

Erdsonden - Wärmespeicher

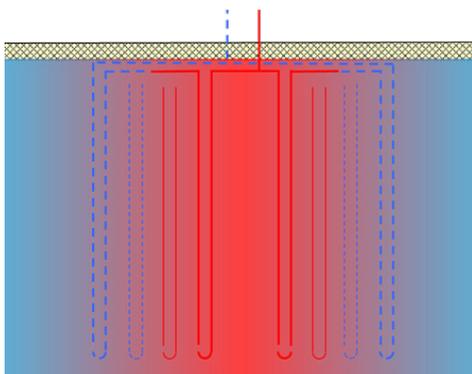
Faktenblatt 5: Wärmespeicher in thermischen Netzen

Dauer der Speicherung

Tage

Wochen

Monate



Schematischer Vertikalschnitt durch einen Erdsonden-Wärmespeicher

Technologie

In einem Hochtemperatur-Erdsonden-Wärmespeicher^a wird der am Standort vorliegende Untergrund als Speicher verwendet. Dabei eignen sich grundsätzlich alle Gebiete in denen auch Erdwärmesonden gebohrt werden können. Wenn Erdsonden-Wärmespeicher auf ein hohes Temperaturniveau erwärmt werden sollen, muss allerdings fließendes Grundwasser ausgeschlossen werden. Dies sowohl aus bewilligungstechnischen Gründen als auch um Wärmeverluste zu verhindern.

Die Be- und Entladung des Speichers mit Wärme erfolgt über vertikale Erdwärmesonden (EWS), die bis zu einer Tiefe von typischerweise 30 bis 100 m unter die Erdoberfläche gebohrt werden. Erdwärmesonden können als Einzel- oder Doppel-U-Rohre oder als konzentrische Rohre, meist aus Kunststoff, ausgeführt werden. Wenn wärmebeständige Materialien, wie beispielsweise PEX, eingesetzt werden, können die Speicher mit hohen Temperaturen von bis zu 95 °C beladen werden. Der Raum zwischen den EWS-Rohren und der Bohrlochwand wird hinterfüllt, um die Bohrung wieder hydraulisch abzudichten und um den thermischen Bohrlochwiderstand zu verringern.

Bei einer Speicheranwendung variieren die Abstände zwischen den Bohrlochern häufig zwischen 2 und 5 m, je nach Grösse, Tiefe und Temperaturen des Speichers.

Erdsonden-Wärmespeicher haben im Vergleich zu wassergefüllten Speichern keine vertikale Temperaturschichtung, sondern einen konzentrischen Temperaturverlauf vom Speicherzentrum zu dessen Rändern. Grund dafür ist der im Erdreich nahezu ausschliesslich durch Wärmeleitung stattfindenden Wärmetransport. An den Rändern sinken dabei die Temperaturen aufgrund der Wärmeverluste an die Umgebung ab. Der konzentrische Temperaturverlauf wird durch den hydraulischen Anschluss der Vorlaufleitungen im Zentrum des Speichers und der Rücklaufleitungen an den Rändern unterstützt. Eine gewisse Anzahl von Erdwärmesonden wird dabei hydraulisch in Reihe geschaltet, um eine hohe Auskühlung, respektive Erwärmung des Wärmeträgerfluides zu erreichen. Beim Beladen verläuft die Strömungsrichtung von der Speichermitte zu den Rändern hin, bei der Entladung kehrt sich die Strömungsrichtung um.

An der Oberseite des Speichers verringert eine Wärmedämmschicht die Wärmeverluste an die Umgebung. Die Seitenwände und der Boden bleiben aus Kostengründen ungedämmt. Um dennoch eine hohe Speicher-Effizienz zu erreichen, sind bei hohen Temperaturdifferenzen zum Erdreich grosse Speichervolumen und kompakte Speicher-Geometrien mit möglichst kleinen Oberflächen/Volumen-Verhältnissen notwendig.

^a In diesem Faktenblatt werden Speicher mit einer Speichertemperatur > 50 °C behandelt.



Erdsonden - Wärmespeicher bei der EMPA (CH) im Bau.
Bild: Implenia.



EMPA Erdsonden - Wärmespeicher nach Fertigstellung

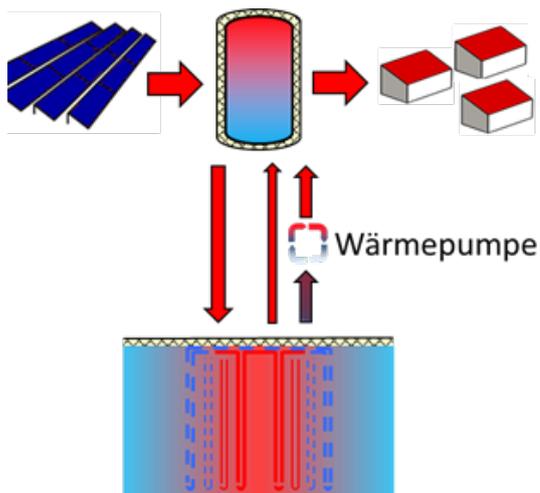
Erdreichvolumen	40'000 - 500'000 m ³
Investitionskosten ^b	20 - 50 CHF/m ³ _{WÄ}
Temperaturbereich	10 - 80 °C
Speicherdichte ^c	25 - 40 kWh/m ³
Lebensdauer	20 - 40 Jahre
Platzbedarf (Standfläche)	0.01 - 0.05 m ² /m ³

^b ohne Planungs- und Genehmigungskosten, umgerechnet auf Wasseräquivalent (siehe sheet 8)

^c abhängig von nutzbarer Temperaturdifferenz

Materialien

Erdwärmesonden	PE/PEX	2 - 3 mm
Hinterfüllung	Bentonithaltige Suspension	
Dämmung oben	Schaumglasschotter	40 - 80 cm



Beispiel einer Systemeinbindung mit zusätzlichem Pufferspeicher und Wärmepumpe

Vorteile

- Niedrige Investitionskosten
- Grosse Speichervolumen möglich
- Speichervolumen ist einfach erweiterbar
- (Land-) Oberfläche ist nutzbar
- Anordnung unter Gebäuden ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich (Gebäudestatik)

Nachteile

- Geringe bis mittlere Be-/Entladeleistungen
- nur für grosse Speichervolumen geeignet
- Geologische Voraussetzungen und Voruntersuchungen notwendig
- Keine oder nur geringe Grundwasserbewegung im Untergrund zulässig
- Keine Wärmedämmung an Boden und Seiten möglich
- Wartung und Reparatur schwierig

Systemeinbindung

Mit einem Erdsonden-Wärmespeicher können grosse Speicherkapazitäten erschlossen werden, allerdings hängt die mögliche Be- und Entladeleistung des Speichers direkt mit der installierten Erdwärmesondenlänge zusammen. Sind hohe Spitzenleistungen erforderlich, ist es meist nötig einen zusätzlichen Pufferspeicher vorzusehen, der z.B. die kurzfristige Spitzenleistung eines Wärmeerzeugers über wenige Stunden aufnimmt und diese Wärme dann über längere Zeiträume bei niedrigerer Leistung an den Erdsonden-Wärmespeicher weitergibt.

Des Weiteren kann der nutzbare Temperaturbereich des Speichers durch die zusätzliche Integration einer Wärmepumpe vergrössert werden. So sind z.B. Entladetemperaturen des Speichers bis deutlich unter die Rücklauftemperaturen des Wärmenetzes möglich (siehe Bild links). Durch die bessere Auskühlung des Wärmespeichers erhöht sich dessen nutzbare Temperaturdifferenz und die jährlichen Wärmeverluste werden reduziert.

Situation in der Schweiz / weltweit realisierte Projekte

Bisher wurde in der Schweiz nur ein Erdsonden-Wärmespeicher auf höherer Temperatur realisiert.

Mehrere Projekte wurden jedoch weltweit realisiert (Ort, Land, Erdreichvolumen, Jahr):

[EMPA](#) Dübendorf ZH, CH, 300'000 m³, 2022

[Crailsheim](#), DE, 37'500 m³, 2008

[Neckarsulm](#), DE, 63'000 m³, 1999

[Braedstrup](#), DK, 19'000 m³, 2012

Anneberg, SE, 50'600 m³, 2003

[Emmaboda](#), SE, 323'000 m³, 2010

[Okotoks](#), CA, 34'000 m³, 2007

Relevante Quellen / weiterführende Informationen

- Haller M., Ruesch F.: Saisonale Wärmespeicher – Stand der Technik und Ausblick, Fokusstudie im Auftrag des Forums Energiespeicher Schweiz, Institut für Solartechnik SPF, OST-Ostschweizer Fachhochschule Campus Rapperswil, 2019
- Mangold D. et al., Technisch-wirtschaftliche Analyse und Weiterentwicklung der solaren Langzeit-Wärmespeicherung, Forschungsbericht zum BMU-Vorhaben 0329607N, 2012, Solites, Stuttgart
- [Saisonalspeicher.de](#) - Das Wissensportal für die saisonale Wärmespeicherung, 2022, Solites, DE
- Sibbit, B. et al., Groundbreaking Solar – Case Study Drake Landing Solar Community, 2015, High Performing Building, ASHRAE, USA
- Sørensen P.A.: Best Practice for implementation and operation of large scale Borehole and Pit Heat Thermal Storages - Based on Danish experiences, Bericht des EUDP Vorhabens "Follow up on large scale heat storages in Denmark", PlanEnergi, DK, 2019
- VDI-Richtlinie 4640 Blatt 3, Thermische Nutzung des Untergrundes - Unterirdische Thermische Energiespeicher, in Überarbeitung, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, DE

Kontakt

Florian Ruesch
 OST – Ostschweizer Fachhochschule,
 Campus Rapperswil-Jona
 Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil
 +41 058 257 48 31, florian.ruesch@ost.ch