



## ANWENDUNGSBEISPIEL

## SPEICHERTECHNOLOGIEN

### Pumpspeicherwerk (PSW) Goldisthal

#### Anwendungsfall/konkretes Projekt:

Das Pumpspeicherwerk Goldisthal nach einer Bauzeit von sechs Jahren 2003 in Betrieb genommen. Die Baukosten betragen 623 Millionen Euro. Seit 2004 laufen alle vier Maschinensätze im kommerziellen Betrieb. Mit einer Leistung von 1.060 MW ist es das größte Wasserkraftwerk in Deutschland und eines der größten in Europa. Im Erzeugungsbetrieb gelangt das Wasser vom künstlich angelegten Oberbecken auf einer Höhe von 880 m ü. MH mit einem nutzbaren Wasservolumen von ca. 12 Millionen m<sup>3</sup> durch zwei um 25 Grad gegen die Horizontale geneigte etwa 800 m lange Druckstollen mit einem Innendurchmesser von 6,20 m zur Maschinenkaverne, einem künstlichen Felshohlraum, in der die vier Maschinensätze mit reversiblen Pumpturbinen installiert sind. Nach der Durchströmung der Pumpturbinen wird das Wasser durch die beiden Unterwasserstollen in das Unterbecken auf einer Höhe von 550 m ü. MH geleitet. Das Unterbecken mit einem Inhalt von ca. 18.9 Millionen m<sup>3</sup> wird durch den Aufstau des Flusses Schwarza durch einen 67 m hohen Steinschüttdamm gebildet.



PSW Goldisthal: Ober- und Unterbecken (Quelle: Vattenfall)

Bei vollständig gefüllten Oberbecken ist eine Energiemenge von 8.5 GWh gespeichert. Das Wasservolumen reicht im Erzeugungsbetrieb mit maximaler Leistung für 8 Stunden.

Das PSW Goldisthal besitzt als Besonderheit zwei drehzahlvariable Maschinensätze mit Asynchrongeneratoren, die beiden anderen Maschinensätze sind mit Synchrongeneratoren ausgestattet und werden mit konstanter Drehzahl betrieben. Die drehzahlvariablen Maschinensätze im PSW Goldisthal sind die ersten Maschinensätze dieses Typs in Europa. Der Vorteil der drehzahlvariablen Maschinensätze besteht sowohl in der Möglichkeit, die Leistung (wie im Turbinenbetrieb) auch im Pumpbetrieb zu regeln, als auch in einem höheren Wirkungsgrad.

Die Netzanbindung erfolgt an das 380 kV-Höchstspannungsnetz über die parallel mit dem PSW Goldisthal errichtete Schaltanlage Altenfeld in das Netz von 50Hertz Transmission.

Eigentümer des PSW Goldisthal ist die Vattenfall Wasserkraft GmbH.



PSW Goldisthal: Maschinenkaverne (Quelle: Vattenfall)

### Detaillierte Beschreibung der Speicheranwendung

In der Vergangenheit wurde das PSW Goldisthal überwiegend für Arbitragegeschäfte und zur Flexibilisierung nicht bedarfsgerechter Stromerzeugungsanlagen (Grundlastkraftwerke) eingesetzt. Bei niedrigen Strompreisen wurde der Speicher gefüllt und bei hohen Strompreisen wurde der Speicher entleert. Außerdem erfolgte der Einsatz zur Portfoliooptimierung, d. h. zur Minimierung der Betriebskosten des (konventionellen) Kraftwerksparks.

Aufgrund der aktuell niedrigen Strompreise sowie der Kappung der Mittagsspitze (in der in der Vergangenheit hohe Preise erzielt werden konnten) durch die PV-Erzeugung erfolgt die Vermarktung zunehmend auf den Regelleistungsmärkten. Über die dort gehandelten Produkte hinaus erbringen PSW weitere systemdienliche Leistungen wie Blindleistungserzeugung, Spannungsregelung, Momentanreserve und Kurzschlussleistung, die für einen stabilen Netzbetrieb unverzichtbar sind. Aufgrund der Möglichkeit zur Erbringung hoher Leistungsänderungsgeschwindigkeiten sind sie auch für Redispatchmaßnahmen geeignet. Das PSW Goldisthal - wie auch andere PSW - trägt damit in zunehmenden Maße zum sicheren und wirtschaftlichen Betrieb des Übertragungsnetzes und damit zur Systemstabilität bei.

### Technische Details des PSW Goldisthal:

Standort:	Thüringen, Deutschland
Inbetriebnahme:	2003
Typ:	Kavernenkraftwerk
Installierte Leistung:	1.060 MW
Speicherkapazität:	8,5 GWh
Fallhöhe:	302 m
Nenndurchfluss:	103 m <sup>3</sup> /s
Maschinenkaverne:	Länge 137 m, Breite 15 m, Höhe 17 m
Trafokaverne:	Länge 122 m, Breite 15 m, Höhe 17 m
Maschinensätze:	zwei reversible Pumpturbinen mit konstanter Drehzahl zwei reversible Pumpturbinen mit variabler Drehzahl
Oberbecken:	Höhenlage 880 m ü. MH Inhalt 12 Millionen Kubikmeter Wasser
Unterbecken:	Höhenlage 550 m ü. MH Inhalt 18,9 Millionen Kubikmeter Wasser
Wirkungsgrad:	80 % Wälzwirkungsgrad



### **Notwendige Ressourcen/ ggf. begrenzende Faktoren**

Für den Bau von PSW sind geeignete Standorte für die Speicherbecken, Stollensysteme, das Krafthaus bzw. die Kraftwerkskaverne sowie ggf. ein natürlicher Wasserzulauf erforderlich. Außerdem wird eine möglichst große Höhendifferenz zwischen den beiden Speicherbecken benötigt (ca. 200 m als wirtschaftlich sinnvolle Untergrenze). Um lange Triebwasserwege zu vermeiden, sollte die Entfernung der beiden Speicherbecken nicht zu groß sein. Die Möglichkeit zur Netzanbindung in erreichbarer Entfernung sollte ebenfalls gegeben sein.

### **Nutzen für den Anwender/Kunden (Netzbetreiber):**

Der Vorteil für den Kunden (Netzbetreiber) liegt in der großen Leistung und der großen Speicherkapazität mit der Möglichkeit, diese sehr schnell abzurufen. Keine andere Technologie ist in der Lage, vergleichbare Leistungsgradienten zu erbringen. Außerdem sind PSW in der Lage, nahezu sämtliche Systemdienstleistungen und weitere systemdienliche Leistungen zu liefern. Dadurch steht dem Netzbetreiber eine von anderen Technologien nicht erreichbare Flexibilitätsoption zur Verfügung.

### **Dadurch hat der Kunde folgenden konkreten Nutzen:**

- **wirtschaftlicher Nutzen für den Betreiber**  
Erlöse aus Arbitragegeschäften, Vermarktung von Regelleistung und Erlöse von systemdienlichen Leistungen auf Basis bilateraler Verträge.
- **Nutzen für das Energiesystem**  
Beitrag für einen sicheren Netzbetrieb (Frequenzregelung und Spannungshaltung).  
Möglichkeit des Netzwiederaufbaus nach einem Netzzusammenbruch (Schwarzstarfähigkeit).
- **ökologischer Nutzen**  
CO<sub>2</sub>-freie Stromspeicherung und Erzeugung  
Durch lange Lebensdauer hohe Nachhaltigkeit  
Günstige Gesamtenergiebilanz über die Lebensdauer betrachtet
- **Vor- und Nachteile im Vergleich zu anderen Technologien**  
**Vorteile:**  
Ausgereifte, hocheffiziente Stromspeichertechnologie mit großer Leistung und Energiemenge.  
Schnell regelbar und hohe Flexibilität.  
Erbringung aller Arten von Systemdienstleistungen und weiteren systemdienlichen Leistungen.  
Lange Lebensdauer.  
Geringe Betriebskosten.  
**Nachteile:**  
Für den Bau und weiteren Ausbau lange Genehmigungs- und Bauphasen, Akzeptanzprobleme.  
Hohe Investitionskosten.  
Lange Abschreibungsdauern.

### **Kostenstruktur:**

**Investitionskosten pro kW:** 500 – 1.200 € (Kennzahl aus Erfahrungen von Betreibern und Planern)  
**Betriebskosten:** Instandhaltungskosten, Personalkosten

**Gesamtbilanz Kosten/Nutzen:** Amortisationszeit ohne Kapitalkosten beträgt > 40 Jahre

### **Welche Rahmenbedingungen sind notwendig, um das Anwendungsbeispiel wirtschaftlich zu ermöglichen?**

Einführung einer einheitlichen Speicherdefinition.

Abschaffung der nicht sachgerechten Letztverbraucherabgaben (Netzentgelte und weitere Umlagen).

Vergütung von Systemdienstleistungen und von weiteren systemdienlichen Leistungen entsprechend ihrer Bedeutung für das Stromversorgungssystem.

**Weitere Zielgruppen:** Energieversorgungsunternehmen, Netzbetreiber

**Beschreibung der Technologie im Detail:** siehe Fact Sheet Pumpspeicherkraftwerke.

**Weitere Informationen unter:**

<http://kraftwerke.vattenfall.de/goldisthal>

[https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk\\_Goldisthal](https://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherwerk_Goldisthal)