

## "Monovalente Heizung mit Erdsonden"

---

(als Vortrag auf der Bau-Fachtagung 118, des Instituts für das Bauen mit Kunststoffen (IBK), am 14./15.11.90 in Darmstadt gehalten)

Dr.-Ing. Klaus F. Stärk  
Langacherstr.11  
CH-5417 Untersiggenthal

### 1. Die Situation

Wenn man den Bau eines Einfamilienhauses in Angriff nimmt, ist es normal, dass der Architekt versucht, den in der Regel eng gesteckten Kostenrahmen einzuhalten, und nicht von sich aus Sonderausführungen z.B. im Bereich Heizung vorschlägt. Es ist normal, dass sich der Architekt auf den Gebieten der alternativen Heizkonzepte nicht auskennt. Ebenso ist es normal, dass der Bauherr die Preisentwicklung der verschiedenen Energieträger nicht vorhersagen kann.

Letztendlich trägt also der Bauherr für die Konzeption des Hauses und die Wahl des Heizsystems die Verantwortung selbst.

Im speziellen Fall eines Hausbaues in der Schweiz schieden von vornherein wegen (noch) nicht vorhandener Anschlussmöglichkeiten die Fern- und Gasheizung aus. Für eine reine Elektrospeicherheizung gibt es aufgrund der hohen Anschlussleistung in den meisten Wohnquartieren keine Bewilligung mehr. Nach langen Recherchen fiel die Entscheidung zwischen Ölheizung und Alternativsystem auf die monovalente Wärmepumpenheizung mit Erdsonden. Das Grundstück liegt an einem südwestorientierten Hang. Für ein Erdregister war nicht genügend Grundstücksfläche vorhanden. Erdsonden (oberflächennahe Geothermie) haben den Vorteil, dass man das Energiepotential dann anzapfen kann, wenn es kalt (bzw. sehr kalt) ist. Vergünstigungen bei dem Einsatz von alternativen Heizsystemen (Zuschüsse bzw. Steuervorteile) gibt es im Kanton Aargau nicht.

### 2. Das Haus

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

Die Aussenmauern wurden einschalig mit 18cm starken Backsteinen MBNV und einer Aussenisolation mit 100mm Vollwärmeschutz erstellt (Fassadendämmplatten PS 15 SE aufgeklebt mit Beton-PC-Spachtel; Glasfasergewebe-Armierungsputz und Kunstharzputz/Vollabrieb). Auch mit der vorgeschlagenen Isolationsdicke von 80mm wären die Anforderungen gemäss SIA-Empfehlung V380/1 (1985) leicht zu erfüllen gewesen, wie die späteren Messungen zeigten. Auf dem ganzen Hausumfang wurde die Isolation bis zur Bodenplatte heruntergezogen. Auf der Hangseite wurden vor dem Zudecken mit Wandkies und Erdreich noch ca. 60mm dicke gewellte Sickerplatten aus Polystyrol-Schaumstoff aufgebracht.

Alle Fenster wurden in Dreifachverglasung (ISOLAR, 3x4mm, 2x9mm Abstand,  $K=2.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Schalldämmwert 0,31, Holzrahmen) ausgeführt. Die Decke zum Dachraum (Speicher) ist eine Holzbalkenkonstruktion mit 20mm Täferbrettern, Dampfsperre, 2x50mm Styroporisolation und 19mm Nut und Feder-Spanplatten, wodurch die relativ grosse Dachfläche nicht isoliert werden musste.

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

Die Böden im Untergeschoss wurden mit Feuchtigkeitsisolation und 20mm Korkplatten als Unterlage aufgebaut. Die sehr unterschiedlich dicht verlegten Heizungsrohre aus VPE (insgesamt

ca. 1200m, im Durchschnitt etwa 8m/m<sup>2</sup>) wurden auf einer 40mm dicken Styroporunterlage an einem 4mm Armierungsnetz befestigt und in einem 70mm starken schwimmenden Zementunterlagsboden eingegossen.

### 3. Die Erdsonden

Die zwei je 60m tiefen Erdsonden 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 Erdsondenrohre (Durchm. 25x2) sind aus HDPE (nahtlos bis auf fabrikgeschweisste U-Böen, mit 20 bar abgepresst und korrosionssicher) und wurden der Variante aus baustellengeschweissten Stahlrohren (Koaxialsonde) vorgezogen.

Die Tiefe der Erdsonde wurde gegenüber der Rechnung zur Sicherheit um 20% erhöht. Die gesamte Rohrlänge beträgt ca. 600 m, das Flüssigkeitsvolumen aus Wasser mit 25% Äthylenglykol (Giftklasse 4, leicht abbaubar) als Frostschutzmittel bis ca. -6 °C errechnet sich zu etwa 200l. Der nach Messungen als Wärmereservoir nutzbare Untergrund im Umkreis von etwa 3m um die Erdsonde ergibt einen ca. 1700m<sup>3</sup> grossen "kostenlosen" Ganzjahresspeicher pro Sonde. Bild 1 zeigt eine Zusammenstellung der Eigenschaften verschiedener Gesteine und Böden. Glücklicherweise ergeben Rechnungen und Messungen, dass fast jeder Untergrund sich bei entsprechender Auslegung für Erdsonden eignet.

### 4. Die Heizung

Der nach SIA 380 notwendige Wärmebedarf des Hauses für -11 °C von etwa 10kW war mit einer Wärmepumpe von 4kW Antriebsleistung zu erbringen (Anschlussbewilligung kein Problem). Bei einer gezielten Niedertemperaturheizung ist mit einer Jahresarbeitszahl von deutlich besser als 2,5 zu rechnen. Die Differenz zwischen Vor- und Rücklaufemperatur der Erdsonde beträgt praktisch unabhängig von der Absoluttemperatur der Sonden ca. 4K. Eine Wochenschaltuhr ermöglicht die gezielte Ausnutzung der billigen Niedertarifeiten. Die Auslegung der Wärmepumpe muss ebenfalls die vom Elektrizitätsverbund ferngesteuerten Sperrzeiten von 4,25h pro Tag für Heizungen, Waschmaschinen u. Z. berücksichtigen. Die Speichertemperatur (1500l) 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 zu warm wird. Die Umwälzpumpen sind nicht zu gross zu dimensionieren und mit Stufenschaltern auszuführen, da besonders bei einer sparsamen Heizung der Anteil am Stromverbrauch der Umwälzpumpen bereits beträchtlich sein kann (ca.15-20%).

### 5. Messungen

über 4 Heizperioden wurden bisher Aufzeichnungen und Messungen gemacht. Bild 2 zeigt die Änderung der Soletemperatur für einen ungewöhnlich kalten und Bild 3 für einen relativ warmen (gleichmässig kühlen) Winter. Jede Kurve spiegelt genau Wetter und Temperaturen wider. Die Feuerprobe hat die Heizung im Januar/Februar 87 mit zweimal 2 Wochen bei Temperaturen unter -15 °C bestanden.

Ebenso wird deutlich, dass die Zeit bis zum Beginn der nächsten Heizperiode ausreicht, um durch Wärmeleitung (und evtl. Grundwasserströmung) die Temperatur wieder auf den Ausgangswert vor dem Winter ansteigen zu lassen.

Trägt man die Soletemperatur über der mittleren Monatsaussentemperatur auf, erhält man als Beispiel die Bilder 4 und 5. Eine Schleife nach links unten macht einen kalten Winter, eine hoch liegende flache Schleife einen langen vergleichsweise warmen Winter deutlich. Mit das wichtigste Ergebnis für den Betreiber einer Erdsondenanlage ist die zuverlässige Regeneration des Untergrundes nach jedem Winter auf die oberflächennahe Untergrundtemperatur von ca. 13 bis 14 °C, s. Bild 6. Eine grosse Wärmesenke um die Erdsonde durch grossen Wärmeentzug führt zu einem grossen Temperaturgradienten und damit zu grösserem Wärmefluss in Sondenrichtung, d.h. dass der "Ganzjahresspeicher Untergrund" funktioniert.

Die für das Haus und die Anlage spezifische Heizkurve ist in Bild 7 dargestellt. Bei einer Aussentemperatur von 0 °C ist eine Vorlaufemperatur von nur 29 °C erforderlich, um 20 °C Raumtemperatur zu halten. Bei -18 °C war lediglich eine Vorlaufemperatur 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. Wie man aus Bild 8 gut erkennt, wurde das Haus bei einem hohen Heizölpreinsniveau geplant und gebaut. Der Zusammenbruch der Ölpreise in 1986 verlängerte die gerechnete Amortisationsdauer von ca.6 auf etwa 15 Jahre.

Aus den Bildern 2 und 3 sind auch der quartalsweise Verbrauch und der Anteil am billigeren Niedertarif abzulesen. 70 bis 75% Niedertarifzeitnutzung ist normal.

Eine Nachtabsenkung in der Niedertarifzeit ist bei einem gut isolierten Haus mit trägem Heizsystem nicht sinnvoll.

In Bild 9 sind Verbrauch und Energiekosten für die letzten 4 Jahre dargestellt (Nebenkosten entstanden praktisch keine!). In den letzten 3 Wintern war der Stromverbrauch fast konstant mit leicht fallenden Kosten durch bessere Ausnutzung der Niedertarifzeiten.

Bei einer mittleren Anzahl von 200 Heiztagen betrug der Verbrauch 6084 kWh bzw. 21886 MJ pro Jahr oder 125 MJ/m<sup>2</sup> und Jahr.

In Bild 10 wurde aus Offertunterlagen ein Kostenvergleich für verschiedene Heizsysteme versucht. Die Investitionskosten für Erdsondenanlagen sind am höchsten, wobei die den heutigen Erkenntnissen entsprechende zweite Variante ohne Speicher und mit reduzierten Bohrkosten sich nicht mehr beträchtlich von TMI- und Elektrospeicherheizung unterscheidet. Bei den Betriebskosten ist die Wärmepumpe (von anderen Vorteilen abgesehen) selbst bei heutigen Ölpreisen sehr günstig. Bei den Brutto-Betriebskosten schneidet sogar die Erdsondenheizung ohne Zusatzspeicher am besten ab. In der Schweiz gibt es inzwischen ca. 2000 mit Erdsonden beheizte Häuser und einige spezialisierte Bohrfirmen, die die Bohrungen unabhängig vom Untergrund zu Festpreisen durchführen und die Installationen aus einer Hand anbieten.

## 7. Folgerungen

Notwendige Voraussetzungen für eine Erdsondenanlage ist die Bohrbewilligung durch das Gewässerschutzamt und eine auf Vorlauftemperaturen deutlich unter 50 °C ausgelegte Heizung.

Eine gute Hausisolierung, ein geeigneter Untergrund, passive Sonnenenergienutzung, Niedertarifzeiten, Verzicht auf einen Speicher, separate Warmwassererzeugung und die konsequente Konzipierung als monovalente Heizung ergeben eine ökologisch sinnvolle, wirtschaftlich vertretbare und umweltverträgliche Anlage.

Alle Bilder in altem Graphik-Programm „Harvard-Graphics“ erstellt. Nur Folien vorhanden.