

Erdwärmenutzung für Niedrigenergiehäuser,
einfach - preiswert - umweltfreundlich;
ein Erfahrungsbericht über 6 Jahre Nutzungszeit

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

Dr. Ing. Klaus F. Stärk, Jg. 1943; Studium Maschinenbau an der TH Darmstadt, Vertiefungsfächer Kunststoffkunde und -technologie; 1972 - 80 Versuchsingenieur und wissenschaftlicher Assistent an der MPA, Universität Stuttgart; 1980 Promotion auf dem Gebiet Thermometrie und Schwingfestigkeit; 1980 bis heute zuständig für mechanische Werkstoffeigenschaften bei ABB Kraftwerke AG, Baden/Schweiz, seit 1987 dort Hauptgruppenleiter in der Abteilung Materialtechnologie.

1. Die Situation:

Wenn man den Bau eines Einfamilienhauses in Angriff nimmt, ist es normal, dass der Architekt versuchen muss, den in der Regel eng gesteckten Kostenrahmen einzuhalten und nicht von sich aus Sonderausführungen z.B. im Bereich Heizung vorschlägt. Letztendlich trägt der Bauherr für die Konzeption des Hauses und die Wahl des Heizsystems die Verantwortung selbst.

Nach langen Recherchen fiel die Entscheidung zwischen Ölheizung und Alternativsystem auf die monovalente Wärmepumpenheizung mit Erdwärmesonden (oberflächennahe Geothermie). Sie haben den Vorteil, dass wenig Grundstücksfläche benötigt wird und dass das Energiepotential dann angezapft werden kann, wenn es kalt bzw. sogar sehr kalt ist.

Vergünstigungen bei dem Einsatz von alternativen Heizsystemen (Zuschüsse bzw. Steuervorteile) gibt es im Kanton Aargau/ Schweiz nicht.

2. Das Haus:

Mitentscheidend für eine ausreichende Wärmeversorgung ist zunächst die mit vernünftigen Mitteln erreichbare Ausschöpfung des Sparpotentials durch Wärmedämm-Massnahmen.

Die Aussenmauern wurden einschalig mit 18cm starken Ziegelsteinen MBNV gemauert. Darauf kam ein Wärme-Dämm-Verbundsystem (WDVS) aus 100mm dicken Polystrol-Partikel-Schaumplatten, PS 15 SE, aufgeklebt mit Beton-PC-Spachtel, ein Kunstharz-Unterputz mit Glasgewebeeinlage und Kunstharzputz/Vollabrieb). Damit waren die Anforderungen gemäss SIA-Empfehlung V 380/1 (1985) leicht zu erfüllen. Auf dem ganzen Hausumfang wurde die Wärmedämmschicht bis zur Bodenplatte heruntergezogen.

Alle Fenster wurden in Dreifachverglasung (ISOLAR, 3x4mm, 2 x 9mm Abstand, Holzrahmen $K=2.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Schalldämm-Mass $R = 31 \text{ dB}$) ausgeführt.

Der im Wohnzimmer (ohne Trennwand) integrierte Wintergarten hat ebenfalls Dreischeibenisolerungsverglasung mit Be- und Entlüftungsmöglichkeit ins Dachgeschoss sowie Lamellenstoren und Stoffbaldachin zur Beschattung.

Die gezielt sehr unterschiedlich dicht verlegten Rohre der Fussbodenheizung aus VPE (insgesamt ca. 1200 m, im Durchschnitt etwa $8 \text{ m}/\text{m}^2$) wurden auf einer 40 mm dicken Unterlage aus Polystyrol-Partikelschaum-Platten befestigt und in einem 70 mm starken schwimmenden Zementestrich eingegossen.

3. Die Erdwärmesonden:

Die zwei je 60m tiefen Erdwärmesonden wurden talseitig unter dem Hausniveau verlegt, um bis zum Heizungskeller einen separaten Entlüftungsschacht zu sparen und die zugedeckten Zuleitungen als kleines Erdregister nutzen zu können. Die Erdwärmesondenrohre (Durchmesser 25 x 2.3 mm) sind aus HDPE (nahtlos bis auf fabrikgeschweisste U-Bögen, mit 20 bar abgepresst und korrosionssicher) und wurden der Variante aus baustellengeschweissten Stahlrohren (sog. Koaxialsonde) vorgezogen.

Die Tiefe der Erdwärmesonde wurde gegenüber der Auslegung der Heizungsfirma zur Sicherheit von 2 x 50 m auf 2 x 60 m erhöht.

Die gesamte Rohrlänge beträgt ca. 600 m. Das Flüssigkeitsvolumen aus Wasser mit 25% Äthylenglykol, Giftklasse 4, leicht abbaubar, als Frostschutzmittel bis ca. $-14 \text{ }^\circ\text{C}$, errechnet sich zu etwa

300 l. Der Betriebsdruck der Sonden beträgt ca. 1,5 bar (Manometer im Heizungskeller). Der Sondenkreislauf ist dicht. Je nach Temperatur der Sondenflüssigkeit schwankt der Druck zwischen 1.0 und 1.5 bar. Durch Ablassen von lediglich 0,5 l fällt der Erdwärmesondendruck auf Null ab.

Der nach Messungen als Wärmereservoir nutzbare Untergrund im Umkreis von etwa 3 m um die Erdwärmesonde ergibt pro Sonde einen ca. 1700 m³ grossen „kostenlosen“ Ganzjahresspeicher. Glücklicherweise ergeben Rechnungen und Messungen, dass sich fast jeder Untergrund bei entsprechender Auslegung für Erdwärmesonden eignet.

4. Die Heizung:

Der nach SIA 380 notwendige Wärmebedarf des Hauses für -11 °C von etwa 10 kW war mit einer Wärmepumpe von 4 kW Antriebsleistung zu erbringen. Bei einer gezielten Niedertemperaturheizung ist mit einer Jahresarbeitszahl von deutlich besser als 2.5 zu rechnen. Die Differenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur der Erdwärmesonde beträgt praktisch unabhängig von der Absoluttemperatur der Sonden ca. 4K. Eine Wochenschaltuhr ermöglicht die gezielte Ausnutzung der billigeren Niedertarifezeiten. Die Auslegung der Wärmepumpe muss ebenfalls die vom Elektrizitätsverbund ferngesteuerten Sperrzeiten von 4.25h pro Tag für Heizungen, Waschmaschinen u. ä. berücksichtigen.

Die Speichertemperatur wird über die Aussentemperatur vorgegeben. Die Raumtemperatur im Untergeschoss regelt das Mischventil zur Fussbodenheizung. Ein zusätzlicher Temperaturfühler schliesst bei ca.22°C das Mischventil, wenn wegen zu grosser Sonneneinstrahlung durch die grossen Fensterflächen das Wohnzimmer (auch in der Heizperiode) zu warm wird. Die Umwälzpumpen sind nicht zu gross zu dimensionieren und mit Stufenschaltern auszuführen, da besonders bei einer sparsamen Heizung der Anteil der Umwälzpumpen am Stromverbrauch bereits beträchtlich sein kann (ca.15 - 20%).

5. Messungen:

Über 6 Heizperioden wurden bisher Aufzeichnungen und Messungen gemacht. Bild 1 zeigt die Änderung der Soletemperatur für den relativ warmen Winter 1991/92. Die Feuerprobe hat die Heizung im Januar/Februar 87 mit zweimal 2 Wochen bei Temperaturen unter -15°C bestanden, wo die Soletemperatur bis auf etwa 0°C absank. Die Schleife in Bild 2 macht den Zusammenhang zwischen Soletemperatur und Monatsdurchschnittstemperatur deutlich. Eine schmale flache Schleife beschreibt einen warmen Winter. Deutlich wird ebenso, dass die Zeit bis zum Beginn der nächsten Heizperiode ausreicht, um durch Wärmeleitung (und evtl. Grundwasserströmung) die Temperatur der Erdwärmesonde wieder auf den Ausgangswert von ca.13°C vor dem Winter ansteigen zu lassen.

Vor Beginn des Winters 91/92 wurden mit einem Computer genaue Temperaturmessungen an den 4 Vorlauf- und Rücklaufleitungen der Erdwärmesonde gemacht, s. Bild 3. Man sieht, dass sich die Temperaturen der Vorlauf- und Rücklaufrohre etwa synchron verändern, d.h. dass alle Rohre gleichmässig durchströmt werden. Nach einer Einlaufphase von ca. 10 min bleibt die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf mit ca. 4 bis 5 K konstant.

Messungen bei bereits abgekühlter Sonde im Februar 92 zeigen ein sehr ähnliches Verhalten auf niedrigerem Temperaturniveau, s. Bild 4.

Mit das wichtigste Ergebnis für den Betreiber einer Erdwärmesondenanlage ist die zuverlässige Regeneration des Untergrundes nach jedem Winter auf die oberflächennahe Untergrundtemperatur von ca. 13 bis 14°C, s. Bild 5.

Eine grosse Wärmesenke um die Erdwärmesonde durch grossen Wärmeentzug führt zu einem grossen Temperaturgradienten und damit zu grösserem Wärmefluss in Sondenrichtung, d.h. dass der „Ganzjahresspeicher Untergrund“ funktioniert.

Bild 6 zeigt die für den Winter 87/88 gerechnete Temperaturverteilung um die Erdwärmesonde (reine Wärmeleitung in oberer Meeresmolasse ohne Grundwasserströmung). Schon eine geringe Grundwasserströmung von wenigen Metern pro Monat verbessert die Ergiebigkeit und Erholungsfähigkeit deutlich.

Die für das Haus und die Anlage spezifische Heizkurve ist in Bild 7 dargestellt. Bei einer Aussentemperatur von 0°C ist eine Vorlauftemperatur von nur 29°C erforderlich, um 20°C Raumtemperatur zu halten. Bei -18°C war lediglich eine Vorlauftemperatur von 33°C notwendig. Unterhalb des

Gefrierpunktes ist die Heizkurve deutlich steiler (günstiger), was auf geringere Wärmeabfuhr an der Gebäudehülle durch wesentlich trockenere Luft und geändertes Verhalten der Bewohner (z.B. nächtliches Schliessen aller Rolläden, weniger langes Lüften) zurückgeführt werden kann.

6. Kosten:

Die Kosten einer Heizung werden vor allem von den Investitionen und den Energiepreisen beeinflusst. Das Haus wurde bei einem hohen Heizölpreisniveau 1985 geplant und gebaut. Die heutigen Ölpreise verlängern die gerechnete Amortisationsdauer von ca.6 auf etwa 15 Jahre.

Gibt es in der Bauregion je nach Tageszeit Hoch- und Niedertarife für den elektrischen Strom (wie im Aargau), lassen sich mit einer entsprechenden Steuerung und einem Wärmespeicher 70 bis 80 % Niedertarifzeiten erreichen. Eine Nachtabsenkung ist bei einem gut wärmegeprägten Haus mit trägem Heizsystem nicht sinnvoll.

In Bild 8 sind Verbrauch und Energiekosten für die letzten 6 Jahre dargestellt (reine Heizkosten ohne Warmwasserbereitung; NT= Niedertarifanteil).

Bei einer mittleren Anzahl von 200 Heiztagen betrug der Verbrauch 6270 kWh bzw. 22572 MJ pro Jahr oder 129 MJ/ (m² a).

Bei einem Vergleich der Investitionskosten mit anderen Heizsystemen ist zu berücksichtigen, dass ohne Niedertarifsystem auf den relativ teuren und sperrigen Warmwasserspeicher (1500 l) verzichtet werden kann. Eine Wärmepumpenanlage benötigt weder Tankraum, Auffangwanne, feuerfeste Türen und Kamin, noch Brennerservice und Kaminfeger.

Bei den Betriebskosten ist die Wärmepumpe (von anderen Vorteilen abgesehen) selbst bei heutigen Ölpreisen sehr günstig. Bei den Brutto-Betriebskosten schneidet sogar die Erdwärmesondenheizung ohne Zusatzspeicher besser ab als die Öl- oder Elektrospeicherheizung.

In den nun fast 7 Jahren Betriebszeit gab es nur zwei Störungen durch Ausfall eines Strömungswächters und der Platine der Steuerung (Garantie bzw. Kulanz). Eine Zusatzheizung war auch in dem sehr kalten Winter 86/87 nicht erforderlich.

Zurzeit laufen über zwei Heizperioden Wärmemengenmessungen im Sonden- und Heizkreislauf zur Ermittlung der mittleren Leistungsziffer (Jahresarbeitszahl JAZ).

7. Folgerungen:

Notwendige Voraussetzungen für eine Erdwärmesondenanlage sind die Bohrbewilligung durch das Gewässerschutzamt und eine auf Vorlauftemperaturen deutlich unter 50°C ausgelegte Heizung. Mutige Bauherrn braucht es nicht, gefordert sind die Behörden, um Bewilligungshindernisse zu beseitigen bzw. klare Auflagen zu definieren, und informierte Architekten, die interessierte Bauherrn kompetent beraten können.

Bei den heutigen niedrigen Ölpreisen sind die Heizungskosten von 600 bis 700 sFr (ca. 650 bis 720 DM) etwa gleich hoch wie für eine Ölheizung gleicher Wärmeleistung. Mit einer guten Gebäudeisolation, einem geeigneten Untergrund, einer separaten Warmwassererzeugung und einer konsequenten Konzipierung als monovalente Heizung erzielt man eine ökologisch sinnvolle, wirtschaftlich vertretbare und umweltverträgliche Anlage.

Anmerkung:

Weitere Details und Kostenrechnung s. Tageshandbuch IBK Bau-Fachtagung 118, Das „Niedrigenergiehaus“ heute und morgen, 14./15. Nov. 1990, „Monovalente Heizung mit Erdwärmesonden“, S. 4/1 bis 4/10.