

# Mit CO<sub>2</sub> gesättigte Sole sorgt für Anlaufschwierigkeiten

Werden Sole/Wasser-Wärmepumpen für längere Zeit außer Betrieb genommen, kann durch das PE-Rohr der Erdsonde CO<sub>2</sub> diffundieren. Die Folge sind Anlaufschwierigkeiten bei der Wiederinbetriebnahme. Zu diesem Ergebnis kommt eine vom TGA-Firmenverbund Omnium-Technic in Auftrag gegebene und von Professor Werner Ameling durchgeführte Studie. In seinem Beitrag zeigt er die Problemstellung und Lösungsmöglichkeiten.

**D**ie in einem Einfamilienhaus in der Eifel installierte Erdreich-Wärmepumpe lässt sich nach der Außerbetriebnahme im Sommer nicht wieder in Betrieb nehmen. Die Anlage ging Anfang des Jahres 2002 in Betrieb. Da die Anlage ausschließlich der Beheizung dient, wird sie regelmäßig zum Ende der Heiz-

periode abgeschaltet. Zu Beginn der folgenden Heizperioden entstand wiederholt das Problem, dass der Bauherr die Wärmepumpe nicht wieder in Betrieb setzen konnte. Folglich musste regelmäßig die Installationsfirma kommen. Anlässlich zweier Ortstermine führte die Lieferfirma aus, dass zur Wiederinbetriebnahme stets der Solekreislauf entlüftet wurde. Hierzu sei der gesamte Kreislauf über längere Zeit gespült worden. Danach sei die Wärmepumpe regulär angelaufen.

## Bestandsaufnahme

Bei der elektrisch betriebenen Wärmepumpe handelt es sich um ein Kompaktgerät, in das alle für den Betrieb erforderlichen Bauteile eingebaut sind: Wärmeträger Sole/Wasser; elektrische Leistung: 1,5 kW; Heizleistung: 6,0 kW. Die Erschließung der Wärmequelle erfolgt über eine 75 m tiefe Erdwärmesonde aus Doppel-U-Rohren mit zwei Vor- und zwei Rücklaufleitungen, die parallel in einem Graben zum Sammler und Verteiler verlegt wurden. Verteiler und Sammler sind die höchsten Punkte im System. Zur Entlüftung wurde auf dem unten liegenden

Sammler ein automatischer Schwimmerentlüfter installiert. Im Technikraum über der Soleeintrittsleitung ein Luftabscheider installiert und die Leitung durch eine Umwälzpumpe an die Wärmepumpe angebunden. Die Soleaustrittsleitung verläuft direkt von der Wärmepumpe durch den Fußboden ins Erdreich zum Verteiler. Zu Beginn der Wiederinbetriebnahme betrug der Vordruck im Solekreislauf 0,5 bar. Die Soleeintrittstemperatur betrug 11 °C und die Soleaustrittstemperatur 8,9 °C. Nach Inbetriebnahme sank der Vordruck zunächst kurzzeitig auf 0 bar ab und stieg dann kontinuierlich auf circa 1,5 bar an. Nach Öffnen des Kugelhahns am Soleverteiler traten eine nicht unerhebliche Gasmenge und danach ein Soleschaum aus. Nach einer Betriebszeit von fünf bis acht Minuten erfolgte eine Störabschaltung der Wärmepumpe. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Soleeintrittstemperatur unverändert 11 °C und die Soleaustrittstemperatur -8 °C. Zur Überprüfung der Sole beauftragte der Sachverständige ein Analyzelabor in Trier, folgende Proben zu nehmen und zu analysieren:



Professor Dr.-Ing. Werner Ameling ist der Verfasser dieses Beitrags und der dargestellten Studie.

- ▶ Gasprobe am Kugelhahn des Verteilers,
- ▶ Trinkwasserprobe an der Entnahmestelle in der Küche,
- ▶ Probe aus dem Solekreislauf am Kugelhahn des Verteilers,
- ▶ Probe aus neu hergestellter Sole.

Mit dem Glykol des Wärmepumpenherstellers wurde vor Ort eine neue Sole hergestellt mit 33 Prozent Glykol und 67 Prozent Wasser. Die Analysen ergaben, dass sich im Solekreislauf keine Bakterien befinden, die in einem Zersetzungsprozess das Gas erzeugen. Somit wird das im Solekreislauf befindliche Gas nicht durch gasbildende Bakterien hergestellt. Ferner ergaben die Untersuchungen der Gas- und



Der Einsatz von PE-Rohren ist bei Erdsonden derzeit Stand der Technik.

Soleprobe, dass es sich bei dem austretenden Gas um Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) handelt. Im ebenfalls analysierten Trinkwasser und in der neu hergestellten Wasser/Glykol-Mischung konnte hingegen kein Kohlendioxid nachgewiesen werden.

## Schlussfolgerungen

Das Kohlendioxid muss aus dem Erdreich in die Sole gelangen. Wie ausgeführt, wurde die Erdwärmesonde aus PE-Rohren hergestellt. Dieser Kunststoff hat sich aufgrund seiner guten Verarbeitbarkeit und seiner dauerhaften Haltbarkeit zum Bau von Erdwärmesonden bewährt. Allerdings sind diese Rohre aufgrund ihres molekularen Gefüges für Gase mehr oder wenig durchlässig. PE-Rohre können besonders gut von Kohlendioxid durchdrungen werden, dessen Diffusionsrate rund doppelt so hoch wie die von Sauerstoff ist. Für den vorliegenden Fall bedeutet dies, dass das Kohlendioxid durch die Wandung der PE-Rohre diffundiert und

sich in der Sole bis zur Sättigung anreichern kann. Nach Angaben des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz befinden sich in der Region Eifel und Hunsrück zahlreiche Kohlendioxid-Quellen, die vom Erdinneren gespeist würden.

Die Anlaufschwierigkeiten der Wärmepumpe werden somit durch folgenden Vorgang ausgelöst: Zum Ende der Heizperiode wird die Wärmepumpe samt Solekreislauf außer Betrieb genommen. Da die Sole nicht mehr zirkuliert, steht sie am Fuß der Erdsonde in einer Tiefe von 75 m unter einem Überdruck von 7,5 bar. Das Kohlendioxid diffundiert durch die Rohrwand des PE-Rohres und löst sich so lange in der Sole, bis sich ein Sättigungszustand einstellt. Dieser Vorgang läuft bei hohen Drücken besonders gut ab, das heißt in der unter hohem Druck stehenden Sole kann sich besonders viel Kohlendioxid lösen. Es stellt sich somit ein Zustand ein, der dem einer geschlossenen Mineralwasserflasche gleicht. Bei der Inbetriebnah-

me der Wärmepumpe fördert die Umwälzpumpe nun die mit Kohlendioxid weitgehend gesättigte Sole an die Erdoberfläche. Hier steht die Sole nur noch unter dem Vordruck des Ausdehnungsgefäßes (0,5 bar). Da bei diesem Druck die Löslichkeit des Kohlendioxids viel geringer ist, erfolgt eine Entgasung: Das Kohlendioxid entweicht aufgrund der Drucksenkung schnell aus der Sole. Dies ist mit einer starken Schaumbildung verbunden. Verstärkt wird die Kohlendioxidentgasung durch Strömungsvorgänge im Rohrnetz. Der im Aufstellraum der Wärmepumpe installierte Luftabscheider kann die große ausgasende Kohlendioxidmenge nicht abscheiden. Der Schaum wandert zum Verdampfer der Wärmepumpe und reduziert erheblich die Entzugsleistung. Dies führt nach kurzer Zeit zur Störschaltung der Wärmepumpe. Alle dem Sachverständigen bekannten Erdsonden werden heute aus PE-Rohr hergestellt. Rückfragen bei einem der größten Hersteller von Kunststoffrohren ergaben, dass die Problematik der Kohlendioxiddiffusion bei Erdwärmesonden bisher noch nicht bekannt ist. Daher gäbe es zurzeit auch keine Kunststoffrohre, die gegenüber Kohlendioxid diffusionsdicht seien. Marktreife Lösungen sollen in Kürze entwickelt werden.

auch keine der beteiligten Firmen einen technischen Fehler gemacht oder gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik verstoßen. Als Abhilfe empfiehlt es sich, die Solepumpe am Ende der Heizzeit nicht außer Betrieb zu nehmen. Unter Umständen ist auch der periodische Betrieb der Sole-Umwälzpumpe ausreichend. Dies führt zumindest dazu, dass sich keine großen Mengen Kohlendioxid in der Sole lösen können.

Ob diese Maßnahmen das Problem dauerhaft beseitigen, lässt sich nicht voraussagen. Sichere Abhilfe ist dagegen durch Entgasen des Solekreislaufes möglich, indem wie bisher der gesamte Kreislauf über längere Zeit gespült wird. Weiterhin wird die Sole durch die Lösung des Kohlendioxids korrosiv. Dies kann dazu führen, dass bei längerem Betrieb vorzeitig Korrosionsschäden am Verdampfer der Wärmepumpe oder sonstigen Bauteilen auftreten. Die endgültige Vermeidung der Kohlendioxiddiffusion ist nur mit Hilfe einer Erdwärmesonde mit diffusionsdichten Rohren möglich. Hierzu fehlen zurzeit noch die geeigneten Kunststoffrohre.

*Professor Werner Ameling*

## Unnötig großer Aufwand

### Neue Werkstoffe braucht es nicht



Klaus Hennefarth

Energieeffizienz steht im Fokus unserer Zeit. Wärmepumpen nur fürs Heizen einzusetzen ist hierzu der falsche Ansatz. Im kombinierten Betrieb mit einer ganzjährigen Warmwasserbereitung tritt das Problem vermutlich gar nicht auf. Für Sonderfälle – wenn's einer bleibt – müssen deshalb keine neuen Kunststoffrohre entwickelt werden. Wo's nicht anders geht, lassen sich alternativ Kupferrohre einsetzen. (hok)

## Empfehlungen

Da das Problem der Kohlendioxiddiffusion in Erdwärmesonden bislang der Fachwelt nicht bekannt war, hat aus Sicht des Sachverständigen