



FACT SHEET SPEICHERTECHNOLOGIEN

Druckluftenergiespeicher (Compressed Air Energy Storage – CAES)

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG:

Form der Energieaufnahme und -abgabe: Strom zu Strom

Kurzbeschreibung des Speicherprozesses: Beim Beladen eines Druckluftenergiespeichers wird Luft unter Einsatz von Strom auf hohe Drücke komprimiert und in einer Kaverne oder einem Druckbehälter gespeichert. Bei Strombedarf kann diese Druckluft in einer Turbine entspannt werden. Vor bzw. während der Entspannung muss der Luft Wärme zugeführt werden, um eine zu starke Temperaturabsenkung zu vermeiden. In einem adiabaten Druckluftspeicher wird diese Wärme einem Wärmespeicher entnommen, der die während der Kompression entstehende Wärme zwischenspeichert. „Diabate“ Systeme besitzen keine Wärmespeicher, jedoch muss für die Expansion benötigte Wärme über eine zusätzliche Befuerung, z.B. durch Erdgasbrenner, bereitgestellt werden.

Speichersystem: Typische Anlagenleistungen liegen zwischen 10 und 300 MWel. Die Speicherung der Druckluft erfolgt typischerweise in unterirdischen Salzkavernen mit Volumina von mehreren 100.000 m³. Entsprechende Salzformationen sind insbesondere in Norddeutschland zu finden¹. Weitere geeignete Standorte sind bisher z.B. in Teilen der iberischen Halbinsel, im Südosten Frankreichs, in Teilen Großbritanniens und den USA bekannt². Die Nutzung von Aquiferspeichern vergrößert das Potenzial weiter. Bei Kleinsystemen kommen als Volumenspeicher auch Druckflaschen oder Drucktanks in Frage. Die bei adiabaten Systemen zu speichernde Wärme kann auf verschiedene Art und auf verschiedenen Temperaturniveaus zwischengespeichert werden. In einstufigen Prozessen liegt die Temperatur bei ca. 600°C, wofür Festbettspeicher (siehe Factsheet sensible Hochtemperaturspeicher) eine geeignete Wärmespeichertechnologie sind³. In mehrstufigen Prozessen können niedrigere Speichertemperaturen erreicht werden, die auch mit Thermalöl oder Salzschnmelzen ggfs. auch mit Wasser als Speichermedium bereitgestellt werden können.

Fokus auf Leistungs- oder Energiebereitstellung: Energiespeicher

Geeignete Anwendungsgebiete: Strom-zu-Strom Energiespeicherung für Tages / Wochenausgleich; Bereitstellung von Regenergie (tertiär, in Teilen auch sekundär)

Stand der Entwicklung / kommerziell verfügbar⁴: Adiabate Systeme befinden sich noch im Entwicklungsstadium (TRL 5)⁵.

Diabate Systeme mit Untertagespeicherung und Erdgaszuführung sind kommerziell verfügbar (TRL 9). Weltweit gibt es zwei realisierte Systeme: die Anlage in Huntorf, Deutschland verfügt über 321 MW Leistung bei 2 Volllaststunden Ausspeicherzeit und die Anlage McIntosh, USA verfügt über eine Ausspeicherleistung von 110 MW_{el} bei 26 h Ausspeicherzeit.

¹ Fichtner: Erstellung eines Entwicklungskonzeptes Energiespeicher in Niedersachsen. Studie 2014

http://www.energiespeicher-nds.de/fileadmin/Studien/Fichtner_Studie.PDF

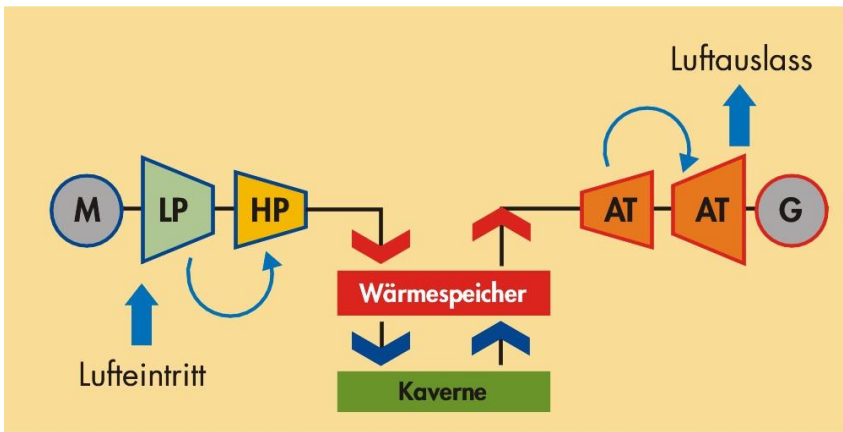
² S. 18 – http://www.kbbnet.de/wp-content/uploads/2011/05/201111_K%C3%B6ln_Cro-Wasserstoffspeicherung-im-geol-Untergrund.pdf

³ Zunft, S. et al: (2012) Adiabate Druckluftspeicher für die Elektrizitätsversorgung – der ADELE-Wärmespeicher. In: Kraftwerkstechnik, Bd. 4, Seiten 749-757. TK Verlag. 44. Kraftwerkstechnisches Kolloquium 2012, Oktober 2012, Dresden, Deutschland. ISBN 9733935317870

⁴ Definition gemäß EU Horizon 2020

http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-t_rl_en.pdf

⁵ http://forschung-energiespeicher.info/projektschau/gesamtliste/projekt-einzelansicht/95/Druckluft_statt_Pumpspeicher



LP Niederdruckkompressor AT Luftturbine M Motor
 FH Hochdruckkompressor G Generator

Abbildung 1: Adiabater Druckluftenergiespeicher⁶

RELEVANTE TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN FÜR ADIABATE SPEICHERSYSTEME⁷

Spezifische Energiespeicherdichte	kWh/m ³	kWh/t
	2 – 3	für diese Technologie nicht relevant
Spezifische Leistungsdichte	kW/m ³	kW/t
	für diese Technologie nicht relevant	für diese Technologie nicht relevant
typische / realisierbare Speichergröße	MWh _{out}	MW _{out}
	50 – 5.000	100 – 500
Systemwirkungsgrad in %	60 – 70 (Strom zu Strom)	
Speicherdauer	Std. - Tage	
Reaktionszeit	Minuten	
Lebensdauer (maximal)	Zyklen	a
	–	30 – 40
Verluste pro Zeit	0,5 – 1 %/Tag	

Erläuterungen: Die Verluste des Systems beziehen sich insbesondere auf die Verluste im Wärmespeicher. Die Verluste in den Druckbehältern und Salzkaverne sind vernachlässigbar gering

⁶Bine Informationsdienst, abgerufen am 24.06.15 unter <http://www.bine.info/themen/publikation/druckluftspeicher-kraftwerke/aa-caes-forschungsziele/>
⁷FCHJU – Commercialization of energy storage in Europe – http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/CommercializationofEnergyStorageFinal_3.pdf



ÖKONOMISCHE SPEZIFIKATIONEN FÜR EIN ADIABATES SYSTEM MIT KAVERNENSPEICHERUNG:

Investitionskosten € pro kW: 1.000 – 1.500 (2030:700 – 1.000)

Investitionskosten € pro kWh: 40 – 80 (2030:40 - 80)

Erläuterungen: Die Investitionskosten pro kW beziehen sich auf den leistungsspezifischen Teil des Speichers wie Kompressoren, Turbinen und eventuell benötigte Wärmetauscher, während sich die Investitionskosten pro kWh auf den kapazitätsspezifischen Teil wie die Kaverne und den Wärmespeicher beziehen. Zur Berechnung der Investitionskosten eines Gesamtsystems müssen beide Anteile addiert werden. Für ein System mit 100 MW_{el} Ausspeicherleistung über einen Zeitraum von 6 h (= 600 MWh_{el}) berechnet sich die Investition somit zu

$$100 \text{ MW}_{el} \cdot 1.250 \text{ €/kW} + 600 \text{ MWh}_{el} \cdot 60 \text{ €/kWh} = 161 \text{ Mio €}$$

Die Kosten entstammen der Studie „Technology Overview on Electricity Storage“ der RWTH Aachen (ISEA) sowie der FCH-JU Studie „Commercialisation of Energy Storage in Europe“

Betriebs- und Instandhaltungskosten (bezogen auf Invest in €/kW und €/kWh): Für adiabate Systeme: 2-3 % der Gesamtinvestition pro Jahr. Für diabate Systeme: Zusätzlich fallen Brennstoffkosten an, die im Bereich von 1,17 – 1,6 kWh_{CH₄,HU}/kWh_{el,out} liegen. Diese Werte entstammen den beiden einzigen existierenden kommerziellen Anlagen in Huntorf, Deutschland und McIntosh, USA⁸

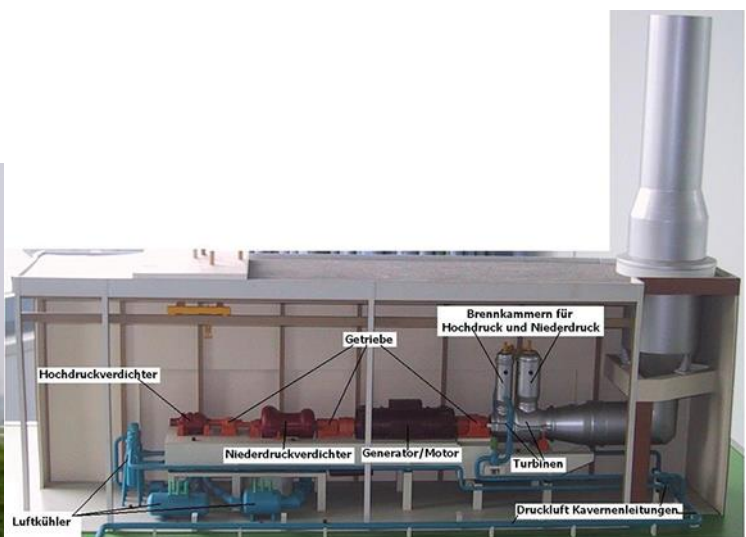


Abbildung 2 v.l.n.r.: Druckluftspeicherkraftwerk in Huntorf⁹ (oben) und im Modell (unten)¹⁰

Weitere Informationen unter:

Bine Informationsdienst, <http://www.bine.info/themen/publikation/druckluftspeicher-kraftwerke/>

⁸Bine Informationsdienst, abgerufen am 24.09.15 unter

<http://www.bine.info/publikationen/publikation/druckluftspeicher-kraftwerke/erfahrungen-mit-caes-kraftwerken/>

⁹<http://www.eon.com/de/ueber-uns/struktur/asset-finder/huntorf-power-station.html>

¹⁰https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Huntorf