

Regeneration von Erdwärmesonden

Vermeehrt werden Erdwärmesonden zur Energiegewinnung in Wärmepumpenanlagen genutzt. In Gebieten mit einer hohen Dichte an Erdwärmesonden oder in Erdwärmesonden-Feldern ist eine Regeneration sinnvoll und empfohlen. Thermische Solarenergie bietet sich hier ideal an, kann doch die sommerliche Einstrahlung zu winterlichen Heizzwecken genutzt werden. Dieses Merkblatt gibt Hinweise zur aktiven Regeneration von Erdwärmesonden.

Temperaturen im Erdreich

Das Erdreich weist in 20 m Tiefe eine durchschnittliche Temperatur von 10-12°C auf und wird bis etwa 5 m Tiefe durch den Jahresgang des Klimas beeinflusst. Ab 20 m Tiefe nimmt die Temperatur um rund 3 Kelvin pro 100 m zu und bleibt im Jahresverlauf stabil. In 1500 m Tiefe beträgt die Temperatur rund 60° C.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden (EWS) bestehen heute meist aus Doppel-U-Rohren in Polyethylen und werden in Nennweiten von DN32, DN 40 oder DN 50 geliefert. Bohrtiefen bis 300 m sind heute üblich. Die in die Bohrungen eingelassenen EWS werden von unten mit einer Zement-Betonit-Mischung hinterfüllt. EWS dürfen nicht überall, z.B. nicht in Grundwasserschutzgebiete, abgeteuft werden und unterliegen teilweise Tiefenbeschränkungen.

Bis Ende 2015 wurden rund 25'000'000 m EWS verteuft. Jährlich kommen rund 2'500 km dazu. Gemäss SIA 384/6 muss eine EWS für 50 Jahre genutzt werden können. In dieser Zeit darf die mittlere Sole-Temperatur nicht unter - 1,5°C fallen. Typisch ist eine Entzugsleistung von 30 Watt pro Meter.

Aktive Regeneration

Entgegen der weit verbreiteten Meinung fliesst nicht genügend Wärme aus dem Untergrund zu einer EWS nach, um die Temperaturen stabil zu halten. Der Wärmezuffluss erfolgt vor allem seitlich, was bei nahe beieinanderstehenden EWS zu einer gegenseitigen Beeinflussung führt.

Je grösser die Sondenabstände sind, desto geringer ist die gegenseitige Beeinflussung nachbarschaftlicher Sonden. Ab 20 m Sondenabstand ist die Beeinflussung auch über lange Zeiträume gering und man spricht von einer nachhaltigen Nutzung. Ist der Abstand zwischen den EWS geringer, so muss der Entzug verringert oder der Erdspeicher aktiv regeneriert werden. Eine Regeneration ist dabei oft preisgünstiger als die Vergrösserung der Bohrabstände und die Verlängerung der EWS.

Die aktuelle SIA Norm 384/6 soll erneuert werden, um die gegenseitige Beeinflussung in Sondenfeldern besser zu berücksichtigen.

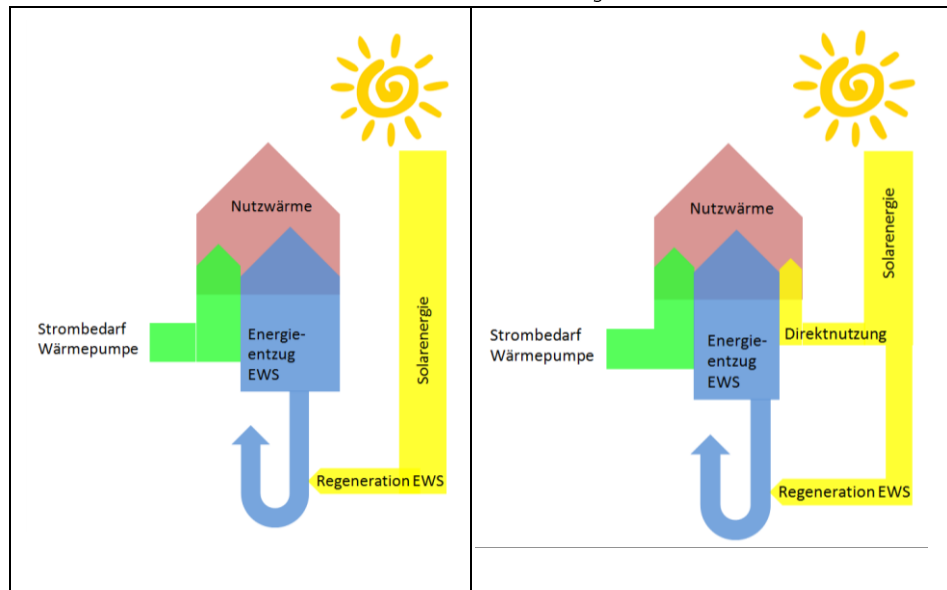
Von Regeneration der EWS spricht man, wenn maximal gleich viel Energie zugeführt wie entzogen wird. Wird mehr Energie zugeführt als entzogen wird, so erhöht sich die Temperatur im Erdreich gegenüber der Ausgangstemperatur. Das Erdreich dient als Langzeitspeicher. Eine hundertprozentige Regeneration oder gar Temperaturerhöhung über die Ausgangstemperatur sind aufgrund der nutzbaren Flächen selten möglich. Eine Regeneration kann wirtschaftlich interessant sein, weil weniger Meter EWS nötig sind.

Solarwärme

Ideal zur aktiven Regeneration von EWS ist die Nutzung der Solarstrahlung. Die im Sommerhalbjahr hohe Einstrahlung kann so verlustarm im Erdreich gespeichert werden. Dies kann mittels unverglaster Absorber oder Photovoltaik-Thermal-Hybridelementen (PVT) zur Erzeugung von Niedertemperaturwärme erfolgen. Flach-oder Vakuumröhrenkollektoren eignen sich für eine Direktnutzung (Warmwasser/Heizung) mit zusätzlicher Regeneration der EWS. Vorteilhaft bei diesem System ist die praktisch hundertprozentige Nutzung der Solarstrahlung ohne Stillstandszeiten der Anlage und im Schnitt moderaten Temperaturen mit resultierender langer Lebensdauer der Komponenten.

Flachkollektoren und doppelwandige Vakuumröhren benötigen in der Regel Betriebstemperaturen über der Umgebungstemperatur, um Feuchteschäden im Kollektorinnern vorzubeugen. Die übrigen Kollektorbauarten können auch unterhalb der Umgebungstemperatur mit maximalem Wirkungsgrad betrieben werden. EWS sollten mit max. 40° C kurzfristig und langfristig mit max. 30° C regeneriert werden. Bei Regenerationslösungen von < 0.1 m² Kollektorfläche pro Meter EWS ist dies in der Regel im praktischen Betrieb aufgrund der deutlich höheren Masseströmen im EWS-Kreislauf gegeben (für unverglaste Absorber und PVT-Elemente, bei höherwertigen Kollektoren mit Anteil Direktnutzung). Kritisch kann das Wiederanfahren einer Anlage z.B. nach einem Stromunterbruch oder das Umschalten von Direktnutzung mit Temperaturen > 60°C auf EWS-Regeneration sein. Analog dem Schutz einer Bodenheizung soll ein Sicherheitsthermostat bei Wärmetauscher-Austrittstemperaturen von > 40° C die Kollektorkreispumpe und somit die Wärmezufuhr ausschalten.

Auf alle Fälle muss die Auslegung der angewendeten, durch Simulationen erhaltenen Lösung, aufzeigen, dass die Fluidtemperaturen innerhalb der im Normalbetrieb tolerierten Grenzen liegen.



Regeneration von EWS mit Nieder-temperatur-Kollektoren (unverglaste Absorber, PVT)

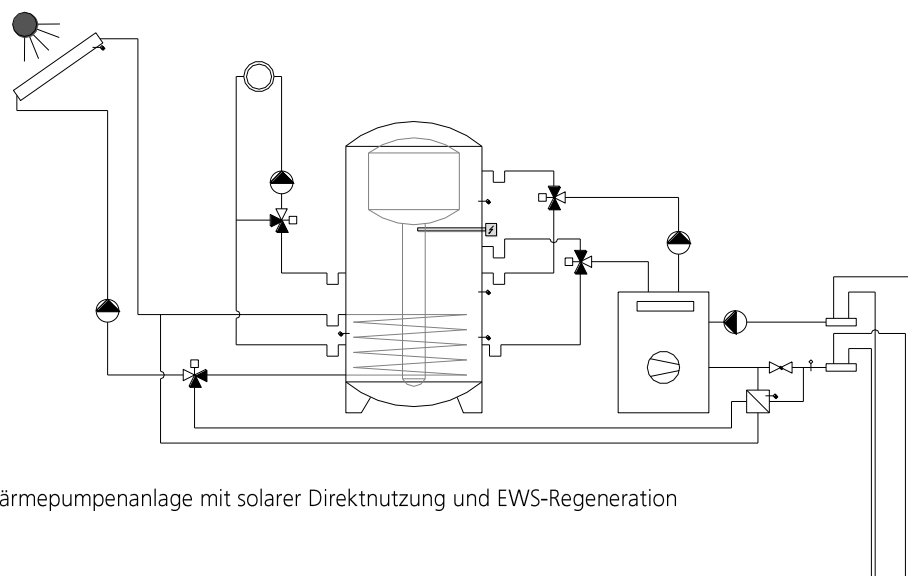
Direktnutzung und Regeneration von EWS mit Flach- und Vakuumröhren-Kollektoren

Typischer Solarertrag verschiedener Kollektoren

Kollektortyp	nur Regeneration EWS	Direktnutzung und Regeneration EWS
PVT-Module	300 – 400 kWh/m ² ·a	
Absorber selektiv	600 – 800 kWh/m ² ·a	500 – 650 kWh/m ² ·a
Flachkollektoren		600 – 750 kWh/m ² ·a
Vakuumröhren-Kollektoren		650 – 800 kWh/m ² ·a

Hydraulische Einbindung

Eine Systemtrennung zwischen Kollektorkreislauf und EWS-Kreislauf wird empfohlen. Dies darum, weil für den Kollektorkreis eine höhere Glykolkonzentration zum Schutz vor Frost nötig ist als im Erdsondenkreislauf, wo gegebenenfalls auch Wasser als Wärmeträger dienen kann. Wird keine Systemtrennung gemacht, so arbeitet die Wärmepumpe aufgrund der schlechteren physikalischen Werte des Wärmeträgers für den Kollektorkreis mit geringerem Wirkungsgrad.



Hydraulikschema für Wärmepumpenanlage mit solarer Direktnutzung und EWS-Regeneration

Weitere Informationen

Wärmenutzung aus Boden und Untergrund, Bundesamt für Umwelt BAFU 2009
RegenOpt-Studie, Hochbauamt der Stadt Zürich 2015