

Einzelsonden und Sondenfelder

Leistung und Energieerträge von Erdsondenanlagen zum Heizen und Kühlen

Neue Tendenzen bei Erdwärmesonden

Erdsonden-Wärmepumpen können heute als Stand der Technik beim Neubau von Einfamilienhäusern betrachtet werden. Erdwärmesonden werden aber immer häufiger auch im Altbaubestand in städtischen Gebieten eingesetzt. Auch bei Grossprojekten und bei Verwaltungsbauten kommen diese vermehrt zum Einsatz. Gemeinsam bei vielen dieser Projekte ist der beschränkte Platz, der für die Bohrungen zur Verfügung steht. Ausgehend von diesen Randbedingungen kann von einem Trend zu immer tieferen Bohrungen gesprochen werden. Bereits werden erste Projekt mit 50mm Duplex-Erdwärmesonden mit Tiefen von über 400m geplant und ausgeführt. Auch beim Sondenabstand ist der Wunsch nach möglichst geringen Bohrabständen verständlich. Grosse Sondenfelder und geringe Bohrabstände verunmöglichen aber die Regeneration der Sonden im Jahresverlauf, so wie wir dies von den Einzelsonden für Einfamilienhäusern her kennen. Jährlich absinkende Sondentemperaturen sind die Folge.

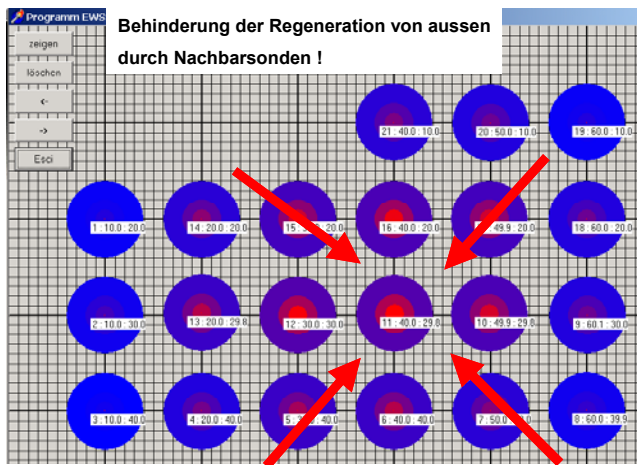


Bild 1: Verhinderte Regeneration im Sondenfeld (Berechnung mit Programm EWS, www.hetag.ch)

Der Trend zu grösseren Fensterflächen führt gleichzeitig immer häufiger zu einem Kühlbedarf der Gebäude im Sommer. Richtig geplant, können die Sonden hier einspringen und als „Geocooling-System“ diesen Bedarf direkt decken, sofern bei der Kühlung ein hochtemperatures Kühltssystem gewählt wird. Bei einem grösseren Bedarf können die Sonden auch als Rückkühlung von Kältemaschinen dienen. Aus Sicht der Sonden ist dieses „Geocooling“ höchst erwünscht, ersetzt es doch die fehlende Regeneration der Sonden bei Sondenfeldern und ermöglicht grössere, spezifische Sondenbelastungen im Winter.

Neue Erdsondennorm SIA 384/6 (2009)

2009 tritt die neue Erdwärmesonden-Norm SIA 384/6 in Kraft. Die Norm behandelt

- die Materialanforderungen
- Bohr- und Hinterfüllungstechnik
- Rohrprüfung, Betrieb und Wartung
- Berechnung und Sondenauslegung

Bei der Sondendimensionierung werden erstmals klare, allgemein gültige Kriterien für die Berechnung von Erdwärmesonden und Sondenfeldern aufgestellt:

- Für den Wärmeentzug gilt eine **minimale mittlere Soletemperatur nach 50 Betriebsjahren** von **-1.5°C** (z.B. Eintritt in die Erdwärmesonde -3°C, Austritt 0°C)
- Komplexe Anlagen sind Anlagen mit mehr als 4 Erdwärmesonden, Anlagen zum Kühlen oder einem speziellen Bedarfsprofil. Bei komplexen Erdwärmesonden - Anlagen muss eine detaillierte Dimensionierung durchgeführt werden. Dazu ist ein **Simulationsprogramm** mit Zeitschritten von maximal 3h zu verwenden (z.B. Programm EWS).

Bei einfachen Anlagen sind Auslegungsdigramme im Anhang der Norm enthalten:

gur 12 Normleistung bei 1 EWS à 100 m, ø 40 mm, Duplex, bei 10°C mittlerer Bodentemperatur und 1850 h Volllastzeit bei verschiedenen Wärmeleitfähigkeiten und Wärmekapazitäten des Erdreichs

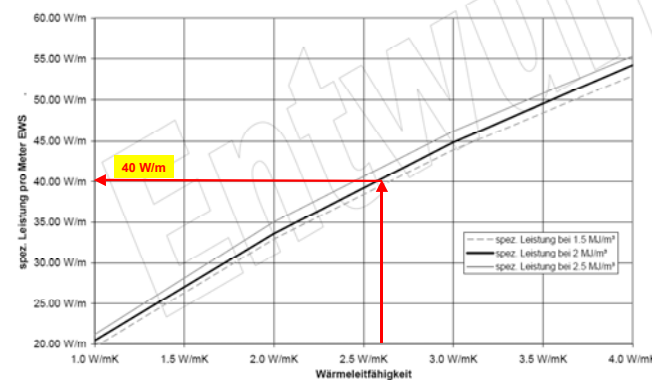


Bild 2: Sondenauslegung bei 1850 h/a Volllaststunden

Figur 20 Zuschlag der Erdwärmesondenlänge in Abhängigkeit der Betriebsstunden und Anordnung der EWS bei einer Wärmeleitfähigkeit von 2,5 W/m·K und 10 m Abstand zwischen den Erdwärmesonden

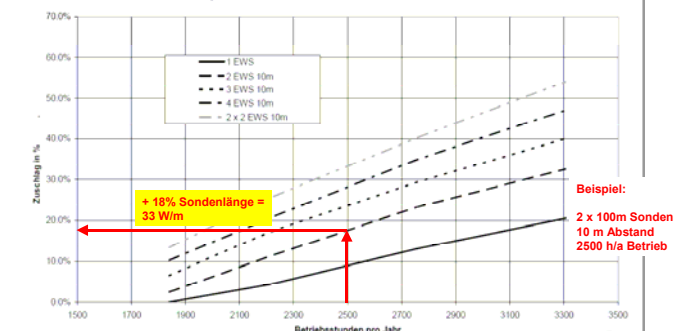


Bild 3: Zusatzlänge bei 2 Sonden und 2'500 h/a

Heizen und Kühlen im EFH



Bild 4: MINERGIE-P EFH „Im Haufland“ in Maur mit installiertem „Geocooling“ (Architektur: Fild+Partner GmbH; Planung HLK Huber Energietechnik AG, Zürich)

Im BFE-Forschungsprojekt „Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen“ (T. Afjei, R. Dott, A. Huber; 2007) wurde unter anderem untersucht, mit welcher Kühlleistung gerechnet werden kann, wenn die Fussbodenheizung auch zum kühlen verwendet wird und ob dabei mit Kondensatbildung am Boden zu rechnen ist.

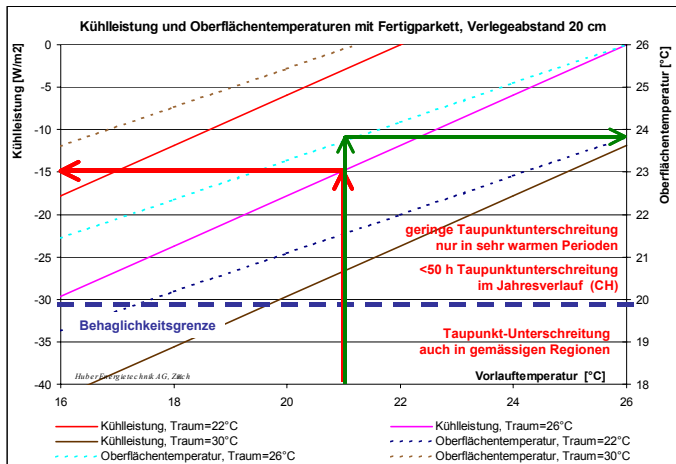


Bild 5: erreichbare Kühlleistung mit Fussbodenheizung

Die Resultate dieser Arbeit können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Fussbodenheizung eignet sich gut für die sanfte Direktkühlung über die Sonden („Geocooling“)
- Das Kondensatrisiko auf dem Fussboden ist bei konventioneller Auslegung vernachlässigbar.
- Die erreichbare Kühlleistung lässt sich mit Hilfe der EMPA-Formeln oder über Diagramme gut abschätzen
- Das „Geocooling“ erhöht im Sommer (Warmwasserproduktion) und im Herbst den COP der Anlage und kann damit energieneutral realisiert werden
- Bei einer Einzelsonde hat das „Geocooling“ keinen Einfluss auf die Sondendimensionierung (d.h. die Sonde kann nicht kürzer ausgelegt werden)

Heizen und Kühlen mit Sondenfeldern

Im Gegensatz zur Einzelsonde hat die Sonderegeneration durch „Geocooling“ oder Sonderrückkühlung einer Kältemaschine einen grossen Einfluss auf die Sondendimensionierung. Ohne aktive Regeneration müsste eine unwirtschaftlich tiefe Sondenbelastung gewählt werden, oder die Sonden müssten sehr grosse Abstände aufweisen. Bei Sondenfeldern ist in der Regel somit eine aktive Regeneration zwingend. Zu beachten ist dabei, dass die Sondenzeitkonstante quadratisch mit der Bohrtiefe zunimmt:

$$t_s = \frac{H^2 \cdot \rho \cdot c_p}{9 \cdot \lambda}$$

Bohrtiefe	Zeitkonstante
70 m	15.5 Jahre
100 m	31.7 Jahre
150 m	71.3 Jahre
200 m	126.8 Jahre
250 m	198.2 Jahre
300 m	285.4 Jahre

Bild 6: Zeitkonstanten von Erdwärmesonden

Eine grosse Zeitkonstante bedeutet, dass auch nach vielen Jahren noch kein Gleichgewicht zwischen nachfliessender Wärme und Wärmeentzug erreicht ist und dass die Sonde damit Jahr für Jahr kälter wird.

Die grosse Zahl von Einflussparametern macht bei Sondenfeldern eine Simulation zur Dimensionierung unumgänglich. Das nachfolgende, ausgeführte Beispiel mit 28 x 280m Bohrtiefe zeigt den grossen Einfluss des „Geocoolings“:

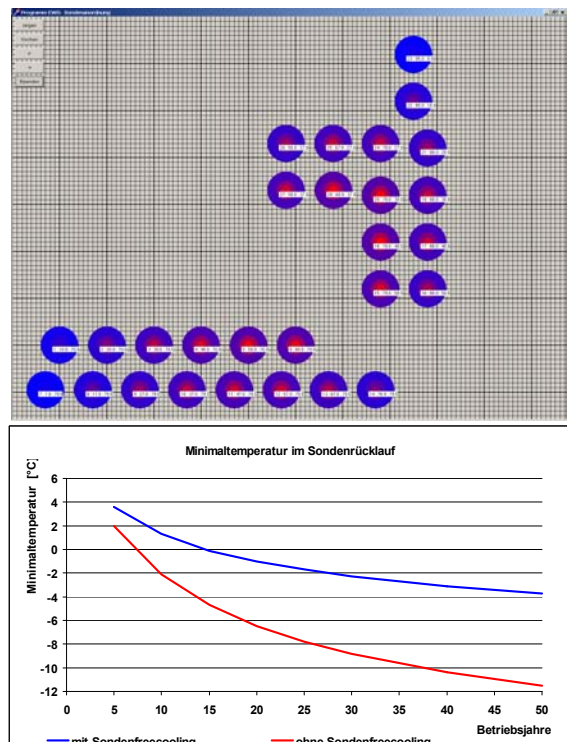


Bild 7: Berechnete Soletemperaturen mit (blau) und ohne (rot) „Geocooling“ über die Fussbodenheizung. Berechnet mit Programm EWS (www.hetaq.ch)