

Schlussbericht, 13. Juni 2018

# **Ergänzungen zu grossen Erdwärmesondenfeldern**

## **«Mustersubmission für die Installation einer Erdwärmesonde»**



**energie schweiz**

Unser Engagement: unsere Zukunft.

**Autoren**

Dr. Andreas Ebert, Geo Explorers AG

Christian Häring, Geo Explorers AG

**Experten**

Dr. Martin Bochud, GeoAzimut Sàrl

René Buchli, e-therm ag

Karl-Heinz Schädle, Schädle GmbH

Hansjakob Schächli, Progeo GmbH

**Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.**

**Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

**Adresse**

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern

Infoline 0848 444 444. [www.energieschweiz.ch/beratung](http://www.energieschweiz.ch/beratung)

[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Simulation eines Erdwärmesondenfeldes .....</b>	<b>4</b>
2.1	Geometrie des Erdwärmesondenfeldes .....	4
2.2	Ermitteln der echten Untergrundwerte für die Simulation .....	5
2.3	Regeneration des Erdwärmesondenfeldes .....	6
2.4	Anschluss und Verteilerschächte .....	6

# 1 Einleitung

Mehrere Erdwärmesonden auf einer Parzelle werden als Erdwärmesondenfeld bezeichnet. Die nachfolgenden ergänzenden Bemerkungen betreffen grosse Erdwärmesondenfelder mit einer Kälteleistung ab ca. 50 kW oder mit einer totalen Sondenlänge ab ca. 2000 m. Die Leistungsgrenze und auch die totalen Bohrmeter von 2000 m sind keine absoluten Grenzen und müssen fallweise angepasst werden.

Bei der Planung der Erdwärmesonden ist zu beachten, dass das Erdwärmesondenfeld auf die Leistung der Wärmepumpe und auf die jährlich entzogene und / oder zu speichernde Energie aus dem / in den Untergrund ausgelegt ist. Eine Wärmepumpe mit hoher Heizleistung braucht mehr Sondenmeter als eine Wärmepumpe mit geringerer Heizleistung, selbst wenn die entzogene Energie aus dem Untergrund die gleiche ist.

Grosse Erdwärmesondenfelder müssen korrekt **dimensioniert und simuliert** werden. Andernfalls können die Sonden vereisen, der nachhaltige Betrieb wäre damit nicht gesichert. Die im Folgenden genannten Aspekte müssen bei der Planung eines Erdwärmesondenfeldes speziell berücksichtigt werden.

## 2 Simulation eines Erdwärmesondenfeldes

Für die Auslegung eines Erdwärmesondenfeldes nach SIA 384/6 muss eine Simulation über eine Betriebsdauer von 50 Jahren durchgeführt werden. Dabei gilt es folgendes zu beachten:

### 2.1 Geometrie des Erdwärmesondenfeldes

Bei Feldern ist die **gegenseitige thermische Beeinflussung der Erdwärmesonden** zu beachten. Dabei spielen die Anordnung oder Geometrie der Erdwärmesonden, die Abstände dazwischen, die Anzahl und Tiefe der Erdwärmesonden, sowie die Geologie eine grosse Rolle. Je kleiner die Distanz zur nächsten Erdwärmesonde, desto grösser ist die gegenseitige thermische Beeinflussung. Diese muss mit mehr Bohrmeter kompensiert werden.

Das Feld muss für den kurzfristigen, wie auch langfristigen Energieentzug dimensioniert werden. Für den kurzfristigen Energieentzug ist von Bedeutung, dass genügend Erdwärmesondenmeter gebohrt werden, um aus dem Erdwärmesondenfeld rasch die nötige Energie bereitstellen zu können. Umgekehrt ist für den langfristigen Energieentzug wichtig, dass die Erdwärmesonden ein genug grosses Gesteinsvolumen erfassen können, damit der Energieentzug nachhaltig bleibt. Neben Untergrundvolumen sind dabei besonders die Wärmeleitfähigkeit, Untergrundtemperatur und ein möglicher Grundwasserfluss von Bedeutung.

Neben der optimalen Anordnung der Erdwärmesonden auf dem Feld muss aus diesen Gründen auch eine geeignete Bohrtiefe gewählt werden. Dabei spielen mehrere Faktoren eine Rolle. Ver-

einfach kann gesagt werden, dass in den meisten Fällen die Bohrtiefe maximiert werden sollte und die Anzahl der Sonden minimiert. Das hat drei Vorteile:

- Wird die Anzahl Sonden minimiert, ist ihre gegenseitige thermische Beeinflussung geringer. D.h. es braucht insgesamt weniger Bohrmeter.
- Je tiefer gebohrt wird, desto wärmer wird der Untergrund, was die Entzugsleistung und die Quellentemperatur bzw. COP positiv beeinflussen.
- Wenn tiefer gebohrt wird, wird insgesamt auf der gleichen zur Verfügung stehenden Fläche ein grösseres Gesteinsvolumen erfasst, das abgekühlt werden kann. Dies hat auf den langfristigen Wärmeentzug einen positiven Einfluss.

## 2.2 Ermitteln der echten Untergrundwerte für die Simulation

Bei grossen Erdwärmesondenfeldern wird oft als erstes eine Sondierbohrung auf die maximale Bohrtiefe durchgeführt. Einerseits wird die bohrtechnische Umsetzbarkeit geprüft, andererseits werden Messungen der Untergrundparameter in der Sondierbohrung durchgeführt. Die für die Simulation wichtigsten Untergrundparameter sind die **Wärmeleitfähigkeit** sowie die **Temperatur des Untergrundes** und wenn vorhanden auch der **Grundwasserfluss**. Die Wärmeleitfähigkeit definiert, wie rasch Umgebungswärme durch das Gestein und das Grundwasser zur Erdwärmesonde geleitet wird. Je höher die Wärmeleitfähigkeit, desto schneller kann sich eine Erdwärmesonde im Sommer natürlicherweise regenerieren, aber umso grösser ist auch deren thermischer Einflussradius. Für Kleinanlagen kann auf die SIA-Norm 384/6 zurückgegriffen werden. Die Schätzwerte können von der Norm mit einem entsprechenden Reservezuschlag bei den Bohrmeter übernommen werden. Für Grossanlagen wird empfohlen, die exakten Untergrundparameter in der Sondierbohrung zu messen. Je nach Feldgrösse werden ein oder mehrere **Thermal Response Tests (TRT)** durchgeführt. Mit einem klassischen TRT wird die effektive Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds entlang des Bohrlochs gemessen. Dabei wird der Erdwärmesonde konstant Energie in Form von Wärme zugeführt und gemessen, wieviel von dieser Energie im Untergrund abfließt. Neben der Gesteinswärmeleitfähigkeit spielt dabei fliessendes Grundwasser eine wichtige Rolle. Wird bei der Bohrung fliessendes Grundwasser angebohrt, erhöht dies die effektive Wärmeleitfähigkeit und somit die Entzugsleistung der Erdwärmesonde. Der zweite wichtige Untergrundparameter für die Simulation des Sondenfeldes ist die ungestörte Untergrundtemperatur. Je höher die Untergrundtemperatur, desto weniger Bohrmeter werden für die Erdwärmesondenanlage benötigt (es steht von Beginn an total mehr Wärmeenergie bis zum Erreichen der Frostgrenze zur Verfügung!). Dafür wird ein **Temperatursensor** in die Sondenrohre abgelassen, der entlang der Bohrung ein Temperatur-Tiefen-Profil aufzeichnet. Dieses hilft auch, mögliche Grundwasserflüsse zu erkennen.

Die Messwerte der ungestörten Untergrundtemperatur, der effektiven Wärmeleitfähigkeit, sowie des Bohrlochwiderstands und des Grundwassereinflusses werden für die Simulation des Erdwärmesondenfeldes nach SIA 384/6 verwendet.

## 2.3 Regeneration des Erdwärmesondenfeldes

Bei grossen Feldern und im Besonderen wenn auf Nachbarsparzellen die Erdwärmesondendichte bereits gross ist, reichen geometrische oder Bohrtiefenoptimierungen nicht mehr aus, um das Erdwärmesondenfeld nachhaltig zu betreiben. Nur die äussersten Erdwärmesonden eines Feldes können im Sommer natürlich regenerieren. Alle anderen Erdwärmesonden sind von den äussersten thermisch abgeschirmt und können deshalb besonders im Fall tiefer Erdwärmesonden nur geringfügig von unten und oben regenerieren.

In diesem Fall muss **das Erdwärmesondenfeld aktiv regeneriert** werden. Bei Einfamilienhäusern wird oft die passive Kühlung als Teilregeneration eingesetzt. Dies reicht bei grossen Sondenfeldern nicht aus. Im Sommer muss mit Aktivkühlung, Luftkühlung, Solaranlagen oder Abwärme die Energie in das Erdwärmesondenfeld eingebracht werden und somit die Untergrundtemperatur regeneriert werden. Damit wird das Erdwärmesondenfeld zu einem Erdwärmespeicher. Durch die aktive Regeneration werden je nach Verhältnis von Energieentzug und –eintrag weniger Bohrmeter benötigt und die Erdwärmesonden können näher zueinander gesetzt werden, d.h. die Investitionskosten und Betriebskosten können bei grossen Feldern mit einer aktiven Regeneration tiefer ausfallen als bei einem reinen Wärmeentzugsfeld, welches mehr Bohrungen und Bohrmeter benötigt.

## 2.4 Anschluss und Verteilerschächte

Bei grossen Erdwärmesondenfeldern werden oft mehrere Verteilerschächte eingesetzt, damit die Länge der Zuleitungen abgeglichen werden kann und um die Leitungsführung der Vor- und Rücklaufleitungen zu vereinfachen und zu minimieren. Die Anzahl und Lage der Verteilerschächte im Erdwärmesondenfeld, sowie die Zuleitungen sind detailliert zu planen.