

# Aquifer - Wärmespeicher

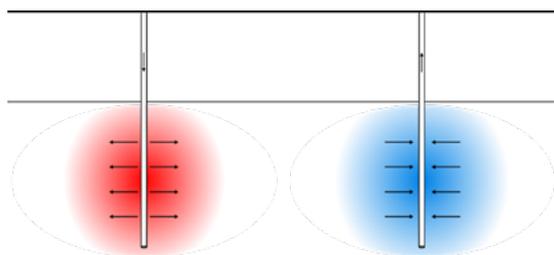
## Faktenblatt 6: Wärmespeicher in thermischen Netzen

Dauer der Speicherung

Tage

Wochen

Monate



Schematischer Vertikalschnitt durch einen Aquifer-Wärmespeicher

### Technologie

Aquifere sind unterirdisch weit verteilte Grundwasserleiter mit hoher hydraulischer Leitfähigkeit. Wenn über und unter ihnen wasserundurchlässige Schichten liegen und kein oder nur ein geringer natürlicher Grundwasserfluss vorhanden ist, können sie zur Speicherung von Wärmeenergie genutzt werden. Dazu werden zwei Brunnen (oder Brunnengruppen) in den Grundwasserleiter hergestellt, die der Entnahme und Einspeisung von Grundwasser dienen. Während der Ladezeiten wird kaltes Grundwasser aus dem kalten Brunnen entnommen, durch die Wärmequelle (z.B. Solar- oder Abwärme) erwärmt und in den warmen Brunnen injiziert. In Entladeperioden ist die Fließrichtung umgekehrt: warmes Wasser wird aus dem warmen Brunnen entnommen, durch die Wärmesenke abgekühlt und in den kalten Brunnen eingeleitet. Wegen der unterschiedlichen Fließrichtungen sind beide Brunnen mit Pumpen, Förder- und Injektionsleitungen ausgestattet.

Da das Speichervolumen eines Aquifer-Wärmespeichers nicht zur Umgebung hin wärmedämmend werden kann, ist die Wärmespeicherung bei hohen Temperaturen (oberhalb ca. 50 °C) in der Regel nur bei grossen Speichervolumen mit günstigen Oberflächen-Volumen-Verhältnissen oder, aufgrund der höheren Umgebungstemperaturen, bei Speicherung in grösseren Tiefen effizient. Für Niedertemperatur- oder Kühlanwendungen sind jedoch auch kleinere Speicher realisierbar.

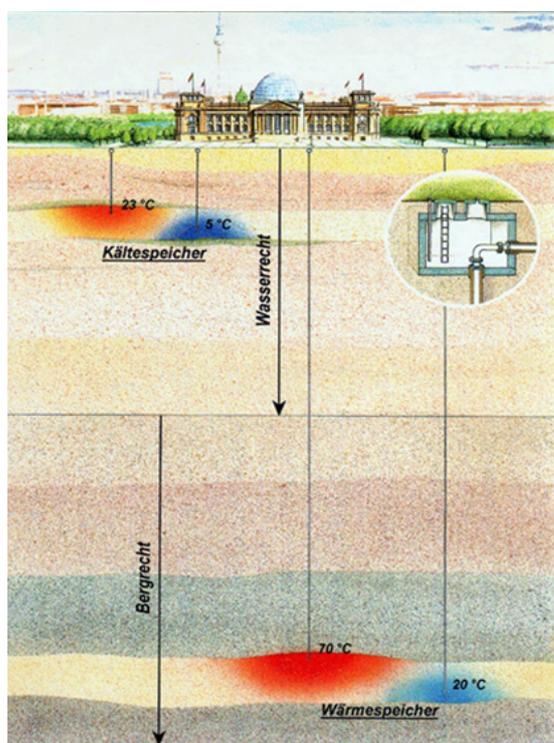
Aquifer-Wärmespeicher stellen hohe Anforderungen an die Bodenbeschaffenheit und erfordern umfangreiche Voruntersuchungen. Eine geeignete Hydrogeologie ist eine Grundvoraussetzung. Die Bodenparameter haben einen starken Einfluss auf die Realisierbarkeit, das Design und den Betrieb eines Aquifer-Wärmespeichers (z.B. Anzahl und Lage der Brunnen, Produktionsraten, thermische Verluste etc.). Die hydraulische Leitfähigkeit ( $k_f$ ) der Grundwasserleiterschicht ist ein zentraler Parameter. Für einen ausreichenden Wasseraustausch zwischen Grundwasserleiter und Förder- bzw. Injektionsbrunnen sind Werte von  $k_f > 10^{-5}$  m/s erforderlich. Ein weiterer wichtiger Parameter ist die chemische Beschaffenheit des förderfähigen Grundwassers. Durch Temperatur und Druckänderungen können gelöste Stoffe ausfallen und Brunnenfilter, Leitungen und Armaturen mit der Zeit verstopfen.

### Vorteile

- Niedrige spezifische Investitionskosten
- Grosse Wärmekapazitäten einfach erschliessbar
- Oberfläche nahezu uneingeschränkt nutzbar
- Mittlere Be-, Entladeleistung möglich
- Hohe Umgebungstemperaturen bei tiefen Aquifern führen zu niedrigen Wärmeverlusten

### Nachteile

- Nur an Standorten mit geeigneter Hydrogeologie möglich
- Aufwändige hydrogeologische Voruntersuchungen notwendig
- Erschliessungsrisiko vorhanden
- Erst bei grossen Speichern hohe Speichereffizienzen erreichbar
- Kontinuierliche Betriebsüberwachung erforderlich (Wasserchemismus etc.)
- Keine Wärmedämmung möglich



Speicheranlage am Berliner Reichstag (Grafik: GTN Geothermie Neubrandenburg GmbH)

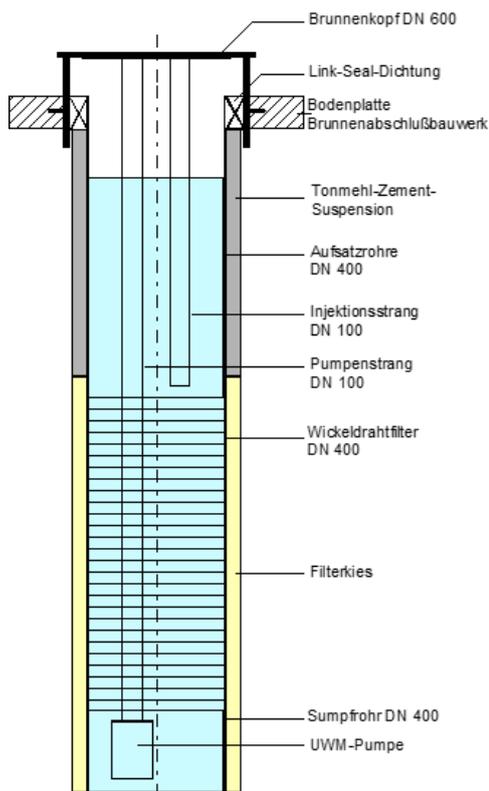
Erdreichvolumen	40'000 - 500'000 m <sup>3</sup>
Investitionskosten <sup>a</sup>	10 - 30 CHF/m <sup>3</sup> WÄ
Temperaturbereich	10 - 80 °C
Speicherdichte <sup>b</sup>	20 - 40 kWh/m <sup>3</sup>
Lebensdauer	20 - 30 Jahre
Platzbedarf (Standfläche)	vernachlässigbar

<sup>a</sup> ohne Planungs- und Genehmigungskosten, umgerechnet auf Wasseräquivalent (siehe sheet 8)

<sup>b</sup> abhängig von nutzbarer Temperaturdifferenz

#### Materialien

Brunnenbauwerk	Stahlbeton	∅
Standrohr	Stahl	500 - 600 mm
Bohrungsverrohrung	Stahl oder GFK <sup>c</sup>	250 - 400 mm
Filterstrecke	Edelstahl	80 - 100 mm
<sup>c</sup> Glasfaserverstärkter Kunststoff		



Beispielhafter Aufbau eines Brunnens (Grafik: GTN Geothermie Neubrandenburg GmbH)

## Grundwassermechanismus

Vor allem bei der Hochtemperatur-Wärmespeicherung (über 40 - 50 °C) ist eine detaillierte Kenntnis der Mineralogie, Geochemie und Mikrobiologie im Untergrund notwendig, um Schäden am System durch Ausfällungen von Stoffen in Anlagenteilen wie Wärmeübertragern, Rohren, Armaturen und Brunnenfiltern zu vermeiden. Diese möglichen Probleme werden hauptsächlich durch Fe/Mn- und Karbonat Ablagerungen verursacht, die sich jedoch bei Kenntnis des örtlichen Wasserchemismus durch geeignete Wasserbehandlungsmethoden verhindern lassen.

Ein bekanntes Problem von Aquifer-Wärmespeichern ist das Auftreten von Brunnenverstopfungen. Dies wird hauptsächlich durch das Eindringen von Sauerstoff in den Flüssigkeitskreislauf verursacht, was ebenfalls zu Fe/Mn-Ablagerungen führen kann. Um dies zu verhindern, ist eine ordnungsgemäße Brunnenkonstruktion erforderlich und ein hermetisch dichtes Rohrsystem unter Überdruck (um den Eintritt von Sauerstoff zu verhindern) unerlässlich. Durch diese Massnahmen werden auch Gasverstopfungen verhindert.

Die im Aquifer-Kreislauf verwendeten Werkstoffe müssen dem hohen Korrosionsrisiko durch das Grundwasser Rechnung tragen. Zusätze zum Schutz vor Korrosion können wegen des offenen Systems in der Regel nicht verwendet werden, da sonst Fremdstoffe in den Untergrund eingetragen würden. Geeignete korrosionsbeständige Materialien sind z.B. Titanwärmetauscher und Kunststoffrohre.

Im Bild links ist der Aufbau eines Aquifer-Wärmespeicher-Brunnens mit Förder- und Injektionsstrang dargestellt.

## Situation in der Schweiz / in Europa realisierte Projekte

Ein Aquifer-Wärmespeicher auf höherer Temperatur befindet sich Stand 2022 in der Schweiz in der Realisierung.

Beispiele ausgeführter Projekte (Ort, Land, Belade-Wärmemenge pro Jahr, Jahr):

[Bern-Forsthau](#) ewb, CH, 21'300 MWh/Jahr, Stand 2022: in Bau

[Berlin Reichstag](#), DE, 3'000 MWh/Jahr, 1999

[Neubrandenburg](#), DE, 12'000 MWh/Jahr, 2004

[Middenmeer](#), NL, 28'000 MWh/Jahr, 2021

## Relevante Quellen / weiterführende Informationen

- Djebbar R., Boulter R., Snijders, A., Thornton J., McClung, L.: Aquifer Thermal Energy Storage for Smart District Heating and Cooling - Technical Report, [IEA DHC Annex XII Report](#), 2020
- 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
- Pauschinger T., Schmidt T., Sørensen P.A., Snijders A., Djebbar R., Boulter R., Thornton J.: Design Aspects for Large-Scale Aquifer and Pit Thermal Energy Storage for District Heating and Cooling, [IEA DHC Annex XII Report](#), 2020
- [Saisonalspeicher.de](#) - Das Wissensportal für die saisonale Wärmespeicherung, 2022, Solites, Stuttgart, DE
- Schädle K.-H., Schmidt T., Berberich M., Einsatz von thermischen (saisonalen) Speichern in thermischen Netzen, Schlussbericht im Programm 'Thermische Netze', 2018, Energie Schweiz, Bundesamt für Energie, Bern
- 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](mailto:florian.ruesch@ost.ch)