese Flexibilität ist sehr wichtig für eine hohe Versorgungsqualität, insbesondere bei dem geplanten weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien. Selbst im Falle negativer Residuallasten, d. h. wenn trotz abgeschalteter thermischer Kraftwerke immer noch Überschüsse aus erneuerbaren Energien vorliegen, können Pumpspeicher die Abregelung der Wind- und Photovoltaikanlagen durch Pumpbetrieb verhindern. Eine solche Bereitstellung „negativer“ Leistung können thermische KW nicht leisten.

Durch den Einsatz von Pumpspeicherkraftwerken wird ein schonender und wirtschaftlicher Betrieb des vorhandenen thermischen Kraftwerkparks ermöglicht und auf die Abschaltung von Verbrauchern in Industrie und Privathaushalten kann zu einem großen Teil verzichtet werden. Auf diese Weise sorgen sie dafür, dass weniger fossile Reservekraftwerke vorgehalten werden müssen und die Leistung aber trotzdem gesichert ist – und das hocheffizient. Denn Pumpspeicherkraftwerke haben mit 80 % einen sehr hohen Wirkungsgrad. Konventionelle thermische Kraftwerke erreichen nur ca. 40 %, Gas- und Dampfkraftwerke oder Kraft-Wärme-Kopplung-Anlagen ca. 60 %.

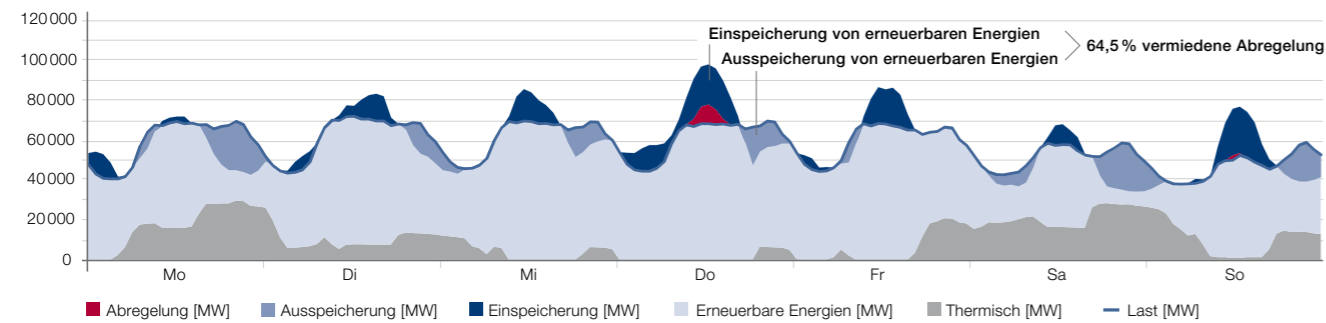
# Wirkung des Pumpspeichereinsatzes bei 80 % Anteil erneuerbarer Energien (2050)

Lastgang<sup>2</sup> einer Woche ohne und mit Pumpspeicherkraftwerken 2050 (80 % erneuerbare Energien)

Ohne Pumpspeicherkraftwerke



Mit Pumpspeicherkraftwerken



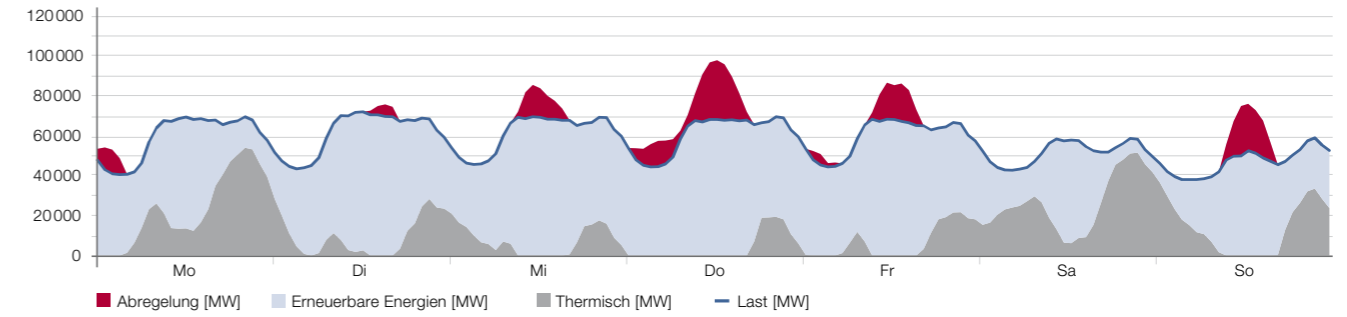
<sup>2</sup>Beispielhafter Lastgang bezogen auf Gesamtdeutschland aus der IAEW-Studie

## Integration von Überschüssen aus erneuerbaren Energien durch Pumpspeicherwerke

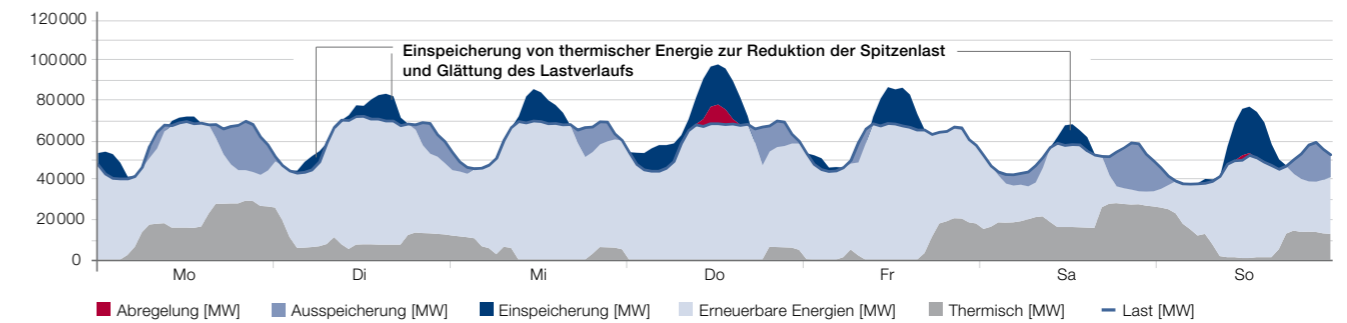
Es entstehen regelmäßige nahezu tägliche Erzeugungsüberschüsse aus erneuerbaren Energien, die auch durch ein Abschalten der fossilen Stromerzeugung nicht ausgeglichen werden können. In diesen Stunden nimmt die Pumpspeicherflotte 64,5 % der entstehenden EE-Überschüsse auf und gibt diese kurze Zeit später wieder ins Netz ab. Dadurch wird die Abregelung von Wind- und Photovoltaikanlagen vermieden.

Lastgang<sup>2</sup> einer Woche ohne und mit Pumpspeicherkraftwerken 2050 (80 % erneuerbare Energien)

Ohne Pumpspeicherkraftwerke



Mit Pumpspeicherkraftwerken



<sup>2</sup>Beispielhafter Lastgang bezogen auf Gesamtdeutschland aus der IAEW-Studie

## Optimierung thermischer Kraftwerke durch Pumpspeicherwerke

Durch gezielte Spitzenstromerzeugung aus den Pumpspeicherwerken könnten insgesamt weniger fossile Kraftwerke vorgehalten werden und in Betrieb sein. Im 80 % - Szenario gibt es keine Braunkohlekraftwerke mehr. Die Volllaststunden der effizienten Kraft-Wärme-Kopplung Anlagen und der verbleibenden Gaskraftwerke wird erhöht. Wie im 60 % - Szenario wird der Lastgang der fossilen Kraftwerke auch hier durch die Pumpspeicher vergleichmäßigt. Dadurch entstehen dieselben Vorteile.



### Volkswirtschaftlicher und ökologischer Nutzen

Darüber hinaus wurde mit der Studie aufgezeigt, dass der Ausbau der Pumpspeicherkraftwerke um 8 GW bis 2030 und um 16 GW bis 2050 gesamtwirtschaftlich sinnvoll sein kann. Der volkswirtschaftliche Nutzen wird bereits deutlich durch die Verrechnung der Einsparungen für Investitionen in Gaskraftwerke und variablen Stromgestehungskosten (80 % Brennstoffkosten/20 % Emissionszertifikate) mit den Investitionskosten für Pumpspeicherkraftwerke. 2050 ergibt sich dadurch ein volkswirtschaftlicher Nutzen von 184,4 Mio. Euro pro Jahr.

Ein weiterer volkswirtschaftlicher Vorteil besteht durch die optimierte Nutzung des verbleibenden thermischen Kraftwerksparks. Beispielsweise verringern sich An- und Abfahrverluste, da die Auslastung der vorhandenen konventionellen Kraftwerke geglättet wird und sie so länger und konstanter aber auf einem niedrigeren Niveau im Einsatz sind. Darüber hinaus kann durch verschiedene Systemdienstleistungen, die Pumpspeicherkraftwerke übernehmen, die Versorgungsqualität abgesichert werden (dies wurde in der Studie jedoch nicht monetär bewertet). In Ausnahmesituationen wie einem Black-out können Pumpspeicherkraftwerke das Netz ohne externe Hilfsenergie wieder aufbauen, da sie im Gegensatz zu thermischen Kraftwerken grundsätzlich schwarzstartfähig sind.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz verbessert sich durch das „Recyclen“ von Strom aus erneuerbaren Energien: Im Jahr 2050 werden durch den Einsatz der Speicher die CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 2 Mio. t/a reduziert, da sie die Abregelung von EE-Anlagen verhindern und mit der CO<sub>2</sub>-frei eingespeicherten Energie fossile Erzeugung verdrängen. Darüber hinaus können effiziente Kraft-Wärme-Kopplung-Anlagen langfristig besser eingesetzt werden und eine höhere Auslastung erzielen.

### Politik muss handeln

Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, müssen jedoch einige Rahmenbedingungen auf politischer Ebene geändert werden:

- a) Der überwiegende Teil der bisherigen Studien zur Entwicklung des Kraftwerksparks in Mitteleuropa fokussierte sich bislang ausnahmslos nur auf flexible thermische Erzeugungsanlagen wie Gasturbinen und Gas-Kraftwerke zur Bereitstellung gesicherter Leistung. Stromspeicher wie Pumpspeicherkraftwerke sollten vor allem bei der Betrachtung möglicher Kapazitätsmechanismen explizit berücksichtigt werden.
- b) Änderungen am Strommarktdesign sollten den Wert von kurzfristig verfügbarer Flexibilität stärker berücksichtigen. Hiervon profitieren auch Pumpspeicherkraftwerke, da sie als Multifunktionskraftwerke eingesetzt werden können (gesicherte Leistung, Ausgleichenergie bei Prognosefehlern, extrem steile Lastgradienten, etc.)

- c) Einführung eines abgestimmten Begriffs für Stromspeicher und deren Befreiung von Letztverbraucherabgaben. Dies sollte für den Bestand und auch für den Zubau von Pumpspeicherkraftwerken gelten.
- d) Der heutige und zukünftige Nettoexport von deutschen EE-Überschüssen in Nachbarländer (häufig zu sehr niedrigen Preisen) sollte signifikant reduziert werden, um die eigenen fossilen Brennstoffe in Deutschland zu verdrängen. Diese EE-Exporte verdrängen nämlich die fossilen und nuklearen Energieträger im Ausland und verbessern die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Nachbarstaaten auf Kosten der deutschen EEG-Umlagezahler. Das Hauptziel der Energiewende wird auf diese Weise nicht erreicht.

Selbst über die hier dargestellten Zusammenhänge hinaus kann ein Pumpspeicherausbau aus politischer Sicht von Interesse sein. Die mit dem Ausbau verbundenen Investitionen werden im Gegensatz zum Import und Verbrauch fossiler Energieträger volkswirtschaftliche Vorteile erbringen wie zum Beispiel zusätzliche Arbeitsplätze in Deutschland. Gleichzeitig reduziert Deutschland die Abhängigkeit von Gasimporten.

### Ausbaupotentiale für Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland

Die notwendigen Potentiale für den Ausbau von PSW sind in Deutschland vorhanden: Aktuell befinden sich 23 Projekte mit einer Leistung von über 7 GW in Planung und Genehmigungsverfahren – sie könnten den deutschen Pumpspeicherpark mehr als verdoppeln und die beschriebene benötigte Ausbauleistung bis 2030 abdecken. Demnach stehen dem in der Studie gezeigten Bedarf von rund 8 GW schon heute genügend Projekte gegenüber. Aber auch für den weiter steigenden Bedarf in einer zukünftigen Energieversorgung, die sich zu 80 % aus erneuerbaren Energien speist, stehen ausreichende Standortoptionen zur Verfügung. Potentialanalysen in Baden-Württemberg und Thüringen haben zahlreiche weitere geeignete Standorte ermittelt – allein in Baden-Württemberg gibt es 13 Standorte mit 19 GW Leistung, die als wirtschaftlich und technisch sehr geeignet eingestuft wurden. Weitere Potentiale mit knapp 5 GW sind in Thüringen vorhanden. Dies verdeutlicht, dass ausreichend Pumpspeicherpotential in Deutschland vorhanden ist.