

Erdwärme-Projekt „Co2-Erdsonde-Bensheim“

Privater Bauherr nutzt zur Beheizung seines EFH geothermisches Potenzial durch die innovative „CO₂-Tiefensonde“ zum Betrieb einer Wärmepumpe.

Bernhard Wenzel, Klima-innovativ e.V

Die Aufgabe

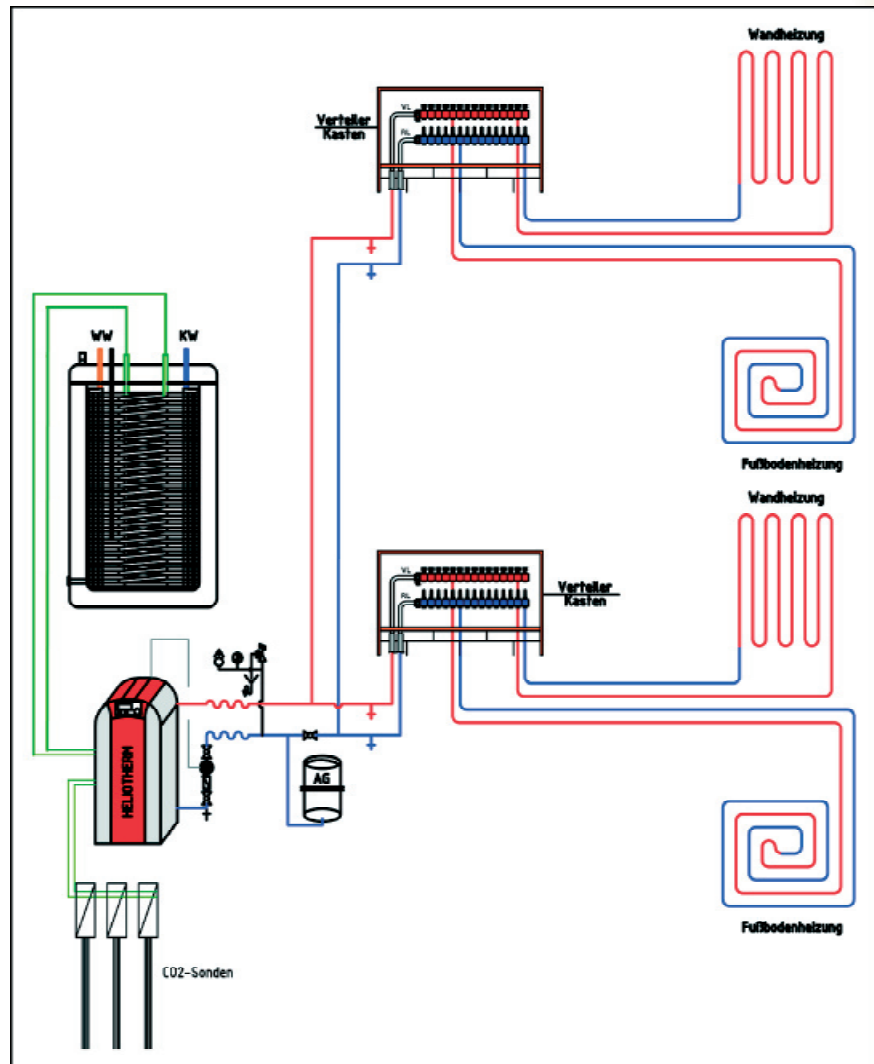
Der Wunsch des Bauherren Oliver Sturm war eine möglichst effiziente und damit klimaschonende Wärmepumpenheizung. Wegen es kleinen Grundstücks kam die eigentlich ideale Lösung, ein Kollektor nach dem Prinzip der Direktverdampfung, nicht in Frage. Mangels Grundwasser blieben nur zwei Wärmequellen übrig: Eine Sonde oder die Luft.

Gerade der Rheingraben bietet wegen der milden klimatischen Verhältnisse ideale Voraussetzungen für den Betrieb einer Luftwärmepumpe, der Invest in eine Sonde mit Sole hat hier jedenfalls geringe Chancen, sich jemals zu amortisieren. Doch der Bauherr wollte mehr, deshalb fiel die Entscheidung sehr schnell zu Gunsten der effizientesten Technik für Sonden: Der CO₂-Erdsonde.

Aufbau einer CO₂-Erdsonde

Auf dem Grundstück wird eine Tiefenbohrung mit ca. 70 bis 100 Metern und ca. 15 cm Durchmesser vorgenommen. In diese wird die CO₂-Sonde eingebracht, in der im geschlossenem Kreislauf in Kupferrohren CO₂ unter einem Druck von etwa 45 bar zirkuliert. Das CO₂ nimmt in der Tiefe die Temperatur des Erdreichs auf, verdampft und steigt dabei im Zentrum der Sonde nach oben, wo es im Sondenkopf Wärme an einen Kältemittel-Verdampfer abgibt. Dabei kondensiert das CO₂ wieder, durch die Schwerkraft läuft das flüssige CO₂ an der Rohrwand hinunter, dabei wird der Flüssigkeitsfilm immer dünner und dünner weil immer mehr Kältemittel verdampft und dadurch den Kreislauf von Neuem beginnt. Das im Kältemittel-Verdampfer arbeitende Kältemittel liefert die Wärme an die Wärmepumpe ab. Diese bringt die Temperatur auf die gewünschte Heizwärme und gibt diese Wärme an den Heizkreislauf ab. Das Erdreich selbst regeneriert sich durch Anpassung an umgebendes Gestein.

Im Hause der Familie Sturm werden bei einer Heizleistung von 15,95 kW (bei E4/W35) mit einer elektrischen Leistungsaufnahme von 2,85 kW (das entspricht einem COP von 5,6) 3 Sonden zu je 75 m zur Wärmegegewinnung betrieben. Bei einer Kälteleistung von etwa 13 kW werden pro Bohrmeter etwa 58 W dem Erdreich entzogen.



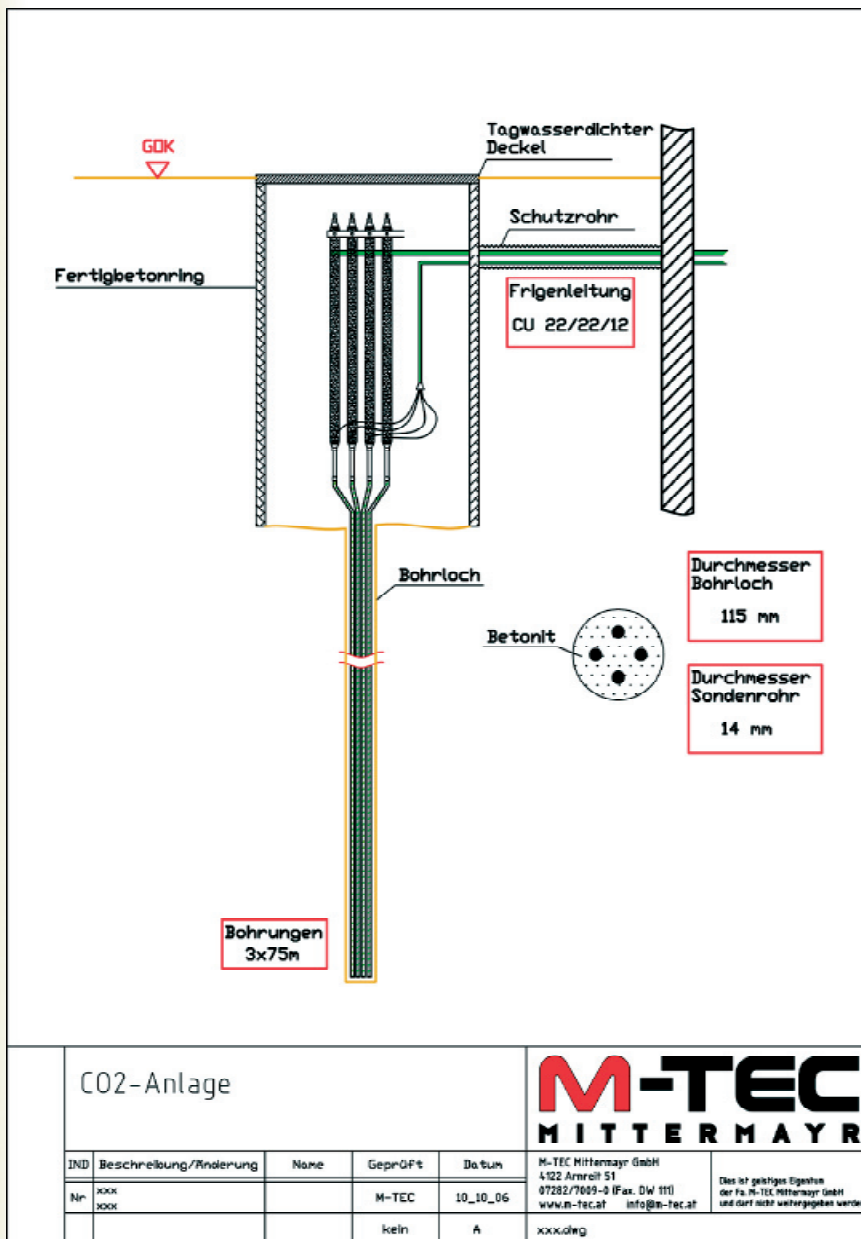
Vorteile der CO₂-Erdsonde

Die herkömmlichen Sole-Erdsonden stellen sog. 3-Kreis-Systeme dar, bei denen die Wärme des Erdreichs durch den Solekreislauf aufgenommen und über den Verdampfer an den Kältemittelkreislauf der Wärmepumpe übertragen wird. Nach dem Verdichten wird die Wärme dann an den Wasserkreislauf der Heizung übergeben.

Die CO₂-Erdsonde stellt eine Besonderheit dar, sie ist einerseits kein reines 2-Kreis-System wie die Direktverdampfung-Erdreich, bei dem auf die Sole als Transportmedium komplett verzichtet und der Kältemittelkreislauf der Wärmepumpe sozusagen in den Garten verlängert wird. Die selbsttätig gewonnene Wärme wird bei der CO₂-Erdsonde über den Zwischenkreislauf des CO₂ wiederum direkt an den Kältemittelkreislauf abgegeben.

Durch den in der Sonde stattfindenden Heatpipe-Prozess wird über die Phasenänderung des CO₂ außer der im Erdreich gespeicherten Wärmeenergie keine weitere Energie zur Förderung der Wärme benötigt, im Gegensatz zu Sole-Sonden, die zum Umlauf der Soleflüssigkeit eine Pumpe benötigen.

Die Entzugsleistung ist über die Sondenlänge viel gleichmäßiger, der Prozess des Verdampfens bringt hier den entscheidenden Vorteil. Das CO₂ verdampft immer dort am stärksten (und nimmt dabei die Wärme am besten auf), wo das Erdreich am wärmsten ist. Kühlt die Umgebung an dieser Stelle etwas ab, verlagert sich der Prozess an eine andere Stelle, die wärmer ist. Bei einer Sole-Sonde bringt der thermische Kurzschluss zwischen kaltem Sole-Eintritt und warmen Sole-Austritt immer eine leichte Einbuße mit sich.



Der Heatpipe-Prozess in der CO₂-Erdsonde läuft immer während ab, also auch wenn die Wärmepumpe gar nicht im Betrieb ist und sorgt damit immer für weitestgehend ausgeglichene Temperaturverhältnisse rund um die Sonde.

Über die abgenommene Wärmemenge wird die Verdampfungstemperatur des CO₂ bestimmt, hier können kurzfristig auch sehr große Entzugsleistungen realisiert werden. Die langfristige Entzugsleistung wird genauso wie bei der Sole-Sonde vom umgebenden Gestein vorgegeben, nicht aber von der Technik. Die Bohrmeter einer CO₂-Erdsonde sind also identisch zu denen einer Sole-Sonde zu bestimmen, auch hier gilt: Mehr ist immer besser.

Da keine mechanischen Bauteile wie Pumpen und keine Verschraubungen verwendet werden, bietet die CO₂-Erdsonde eine höhere Betriebssicher-

heit, Solekonzentration und -pumpen einstellen entfällt genauso wie das Entlüften. Auch das bei Soleleitungen und Verteilern anfallende Schwitzwasser kommt bei einer CO₂-Erdsonde nicht vor.

Nachteile der CO₂-Erdsonde

Das in der CO₂-Erdsonde verwendete Kupferrohr (es gibt mittlerweile auch Bauformen mit Edelstahlrohren) ist durch die Weltmarktpreise sehr teuer geworden, der Invest in das reine Sondenmaterial daher deutlich höher als in die Kunststoffrohre einer Doppel-U-Sonde für Sole. Leider ist Kunststoff nicht ausreichend diffusionsdicht und hält den hohen Drücken, wie sie das CO₂ erfordert, nicht stand.

In einer CO₂-Erdsonde kommt Wärme selbstständig nach oben, es kann daher keine Wärme zur Kühlung eines

Gebäudes ins Erdreich abgeführt werden.

Resultate

Den ersten Winter lief die CO₂-Erdsonde mit der zugehörigen Wärmepumpe im Haus der Familie Sturm mit einer Arbeitszahl von 5,5 für Heizung und Warmwasser zusammen genommen. Betrachtet man die Feldstudien von e-on oder FAWA, ergeben sich hier Durchschnittliche Arbeitszahlen von 3,5. Die mit Abstand beste Sole-Sonde erreichte ein Maximum mit 5,59 bei einem Minimum von 4,31. Berücksichtigt man allerdings, dass die Baufeuchte im ersten Winter noch negativ zu Buche schlägt und auch noch Optimierungspotenzial vorhanden ist, so ist mit Sicherheit in den nächsten Wintern mit einer 6 vor dem Komma zu rechnen. Mit ca. 450,- Euro für Heizung und Warmwasser für ein 280 qm grosses Haus ist die Familie Sturm jetzt schon mehr als zufrieden.

Entscheidender ist aber im Vergleich zur Sole-Sonde der Kosten-Nutzen-Faktor. Um auf Arbeitszahlen von über 5 mit einer Sole-Sonde zu kommen, muss diese ohne Glykol im Bereich positiver Wassertemperaturen gefahren werden. Dies ist nur bei entsprechender Geologie und entsprechend vielen Bohrm Metern möglich. Die Mehrkosten der CO₂-Erdsonde überkompensieren die Mehrkosten für Bohrmeter bei weitem, der geologische Einfluss für hohe Arbeitszahlen kann dafür weitestgehend vernachlässigt werden.

Die bislang installierten etwa 500 CO₂-Erdsonden sprechen eine klare Sprache. Beinahe alle liefern identische Resultate und markieren Bestwerte. An dieser Stelle wollen andere Techniken aber nicht verschwiegen werden, die ähnliches erwarten lassen. Eine weitere Ausprägung sind CO₂-Sonden mit Edelstahl-Wellrohren, die sich bereits im Stadium der ersten Installationen befinden. Mit geringeren Drücken arbeiten nach dem gleichen Prinzip Sonden mit Propan und Ammoniak, ohne aber bisher Messergebnisse vorzuweisen.

Begleitet wird das Projekt durch die TU Darmstadt, die das Entzugsverhalten der Sonde mit Messfühlern begleitet und damit auch wissenschaftlich belastbare Resultate bringen wird.

Weitere Informationen zum Projekt im Internet unter:

www.co2-erdsonde-bensheim.de
www.klima-innovativ.de
www.zukunft-umweltwaerme.de