

8 Jahre Erdwärmenutzung mit begleitenden Messungen

Dr.-Ing. Klaus F. Stärk
Untersiggenthal/Schweiz

Vortrag Schloss Rauschholzhausen 1994

1. Einfamilienhaus

Das freistehende Einfamilienhaus in Hanglage (geplant und gebaut 1985-87) hat ca. 150 m² beheizte Wohnfläche und ca. 1000 m³ umbauten Raum. Die Aussenwände wurden mit 100 mm Polystyrolschaumstoff und kunststoffgebundenem mineralischem Verputz isoliert. Alle Fenster sind 3-fach verglast, das Dachgeschoss wird nicht als Wohnraum genutzt. Wärmebedarfsrechnung nach SIA 380/1 bzw. 384/2.

2. Heizungsanlage

Gas- und Fernheizung waren nicht möglich, Ölheizung nicht erwünscht - als alternatives, umweltfreundliches Heizsystem bot sich die Wärmepumpe an. Aus grundsätzlichen Überlegungen zur Versorgungssicherheit und dem Platzbedarf blieb die (damals nicht sehr bekannte) untiefe Geothermie mit Erdwärmesonden und Solekreislauf als Lösung, s. Zusammenstellung der Vergleichsargumente in **Tafel 1**. Bei einem Wärmebedarf von ca. 11kW (nach SIA V380/1 für -11°C) ergaben sich eine Wärmepumpe mit 4kW Antriebsleistung und zwei Erdwärmesonden mit je 60m Tiefe (eingerechnete Unsicherheitsreserve ca. 20%) und ca. 15m Zuleitungslänge von den Sonden zum Heizungskeller (verlegt in ca. 1,5m Tiefe als zusätzliches "Erdregister"). Zur Schonung der Wärmepumpe und besseren Ausnutzung der Niedertarifzeiten wurde ein 1500 l Warmwasserspeicher eingebaut (durchschnittliche Laufzeit in Niedertarifzeiten ca. 73% mit Stromkosten von 8,0 Rp/kWh bzw. 27% im Hochtarif mit 17,5 Rp/kWh), s. Angaben zur Heizungsanlage in **Tafel 2**.

3. Messungen

Die begleitenden Messungen der Leistungsaufnahme der Wärmepumpe, der notwendigen Vorlauftemperaturen für die Fussbodenheizung (im Durchschnitt ca. 7,5 m Rohr pro m² Wohnfläche), der maximalen Tageslaufzeiten der Wärmepumpe bei extremen Aussentemperaturen, der Jahreslaufzeiten der Wärmepumpe und der Auskühlung und Erholung des "Erdspeichers" um die Erdwärmesonden herum, haben die Richtigkeit der Auslegung und der Randbedingungen voll bestätigt. Ueber nunmehr 7 Winter gab es keine Probleme (kleine Reparaturen an der Anlage wurden schnell und kostenlos behoben), eine Zusatzheizung (Schwedenofen im Wohnzimmer) war nie erforderlich.

Die **Bilder 1 bis 4** zeigen zwei sehr unterschiedliche Heizperioden mit den Temperaturverläufen der Soletemperatur (gemessen am Verteiler nach jeweils ca. 1-2 h Soleumwälzung ohne Wärmeentzug) und die Zusammenhänge mit den mittleren Monatsdurchschnittstemperaturen. PC-Messungen vor Beginn der Heizperiode als auch im Winter, zeigten, dass alle Sondenkreisläufe gleichmässig durchströmt werden und belegten die richtige Auslegung der Anlage.

Da die (sehr leise) Wärmepumpe einen "Bordcomputer" enthält, ist es sehr einfach, die Tages- und Jahreslaufzeiten und die Momentanwerte der Aussen-, Sole- und Heizungskreislaufemperaturen zu ermitteln. Der separate Stromzähler ergibt den Verbrauch von Wärme- und Umwälzpumpen. Durch eine Instrumentierung der 4 Vorlauf- und 4 Rücklaufrohre der Erdwärmesonden ausserhalb des Hauses mit Thermoelementen war eine gute und einfache Kontrolle der Temperaturverteilung und mit einem PC-Messprogramm eine sehr genaue Verfolgung der Temperaturänderungen der Sondenrohre möglich, s. z.B. **Bild 5 und 6**. In den letzten beiden Jahren wurden zusätzlich mit integrierenden Wärmezählern (Durchflussmessern mit Temperaturdifferenzauswertung) die Wärmemengen im Sonden- und Heizungskreislauf gemessen. Die Auswertungen ermöglichten es, die Jahresarbeitsziffer der Heizungsanlage zu errechnen.

Besonders wichtig für den Betreiber ist der Nachweis, dass sich die Erdwärmesonde gut regeneriert, s. **Bild 7**. Die Längen der Heizperioden und die Laufzeiten der Wärmepumpe sind in **Bild 8** dargestellt. Stellt man die Aussentemperatur über der Vorlauftemperatur der Fussbodenheizung dar, erhält man die spezifische Heizkurve des Gebäudes, s. **Bild 9** und die Bestätigung der richtigen Auslegung in **Bild 10**, wenn man die mittlere Tagestemperatur über der Laufzeit der Wärmepumpe aufzeichnet. Erst bei -20°C mittlerer Tagestemperatur würde die max. mögliche Dauerlaufzeit von knapp 20h pro Tag erreicht (Reserve ca. 30%). Durch "Ansteckung" hat sich die Erdwärmesondenanlage in der näheren Umgebung inzwischen vermehrt, obwohl bei steigenden Strom- und sehr niedrigen Oelpreisen die Amortisationsdauer z.Z. mit ca. 15-20 Jahren angesetzt werden muss.

4. Folgerungen

- Die Anlage ist zuverlässig und richtig ausgelegt
- Die Heizung ist wirtschaftlich vertretbar
- Das System ist ökologisch sinnvoll

5. Forderungen an Behörden

- klare Bewilligungsverfahren schaffen
- klare Abgrenzung zwischen offenen bzw. geschlossenen Kreisläufen (Brunnen bzw. Erdwärmesonden) ist notwendig
- klare Definition der zul. Frostschutzmittel und evt. Auflagen
- klare Definition der zul. Gewässerschutzzonen

6. Möglichkeiten der Architekten und Bauherren

- gründliche Informationen einholen
- Niedrigenergiehäuser mit Fussbodenheizung projektieren
- rechtzeitige Einplanung der Erdwärmesonden
- Bohren neben bzw. unter dem Bauwerk
- Seriebohrungen unter Plätzen und Neubaustrassen

7. Kenngrößen

- beheizte Wohnfläche ca. 150 m²
- Rohrdichte Fussbodenheizung ca. 7,5m/m² Wohnfläche
- Wärmepumpenlaufzeit ca. 1300-1600h/Jahr (ca. 200 Heiztage)
- Sondenleistung ca. 50-60W/m
- thermische Leistung ca. 3x elektr. Wärmepumpenleistung
- spez. Wärmebedarf 100-110 kWh/m² und Jahr
- spez. Heizkosten ca. sFr. 4,20-4,40/m² und Jahr incl. Umwälzpumpen und Zählermiete

8. Literaturhinweise

- [1] Stärk, K.F.: Erfahrungen mit einer monovalenten Erdsondenheizung. HeizungKlima, Nr.5, 1988, S. 34-36
- [2] Stärk, K.F.: Wärme aus der Erde, Monovalente Heizung mit Erdsonden. Sonnenenergie 5/91, S. 5-7
- [3] Stärk, K.F.: Erdwärme für Niedrigenergiehäuser. Ein Erfahrungsbericht über sechs Jahre Nutzungszeit. ENERGIE, Jahrg. 45, Nr. 4, April 1993, S. 45-49
- [4] Eugster, J.K.: Erdwärmesonden - Funktionsweise und Wechselwirkung mit dem geologischen Untergrund, Feldmessungen und Modellsimulation. Diss. ETH-Zürich Nr. 9524, 1991
- [5] Eges: Potential und Kosten geothermischer Energienutzung in der Schweiz. Ausgearbeitet durch Basler & Hofmann, Zürich, und Institut für Geophysik, ETH Zürich. Arbeitsdokument Nr. 22 der Expertengruppe Energieszenarien. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, 1988
- [6] Eugster, W.: Untersuchungen zur Wirkungsweise von vertikalen Erdsonden in verschiedenen Gesteinstypen. Diplomarbeit, Inst. für Geophysik, ETH-Zürich, 1985
- [7] Hopkirk, R.J.; Eugster, W.; Rybach, L.: Vertical Earth Heat Probes: Measurement and Prospects in Switzerland. Communications/Proceedings JIGASTOCK 88, Versailles/France, Vol. 1, p. 367-371, 1988
- [8] Kaelin, B.; Hopkirk, R.J.: Quantitative Empfehlung über den minimalen Grenzabstand einer Erdwärmesonden-Anlage. Bericht für das Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern, 1991
- [9] Sanner, B.; Brehm, D.; Knoblich, K.: Erstes Betriebsjahr der Erdsonden-Forschungsanlage Schwalbach (1985/86), Z. Angew. Geowiss., 7, Giessen, p. 43-60, 1986
- [10] Schwanner, I.; Hopkirk, R.J.: Die vertikale Erdsonde als Energiebeschaffungssystem; Ein Ueberblick über die Einflüsse wichtiger Parameter. Bericht für das Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern, 1982
- [11] SIA-Dokumentation D 025: Base de dimensionnement des systèmes exploitant la chaleur du sol à basse température. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich und Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern, 1988
- [12] SIA-Empfehlung: Bauwesen Norm SN 565 380/1, Energie im Hochbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), 1989
- [13] SIA-Empfehlung: Bauwesen Norm SN 565 384/2, Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), 1988
- [14] Eugster, W.J.; Hopkirk, R.J.; Kälin, B.; Rybach, L.; Seifert, P.: Das Betriebsverhalten der Erdwärmesonde. Dezentrales Heizen durch Nutzung der untiefen Geothermie. Schweizer Ingenieur und Architekt. Sonderdruck aus Heft 46/1992 und Mitteilung Nr. 707, Inst. f. Geophysik, ETH-Zürich, 1992
- [15] Tagungsband IBK Bau-Fachtagung 157, 2./3.12.1992, Inst. f. d. Bauen mit Kunststoffen, Darmstadt. Der neue Wärmeschutz, Niedrigenergiehäuser in der Praxis. 1992
- [16] Burkart, R.; Hopkirk, R.J.; Eugster, W.J.; Rybach, L.: Erdwärmesonden-Heisanlagen: Durch Messungen und Berechnungen bestimmte Auslegungs- und Betriebsgrößen. Schriftenreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Studie Nr.46, Eidg. Kommission für Geothermie und unterirdische Wärmespeicherung, 1989