

## Eine Erdwärmehheizung als Referenzanlage

Von Oliver Sachs und Mark Eberhard

Die Technik der geothermischen Gewinnung von Wärmeenergie mittels Erdwärmesonden (EWS) wird bereits seit den 1970er Jahren eingesetzt. Seither erlebte diese Technologie einen rasanten Aufschwung – so beziehen von den in der Schweiz installierten 140'000 Wärmepumpenanlagen etwa 65'000 ihre Energie aus Erdwärmesonden (Quelle: Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz). Das ist weltweit die höchste Dichte dieses Heizungstyps. Allgemein gilt diese Technik heute als ausgereift. Im Gegensatz zu einer konventionellen Heizung kann man mit einer EWS-Anlage das Raumklima in einem gewissen Umfang abkühlen. Genau dieser Aspekt ist in den letzten Jahren angesichts der zu erwartenden Klimaerwärmung und in Anbetracht der Lebensdauer einer Erdwärmesonden-Heizung zunehmend in den Fokus gerückt. Diese als „Freecooling“ bezeichnete Klimatisierung hat gegenüber einem konventionellen Heizsystem gleich mehrere Vorteile:

- Kühlung von Wohn- und Geschäftsräumen
- Saisonale Speicherung von Wärmeenergie
- Verkürzung der Regenerationszeit nach der Heizperiode

Wenn die in den Boden geführten Wärmemengen genauer quantifiziert werden, können die Regenerationsphasen einer EWS-Anlage besser eingeschätzt werden. Sind die Entnahme- und Rückgabemechanismen sowie physikalischen Parameter bekannt, können zudem neue Modelle entwickelt werden, welche eine genauere Dimensionierung der geplanten EWS-Anlage erlauben. Diese Überlegungen ermöglichen erst die Realisierung einer kostengünstigen und gleichzeitig effizienten EWS-Heizung.

Damit das Verhalten der Erdwärmesonden im Heiz- und Kühlfall, die wesentlichen Energieparameter sowie das Raumklima genau studiert und quantifi-



Abb. 1: Firmengebäude der EBERHARD & Partner AG

ziert werden können, wurde am 2008 neu gebauten Firmensitz der EBERHARD & Partner AG\* eine EWS-Anlage für Forschungszwecke realisiert (Abb. 1).

Zur Beheizung und Kühlung der etwa 1000 m<sup>2</sup> grossen Nutzfläche wurden drei, jeweils 225 m tiefe Erdwärmesonden installiert. Um echte in situ-Temperaturdaten während des Heizens und Kühlens zu erhalten und zur genauen zeitlichen Überwachung der Sonden wurden in 50, 125 und 225 m Tiefe Temperaturfühler (PT100) in die Sonden eingebaut. Weiter wurden Temperaturfühler im Vor- und Rücklauf der Erdwärmesonde sowie im Vor- und Rücklauf des Heiz- bzw. Kühlkreises angebracht. Weitere Temperaturfühler sind im Fussboden, im Grossraumbüro über dem Boden, auf Höhe der Raummitte, im Deckenbereich und aussen am Gebäude installiert. Für spätere Behaglichkeitsanalysen wurde zusätzlich ein Feuchtemessgerät im Bürobereich angeschlossen. Die jeweilige Leistungsaufnahme aller im System beteiligten Pumpen (Primärpumpe für den Sole-

kreislauf, Wärme-, Heizungs-, Brauchwasser-, Kühl- und Ladepumpe für die Speicher) wird permanent erfasst. Alle bisher genannten Messdaten werden durch einen Datenlogger alle 5 Minuten gespeichert.

Zusätzlich wird der Volumenstrom und die transportierte Wärme- / Kältemenge im Heiz-, Kühl- und primären Sondenkreislauf stündlich erfasst. Die Daten sollen unter Alltagsbedingungen erstmals zu jedem Zeitpunkt einen genauen Zustand des gesamten Heizungssystems über das gesamte Jahr ermitteln. Daneben sind die in den Boden eingebrachten bzw. entzogenen Wärmemengen von besonderem Interesse. Wie gut kann man saisonal Wärme wirklich speichern? Wie schnell regenerieren sich die Sonden nach der Heizphase durch die Einbringung der überschüssigen sommerlichen Gebäudewärme? Wie gut stimmen die auf Simulationen basierenden Erhebungen und Empfehlungen der Heizanlage wirklich mit der Praxis überein?

Zur Beantwortung dieser grundlegenden



Dr. Oliver Sachs ist verantwortlich für Forschung & Entwicklung im Bereich Geothermie bei der EBERHARD & Partner AG in Aarau (Schweiz)



Dr. Mark Eberhard ist Geschäftsführer bei der Firma EBERHARD & Partner AG in Aarau (Schweiz)

\*Die EBERHARD & Partner AG, ein im Schweizerischen Aarau beheimatetes Unternehmen, ist ein Geologie- und Energiebüro. Gleichzeitig ist es seit 1999 die Förderstelle Geothermie für die Zentral- und Nordschweiz.



Abb. 2: Bereits teilweise mit Tubolit isolierter Sondenkopf mit eingebautem Temperaturfühler (blaue Verschraubung)

Fragen wurde bereits 2007 mit der Planung einer Pilot- und Demonstrationsanlage im neuen Bürogebäude der EBERHARD & Partner AG begonnen. Neben der Auslegung der Sondenlänge und der Anlagespezifikation (Wärmepumpe für Heizung / Kühlung, Wärmetauscher, Fussbodenheizung etc.) wurde gleichzeitig ein umfangreiches Messkonzept entwickelt.

Frühere Forschungsergebnisse zeigten, dass ein deutlicher Wärmeverlust im obersten Teil einer nicht isolierten Erdwärmesonde auftreten kann (Eberhard, 2004 & 2005). Um eine saisonale Beeinflussung der Soletemperaturen weitgehend ausschliessen zu können, wurden die obersten Meter der Erdwärmesonden mit Tubolit isoliert. Die drei Sonden werden im Technikraum (Keller) mit einem Sammelblock zusammengeführt.

Die thermischen Eigenschaften der die Sonde umgebenden Gesteine werden vor allem durch gesteinspezifische Charakteristika wie lithologische Beschaffenheit oder Lagerung bestimmt. Daneben spielt die Grundwasserführung bzw. der Porenwasseranteil für die Wärmeleitfähigkeit eine ganz wesentliche Rolle. Die Summe dieser Einzelparameter bestimmt schliesslich die thermische Leistungsfähigkeit einer EWS. Sie spiegelt letztlich die Grösse der Wärmeenergie wider, welche im Jahresverlauf dem Gesteinsuntergrund entzogen oder zurückgegeben werden kann. Die Abschätzung der Sondenentzugsleistung findet normalerweise anhand des bei der Bohrung erstellten geologischen Profils statt. Um möglichst viele Unsicherheiten von vorne herein ausschliessen zu können, wurde vor der eigentlichen Inbetriebnahme der EWS-Anlage ein Thermal Response Test (TRT) in Auftrag gegeben. Ein weiterer wesent-

licher Punkt war die Installation der Temperaturfühler in den Erdwärmesonden (Abb. 2).

Die Wärmepumpe (SATAG NATURA CD60 bzw. Vitocal 300 CD60) wurde während der Heizphase 2008 / 2009 bzw. im Sommer 2009 mit den werksseitig vorgenommenen Einstellungen für Heizung und Warmwassererzeugung betrieben. Für vergleichende Untersuchungen wurden diese Einstellungen zu Beginn der Heizphase 2009 / 2010 optimiert. Abbildung 3 zeigt die wichtigsten Temperaturverläufe über einen Zeitraum von 8 Monaten. Die Sondenaten spiegeln die jeweilige Temperatur im Betriebszustand wider, d. h. die Anlage läuft mindestens 20 Minuten bevor die Messwerte als „in Betrieb“ erfasst werden.

diesen Trend wider. Im gesamten Mai wurde nur Wärme für die Erzeugung des Warmwassers aus den Sonden entzogen. Ende Juni kühlten nachts die Aussen-temperaturen für mehr als 3 Stunden auf unter 17 °C ab. Aufgrund der werksseitigen Einstellungen beginnt dann die Wärmepumpe für ein paar Stunden ihren Heizbetrieb.

Am 25. Juni wurde dann der Freecooling-Betrieb der EWS-Anlage eingeschaltet. Aufgrund der hohen Gebäudetemperaturen stiegen die Temperaturen in den EWS-Sonden anfangs ungewöhnlich stark an. Erst im Laufe des Juli normalisierten sich die Temperaturwerte wieder. Da im Freecooling-Betrieb die Fliessrichtung des Sondenkreislaufs umgekehrt wird, werden nun die höchsten Temperaturen

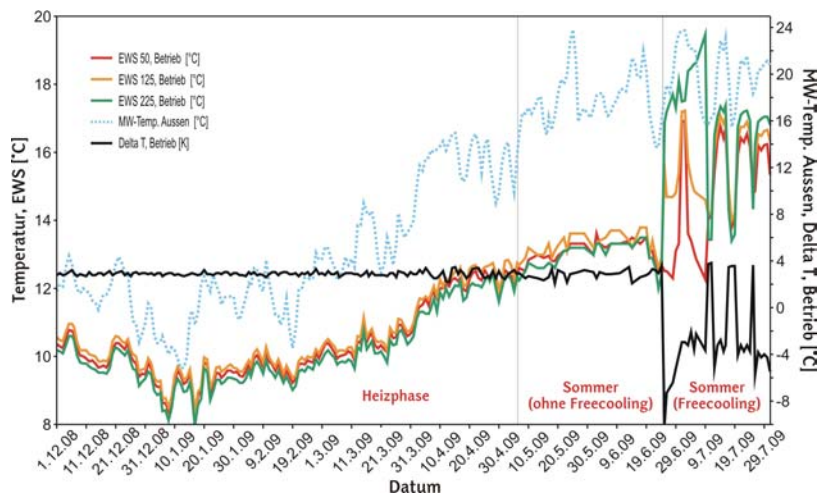


Abb. 3: Saisonale Temperaturentwicklung in den Erdwärmesonden (EWS): links ist die Temperaturskala der EWS-Fühler (grün, rot, orange), rechts ist die Temperaturskala für die Aussen-temperaturen (hellblau) bzw. die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf (schwarz). Die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf soll 3 bis 4 Kelvin betragen. In der Graphik wurde diese Differenz für den Heizbetrieb bei +3 bis +4 °C bzw. im Freecooling bei -3 bis -4 °C eingezeichnet. Weitere Erläuterungen im Text.

Der Temperaturverlauf in den drei Tiefenniveaus in den Sonden korreliert sehr gut mit den gemessenen Aussen-temperaturen. Die tiefsten Sondentemperaturen werden im Januar, dem kältesten Monat, erreicht. Anschliessend steigen die Aussen- und Sondentemperaturen bis Ende April kontinuierlich an. Während der ganzen Zeit wird der Temperaturentzug aus dem Wasser / Glykol-Gemisch der Sole kontinuierlich bei etwa 3 K Temperaturdifferenz gehalten.

In der Nordschweiz waren der Mai und Juni 2009 etwa 3 bis 5 °C über dem langjährigen Monatsmittel (Quelle: MeteoSwiss). Auch die am Gebäude der EBERHARD & Partner AG gemessenen mittleren Aussen-temperaturen spiegeln

am Sondenkopf (grün) und die tiefsten Werte bei 50 m (rot) gemessen. Tendenziell waren die Nachttemperaturen im Juli etwas kälter, so dass bei einer mehrstündigen Unterschreitung der Aussen-temperatur von 17 °C der Heizbetrieb kurzzeitig aufgenommen wurde. Dies zeigen die Sondentemperaturen sowie das Hin- und Herspringen der Temperaturdifferenz zwischen +/- 3 Kelvin. Hier besteht von den werksseitigen Einstellungen der Wärmepumpe noch Verbesserungsbedarf.

Detaillierte Raummessungen werden in Abbildung 4 dargestellt. Der gewählte Zeitraum erstreckt sich von Sonntag (Feiertag) bis Dienstag (Arbeitstag).



# Geothermische Energie



Heft 65



**Nachbarn I: Geothermie in den Niederlanden**

**Recht: Ausschreibungspflicht**

**EU: Zukunft der Geothermieforschung**

**Nachbarn II: EWS-Forschungsanlage in der Schweiz**

**Leipzig: Geothermie für Literaturerbe**