



ANWENDUNGSBEISPIEL SPEICHERTECHNOLOGIEN

Flüssigsalzspeicher zur bedarfsgerechten Strombereitstellung aus solarthermischen Kraftwerken

Anwendungsfall/konkretes Projekt:

Concentrated Solar Power (CSP) oder zu deutsch konzentrierende Solarthermie steht für die Energiegewinnung aus solarthermischen Kraftwerken. Die konzentrierende Solarthermie kann in den sonnenreichen Regionen der Erde Strom, Wärme, Kälte und Trinkwasser aus Sonnenwärme erzeugen. Im Unterschied zu anderen regenerativen Energien ermöglicht CSP eine sichere Stromversorgung ohne teure Stromspeicher. Die Integration von thermischen Energiespeichern, welche die Solarwärme vorhalten, ermöglicht die bedarfsgerechte Bereitstellung der Energie praktisch ohne Zusatzkosten und rund um die Uhr, also auch wenn die Sonne nicht scheint.

Die Technologie der Flüssigsalzspeicher wurde in den spanischen Kraftwerken Andasol 1-3 erstmalig großtechnisch unter maßgeblicher Beteiligung der deutschen Firma Flörsol umgesetzt. Das erste Speichersystem Andasol 1 ist seit 2008 im Einsatz. Die Technologie ist somit erfolgreich demonstriert und es kann auf Betriebserfahrung zurückgegriffen werden.

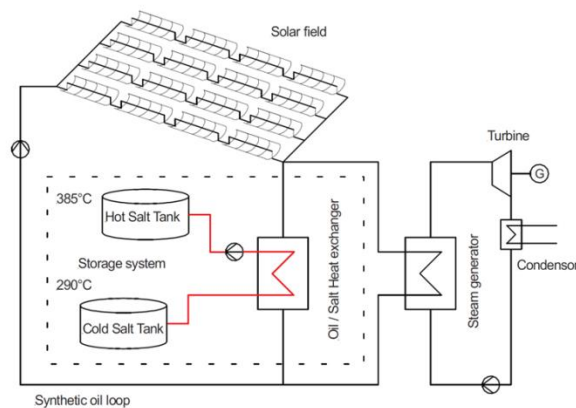


Abb. 1. Foto eines Flüssigsalztanks (links) und Verschaltungsprinzip im solarthermischen Kraftwerk (rechts).

Detaillierte Beschreibung der Speicheranwendung

Im Jahr 2015 war die weltweit installierte Kapazität von Flüssigsalzspeichern in CSP-Kraftwerken größer als 30 GWh_{th}. Diese installierte Kapazität entspricht einer netzgebundenen elektrischen CPS-Speicherleistung von mehr als 1500 MW_{el} die durch Flüssigsalzspeicher bereitgestellt wird (<https://www.iea.org/newsroomandevents/graphics/2015-06-30-installed-global-capacity-for-grid-connected-storage.html>). Flüssigsalzspeicher haben sich somit in einem wachsenden CSP-Markt als Standardspeicherlösung etablierte.

Ein Flüssigsalzspeichersystem besteht als Hauptkomponenten aus einem heißen (z.B. 560 °C) und einem kalten Tank (z.B. 290 °C) mit Flüssigsalzinventar, sowie weiteren Subkomponenten wie Isolation, Fundament, Instrumentierung, Zusatzheizungen, Dampferzeuger und Salzpumpen.

Technische Details zum konkreten Produkt Andasol 1:

Betriebserfahrung: seit 2008

Speicherkapazität: 1010 MWh

Speicherleistung: ca. 120 MW (6 Wärmeübertrager)

Tankdimension: 14 m Höhe und 36 m Durchmesser für einen Tank

Speicherdauer: 7,5 Stunden

BVES | Nov. 2016



Gesamtsalzmasse: 28 500 Tonnen (60 Gew% Natriumnitrat und 40 Gew% Kaliumnitrat)

Lebensdauer über 20 Jahre

Sehr hohe thermische Wirkungsgrade

Flüssigsalz als unkritisches Speichermedium (nicht brennbar, sehr geringer Dampfdruck, Erstarrt beim Austritt)

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

Die für Flüssigsalzspeicher eingesetzten Nitratsalze sind über synthetische Routen (Haber-Bosch-Prozess) oder der Gewinnung aus Lagerstätten (z.B. Atacama in Südamerika) verfügbar und die Rohstoffversorgung stellt kein Hemmnis dar.

Nutzen für den Anwender/Kunden:

Es werden Flüssigsalzspeicher zur bedarfsgerechten Strombereitstellung aus solarthermischen Kraftwerken eingesetzt. Es besteht ein Potential die Technologie in neue Endanwendungen in Deutschland zu transferieren (z.B. konventionelle Kraftwerke, KWK, Prozesswärme) und damit Beiträge zum Gelingen der Energiewende zu leisten.

Dadurch hat der Kunde folgenden konkreten Nutzen:

- **wirtschaftlicher Nutzen**

Trotz der zusätzlichen Investition eines Flüssigsalzspeichers sind die Stromgestehungskosten eines solarthermischen Kraftwerks mit Speicher niedriger als ohne Speicher. Die Stromgestehungskosten sind bei den Andasol-Kraftwerken mit Speicher ca. 10 % niedriger als ohne Speicher. Dies liegt an Faktoren wie einer längeren Betriebszeit des Kraftwerkblocks, der Reduktion von Teillastzeiten und Vorteilen am Strommarkt mit einem Speicher.

- **Nutzen für das Energiesystem**

Solkraftwerke mit Flüssigsalzspeicher können in sonnenreichen Regionen der Erde über das Jahr hinweg dank gleichmäßiger Einstrahlung und Speicher Tag und Nacht gut regelbaren Strom liefern, so dass jederzeit die notwendige Leistung nach Bedarf sicher geliefert werden kann.

- **ökologischer Nutzen**

Bei Solarkraftwerken mit Flüssigsalzspeicher (ohne Zusatzfeuerung) handelt es sich um eine rein erneuerbare Energie mit erheblichem CO₂-Einsparpotential

- **Vor- und Nachteile**

Vorteile der Flüssigsalzspeichertechnologie im Vergleich zu thermischen Speichern basierend auf Thermalöl, Druckwasserspeicher oder Keramik (Winderhitzer) sind: niedrige Kosten, nicht brennbar, gute Skalierbarkeit, sehr hohe Betriebstemperaturen und Bereitstellung einer gleichbleibenden Leistung bei der Entladung. Weiterhin eignet sich Flüssigsalz sowohl als Wärmeträger als auch Speichermedium, so dass in manchen Anwendungen auf einen Wärmeübertrager verzichtet werden kann.

Die konzentrierende Solarthermie kann lediglich in den sonnenreichen Regionen der Erde eingesetzt werden. Die Nutzung in Deutschland erfordert einen Technologietransfer in neue Anwendungen.

Im CSP-Bereich befinden sich zahlreiche Technologien mit alternativen Wärmeträgermedien in der Entwicklung. Mit Flüssigsalzspeichern kann nur ein bestimmter Temperaturbereich von ca. 170 – 560 °C abgedeckt werden. Für höhere Temperaturen und gasförmige Wärmeträger bieten sich Winderhitzer an. Für die solare Direktverdampfung (zweiphasiger Wärmeträger Wasser/Dampf) bieten sich Latentwärmespeicher mit einem Phasenwechselmaterial (engl. phase change material – PCM) an. Zukünftig bieten sich auch thermochemische Speicher mit Potentialen zur Langzeitspeicherung bei Raumtemperatur und der Wärmeaufwertung an.

Kostenstruktur: Flüssigsalz als Speicherinventar stellt einen erheblichen Teil der Investitionskosten dar. Weitere wesentliche Kostenblöcke sind die Tanks, Wärmeübertrager bzw. Dampferzeuger, Pumpen, Fundament, Isolation und Engineering

Investment: Planung, Beschaffung, Aufbau, Inbetriebnahme, Betrieb und sonstige Kosten. Die Speichergesamtkosten liegen momentan typischerweise im Bereich 20 – 60 €/kWh je nach Randbedingungen (z.B. Speichergröße, Temperaturspreizung, Leistung).

Betriebskosten: Wartung, Personalkosten, elektrische Energie für Pumpen und Hilfsheizsysteme

Gesamtbilanz Kosten/Nutzen:

Die Amortisationszeit wird üblicherweise für das gesamte CSP-Kraftwerk ermittelt. Die Amortisationszeit hängt stark von politischen Rahmenbedingungen (Einspeisegesetzen) und örtlichen Bedingungen ab (z.B. solare Einstrahlung, Temperatur, Kühlwasserverfügbarkeit). Nach einer erfolgreichen „Inkubation“ der Märkte befindet sich die CSP Technologie nun in einer Phase steiler Lernkurven mit erheblichen Kostensenkungen.

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

Es sind politische Rahmenbedingungen bzw. Einspeisegesetze erforderlich die eine Strombereitstellung im Grundlastbereich und eine bedarfsgerechte Bereitstellung für erneuerbare Energien zusätzlich honoriert. Soweit die Flüssigsalztechnologie erfolgreich in deutsche Endanwendungen (z.B. konventionelle Kraftwerke, Prozesswärme) transferiert werden soll, ist die bedarfsgerechte Aufnahme (über Power-to-heat) und Bereitstellung (über Rückverstromung) am Strommarkt zu honorieren bzw. Hürden am Strommarkt zur Regelergiebereitstellung abzubauen.

Weitere Zielgruppen: Firmen zur Planung, Beschaffung, Aufbau und Betrieb von Solarkraftwerken inkl. deutscher Firmen für den thermischen Speicher und dessen Subkomponenten wie zum Beispiel Pumpen, Tankbau und Dampferzeuger.

Weitere Referenzen:

Beispiele für CSP-Systeme mit Flüssigsalzspeicher:

- Andasol 1-3
- Gemasolar, Spanien
- Solana, USA
- Crescent Dunes, USA

Weitere Informationen unter:

- Herrmann, U., Kelly, B., Price, H. (2004) Two-Tank Molten Salt Storage for Parabolic Trough Solar Power Plants, Energy 29, No. 5-6: 883-893.
- Relloso, S., Delgado, E. (2009) Experience with Molten Salt Thermal Storage in a Commercial Parabolic Trough Plant Andasol-1 Commissioning and Operation, Solar Paces, Berlin, Germany.
- www.flagsol.de
- <http://www.dlr.de/sf/>
- <http://deutsche-csp.de/>
- <http://www.solarpaces.org/>
- http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-11483/7874_read-12367/