



ANWENDUNGSBEISPIEL SPEICHERTECHNOLOGIEN

Druckluftenergiespeicherkraftwerk Huntorf für die Bereitstellung von Regelernergie und netzdienlichen Systemdienstleistungen

Anwendungsfall/konkretes Projekt:

Das Druckluftenergiespeicherkraftwerk Huntorf dient – ähnlich wie Pumpwasserkraftwerke – der Erzeugung von Spitzenlaststrom und Regelernergie sowie der Bereitstellung von Reserveleistung und Systemdienstleistungen aus überschüssigem Grundlaststrom. Es trägt damit zur Stabilisierung des Stromnetzes bei.

Im Beladebetrieb befüllt die Anlage mit Hilfe eines elektrisch angetriebenen Verdichters einen Salzkavernenspeicher mit Umgebungsluft und verdichtet diese Luft auf bis zu 67 bar. Im Entladebetrieb wird mit Hilfe der gespeicherten Druckluft eine Gasturbinenanlage betrieben, die elektrischen Strom in das Übertragungsnetz des Netzbetreibers einspeist. Bei der hier vorliegenden Anlagenkonfiguration handelt es sich um eine sogenannte diabate Druckluftspeicheranlage, bei der neben der gespeicherten Druckluft auch Erdgas eingesetzt wird, um die Prozessluft aufzuheizen. Die Anlage Huntorf wird deshalb auch als Luftspeicher-Gasturbinenkraftwerk bezeichnet.

Bereits im November 1978 hat dieses weltweit erste Druckluftspeicherkraftwerk in der Nähe von Bremen seinen Betrieb aufgenommen. In den bisher 38 Betriebsjahren wurde die hohe Flexibilität dieser Erzeugungsanlage im Rahmen des Stromversorgungssystems unter Beweis gestellt. Darüber hinaus konnten umfangreiche Erkenntnisse für das Betriebsverhalten der Anlagenteile und einzelner Komponenten gewonnen werden, die bei der Weiterentwicklung der Druckluftspeicheranlage berücksichtigt wurden. Im Jahr 2006 wurde die Anlage in Huntorf einem Retrofit unterzogen, wodurch die Nennleistung von 290 MW auf 321 MW gesteigert wurde.



Abb. 1: Luftaufnahme der Druckluftspeicheranlage Huntorf (Bildquelle UNIPER Kraftwerke GmbH)



Detaillierte Beschreibung der Speicheranwendung

Bei einem Luftspeicher-Gasturbinenkraftwerk handelt es sich um eine Kombination aus Speicher- und Gasturbinenkraftwerksanlage. Im Gegensatz zum konventionellen Gasturbinenprozess werden bei der Druckluftspeicheranlage Huntorf Verdichtungs- und Entspannungsprozess des Arbeitsmediums Luft zeitlich voneinander entkoppelt. Der Energieträger Luft wird hierfür der Umgebung entnommen und in zwei Salzkavernen unter hohem Druck zwischengespeichert. Bei Energiebedarf im Stromnetz wird die Speicherluft in zwei Brennkammern aufgeheizt und dem Turbosatz zugeführt, der aus einer Entspannungsgasturbine und einem Generator besteht. Nach dem Entspannungsprozess wird die Arbeitsluft in die Umgebung zurückgeführt.

Technische Details zur Druckluftenergiespeicheranlage Huntorf:

Betriebserfahrung: seit 1978

Speicherkapazität: 2100 MWh

Einspeicherleistung: 68 MW konstant

Ausspeicherleistung: 30 MW bis 320 MW flexibel

Prozesswirkungsgrad: 46 % im Nennlastpunkt

Brennstoffausnutzung: 72 % im Nennlastpunkt

Speicherkavernen: Zwei Salzkavernen mit zusammen 310.000 m³ Speichervolumen

Speicherdauer: Tagesspeicherzyklen, Wochen- und Monatsspeicherzyklen flexibel nach Bedarf

Speicherdruckspiel: zwischen 30 und 67 bar Kavernendruck

Lebensdauer: ca. 60 Jahre

Notwendige Ressourcen / ggf. begrenzende Faktoren, um das Anwendungsbeispiel zu ermöglichen?

Die Anwendung von Kavernenspeichern setzt die Existenz geologisch geeigneter Salzformationen voraus. Diese sind oftmals gerade in windreichen Küstenregionen, wie beispielsweise in Deutschland, verfügbar. Die Abbildung 2 zeigt für eine Speichernutzung optimal gelegene Salzstöcke in Norddeutschland.

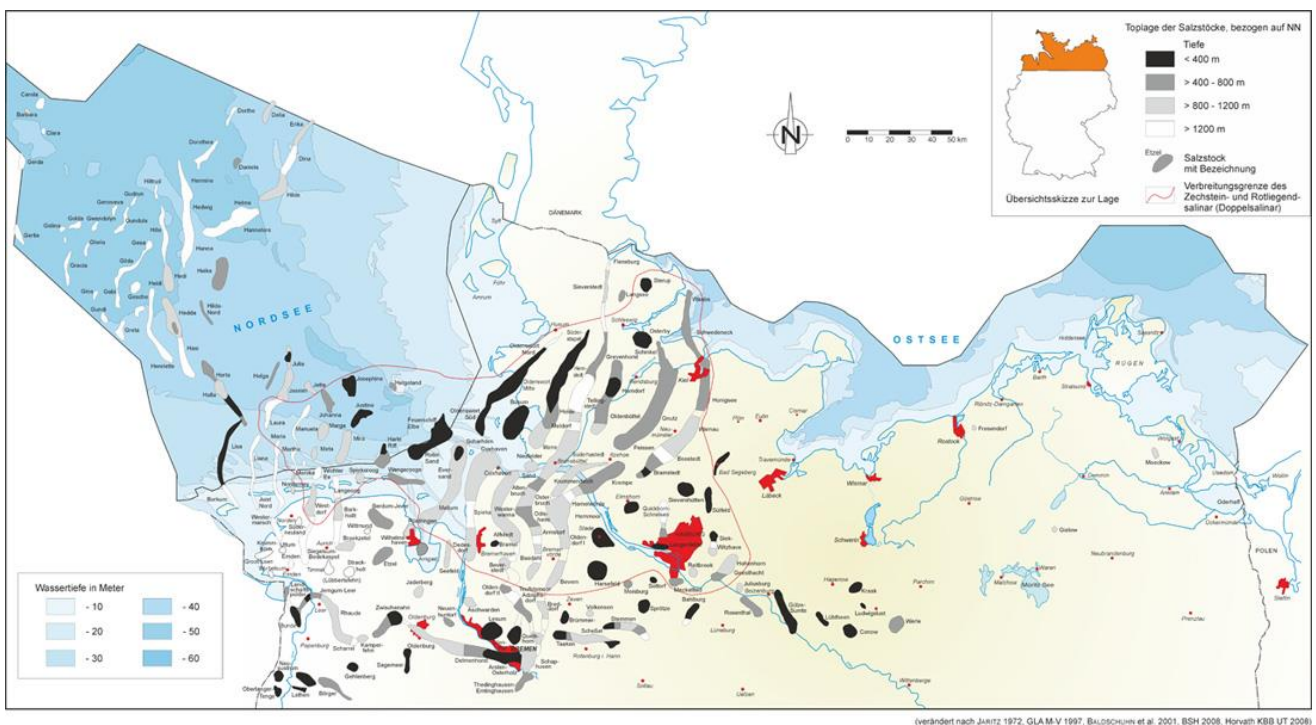


Abb. 2: Geologische Salzformationen in Norddeutschland (Bildquelle KBB)



Nutzen für den Anwender/Kunden:

Die Druckluftspeicheranlage Huntorf wird aktuell für die Bereitstellung von elektrischer Regelleistung und für die netzdienlichen Systemdienstleistungen Spannungshaltung und Schwarzstartbetrieb im Übertragungsnetz eingesetzt. Darüber hinaus ist auch eine Vermarktung für Regel- und Systemdienstleistungen an Verteilnetzbetreiber, für den Residuallasteinsatz und für die Zwischenspeicherung von Überschussenergie aus Windkraftanlagen möglich und zielführend. Vorteilhaft ist, dass sowohl kleine, als auch sehr große Leistungseinheiten bei gut kalkulierbaren Investitionskosten realisiert werden können. Druckluftspeicheranlagen zeichnen sich insbesondere durch eine sehr hohe Einsatzflexibilität, eine kompakte Bauweise und eine hohe Umweltverträglichkeit aus. Das Speichermedium Luft ist allorts verfügbar, umweltverträglich und insbesondere durch ein sehr geringes Gefährdungspotenzial gekennzeichnet.

Dadurch hat der Kunde folgenden konkreten Nutzen:

- **wirtschaftlicher Nutzen**

Das Druckluftspeicherkraftwerk Huntorf erwirtschaftet Erlöse durch die Vermarktung im Regelenergiemarkt, im Spotmarkteinsatz und durch den Einsatz für die Systemdienstleistungen Spannungshaltung und Schwarzstartbetrieb. Aufgrund der großen Anlagenflexibilität und des auch für andere Anwendungsfälle nutzbaren Druckluftreservoirs sind darüber hinaus weitere Geschäftsmodelle möglich.

- **Nutzen für das Energiesystem**

Aufgrund der umfangreichen Funktionalität und der Einsatzflexibilität sind Druckluftspeicherkraftwerke von besonderem Wert für ein Energiesystem mit volatiler Einspeisung. Die Anlagen können für die Zwischenspeicherung erneuerbarer Energie, den Residuallastbetrieb, den Bilanzkreisausgleich durch die Bilanzkreisverantwortlichen, den Primär- und Sekundärregelbetrieb, die Minutenreserveleistung, die Spannungshaltung in Stromnetzen sowie für den Schwarzstartbetrieb zum Wiederaufbau der Stromversorgung nach Stromnetzausfällen eingesetzt werden.

- **ökologischer Nutzen**

Die kompakte Bauweise und das hohe Leistungsvermögen bei gleichzeitig nur geringfügigen Eingriffen in die Umwelt kennzeichnen Druckluftspeicherkraftwerke. Das Speicher- und Arbeitsmedium Luft ist umweltverträglich sowie allorts verfügbar. Diabate Druckluftspeicheranlagen zeichnen sich durch eine sehr hohe Brennstoffausnutzung aus, die noch deutlich über dem Wirkungsgrad moderner GuD-Kraftwerke liegt. Adiabate Druckluftspeicheranlagen kommen vollständig ohne eine Zusatzfeuerung aus.

- **Vor- und Nachteile**

Vorteile der Druckluftspeicher-Gasturbinentechnologie bei einer Anwendung in der Energiewirtschaft sind:

- die sehr gute Umweltverträglichkeit,
- die Realisierbarkeit im großtechnischen Maßstab,
- die vorhandenen Betriebserfahrungen,
- die Nutzung am Markt bereits verfügbarer, hochentwickelter und robuster Anlagenteile,
- die geringen, spezifischen Investitionskosten,
- die lange Lebensdauer,
- die überdurchschnittlich hohe Brennstoffausnutzung
- das umfangreiche Leistungsspektrum im Strommarkt.



Druckluftspeicherkraftwerke mit Salzkavernenspeichern sind an Regionen mit vorhandenen Salzstöcken gebunden. Idealerweise sind diese Formationen in den windreichen Regionen Norddeutschlands verfügbar. Bei einer sehr hohen Brennstoffausnutzung von 72 % liegt der Prozesswirkungsgrad für die Anlage Huntorf bei 46 %. Durch eine Nutzung der Prozessabwärme an den Verdichtern und aus dem Turbinenabgas kann dieser auf ca. 75 % gesteigert werden.

Kostenstruktur: Werden die Investitionskosten auf die einzelnen Anlagenteile bezogen, sind 80 % für die Errichtung von Gebäuden, des Maschinenstranges mit seinen Hilfseinrichtungen und der Schaltanlagen erforderlich. Weitere 20 % der gesamten Errichtungskosten entfallen auf die Herstellung der Druckluftkavernen. Mit Bezug auf die zu errichtende Nennleistung einer Druckluftspeicher-Gasturbinenanlage liegen die spezifischen Investitionskosten zwischen denen einer offenen Gasturbinenanlage und eines kombinierten Gas- und Dampfturbinen Kraftwerks (GuD-Kraftwerksanlage).

Betriebskosten: Brennstoffkosten, Verdichterstromkosten, Instandhaltungskosten, Personalkosten.

Gesamtbilanz Kosten/Nutzen:

Die Amortisationszeit hängt wesentlich von politischen Rahmenbedingungen und örtlichen Bedingungen hinsichtlich der Einspeisemenge erneuerbarer Energie, der Stromnetzauslastung, des zeitlichen und betragsmäßigen Verlaufes der Strompreise und des Vorhandenseins der erforderlichen geologischen Formation für die Errichtung der Druckluftkavernen ab.

Welche Rahmenbedingungen sind notwendig, um die Wirtschaftlichkeit für das Anwendungsbeispiel zu verbessern?

Es sind politische Rahmenbedingungen erforderlich, die eine Mehrbelastung von Speichereinrichtungen durch Abgaben vermeiden und die eine der Volatilität erneuerbarer Energieerzeugung äquivalente Volatilität der Strompreise am Strommarkt zulassen.

Weitere Zielgruppen: Unternehmen für Planung, Beschaffung, Aufbau und Betrieb von Turbomaschinen, Generatoren und Kavernenanlagen. Universitäten und Hochschulen für Forschung und Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Druckluftspeicherung.

Weitere Informationen unter:

Abgerufen am 20.02.2017:

„https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_Huntorf“

„http://www.nwzonline.de/wesermarsch/wirtschaft/strom-aus-gas-und-druckluft_a_13,6,2053320842.html“

„<http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/technik/Druckluft-fuer-die-Energiewende/story/11697543>“

„<http://www.bine.info/publikationen/publikation/druckluftspeicher-kraftwerke/>“

„http://www-docs.tu-cottbus.de/cebra/public/DownloadDokumente/Innovationstag/2007/16_Huebner.pdf“

„https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk_McIntosh“

„http://powersouth.com/mcintosh_power_plant/“