Abb. 1 Wachstumsmarkt Geothermie: Die Nutzung oberflächennaher Erdwärme erfordert spezialisierte Fachunternehmen – hier zu sehen das Nachführen des Bohrgestänges für eine Sondenbohrung in Neuenburg am Rhein.

Quelle: Stoltenberg Energie GmbH

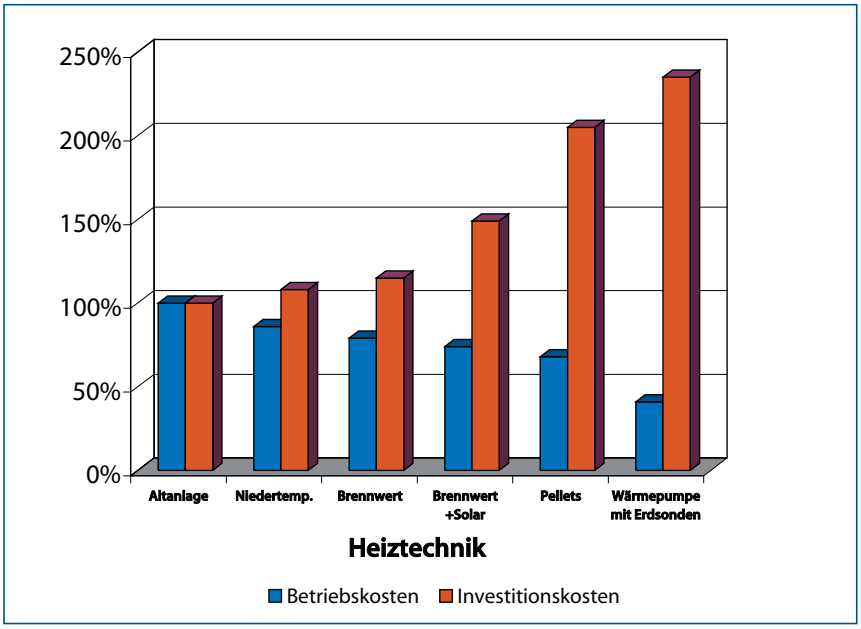
Geothermische Wärme – ein praxisbezogener Überblick

Neue Heizsysteme ■ In Neu- und Altbauten sind geothermische Heizungssysteme gefragte Substitute für die konventionelle Öl- und Gasverfeuerung. Das Interesse an dieser sparsamen und klimafreundlichen Raumwärmebereitstellung richtet sich nunmehr auf das gesamte Spektrum der nutzbaren Umweltenergien und ihre Kombination. Dabei eröffnen die Integration solarthermischer Module und kontrollierte Lüftungssysteme in erdreichgekoppelte Wärmepumpensysteme ungeahnte Möglichkeiten.

Das Klima wandelt sich spürbar. Offensichtlich stiegen Wirtschaftswachstum und Wohlstand auf Kosten der Umwelt, indem Industrie und Haushalte fossile Ressourcen ungeachtet der damit verbundenen Emission von Treibhausgasen schonungslos für Prozesse verbrannten, die durch moderne Umwelttechnik ebenfalls realisierbar wären. Doch auch das politische Klima ist merklich erhitzt. Der Kampf um Öllagerstätten, die aufwändige Erschließung neuer Ressourcen, multilaterale Abhängigkeiten bei Gas- und Öllieferungen und die Distribution durch monopolistische Strukturen im Inland zeigen die Interessenkonflikte entlang der Wertschöpfungskette der Energieversorgung deutlich auf.

„Heureka!“ möchte man wie Archimedes von Syrakus angesichts der Fülle von neuen Heizungsmethoden rufen, die von Herstellern und Interessenverbänden überaus integer propagiert werden. Den Spagat aus Ökologie und Ökonomie schaffen jedoch nur die wenigsten. So verzerrt z. B. das Image der CO_2-Neutralität der Holzheizung die Realität, da graue Emissionen für Herstellung und Transport der Holzpellets unbeachtet bleiben und Feinstaubemissionen in erheblichem Maße die Luft verpesten. Auch die Solarthermie hat ihre Schwächen. Schneller Verschleiß durch Ablagerungen und hohe Anschaffungskosten machen den primärenergetischen Vorteil schnell zur Fehlinvestition, da die versprochene Heizkostenersparnis oft ernüchternd ausfällt (Abb. 2).

Dass manchmal auch alte Besen besser kehren, zeigt die Renaissance der Wärmepumpe, die durch innovative Produktentwicklungen als effiziente und wartungsfreie Wärmequelle mehr denn je genutzt wird und langfristig die günstigste Form der Hauswärmebereitstellung ist (siehe Abb. 1). Um die Technik der Wärmepumpe und insbesondere der Erdwärmeheizung zu verstehen, ist ein Fokus auf die Wärmegewinnung, -veredelung und -abgabe hilfreich.



Quelle: Stoltenberg Energie GmbH

Abb. 2 Investitions- und Betriebskostenvergleich unterschiedlicher Heiztechniken

Wärmegewinnung

Die Wärmegewinnung erfolgt aus der Umwelt. Dabei haben sich in den letzten Jahren insbesondere die Förderung der Erdwärme über Flächenkollektoren und Erdsonden als praktikable und langfristige Lösung etabliert. Aber auch die Außen- und Abluft oder das oberflächennahe Grundwasser kann als Wärmequelle dienen.

Flächenkollektoren

Flächenkollektoren sind horizontal verlegte PE-Schläuche, in denen ein Wasser-Glykolgemisch zirkuliert. Die aus der Geologie und dem Wärmebedarf der Immobilie resultierende Kälteentzugsleistung determiniert die Größe des Flächenkollektors und kann zwischen dem 1,5- bis 2,5-fachen der zu beheizenden Nutzfläche, je nach Dämmung, variieren. Eine Dimensionierung sollte unter allen Umständen nach der VDI 4640 [1] durchgeführt werden. Ein Flächenkollektor nutzt das Erdreich in ca. 1,20 bis 1,50 m Tiefe als solaren Speicher. Das bedeutet, dass diese Fläche der Sonne und den Wärmetransportmedien, insbesondere Regen- und Grundwasser, zugänglich sein muss. Die Nutzung des Grundstücks ist also hinsichtlich Bepflanzung und Bebauung langfristig eingeschränkt. Der Einsatz empfiehlt sich daher eher auf größeren Grundstücken. Die Installation eines Flächenkollektors in Baulücken sowie der Heizungssanierung gestaltet sich ebenfalls schwierig, da bestehende Gärten zerstört werden und der An- und Abtransport des auszuhebenden Erdreichs bei Platzmangel aufwändig ist. Eine Installation im Neubau mit ausreichender Grundstücksfläche ist also der prädestinierte Anwendungsfall eines Flächenkollektors, da überdies die Verlegung kostengünstig im Baufortschritt des Hauses integriert werden kann. Die einfache Installation und günstige Installationskosten sind also von der Grundstücksfläche sowie der -nutzung beschränkt und mit der Einbringung von Erdsonden zu vergleichen.

Weiteres Charakteristikum des Flächenkollektors ist die saisonale Variabilität der Kälteentzugsleistung. Da der oberflächennahe Temperaturverlauf des Erdreichs erst ab 15m jahreszeitlich unabhängig ist, nimmt vom Beginn bis zum Ende der Heizperiode die Temperatur der den Flächenkollektor durchströmenden Sole kontinuierlich ab und bedarf der Sommermonate zum Auffüllen des solaren Speichers und zur Regeneration des den Kollektor umgebenden Erdreichs. Zu klein ausgelegt, reichen die Sommermonate nicht aus, um das gleiche Temperaturniveau des Vorjahres zu erreichen. Langfristig sinkende Entzugsleistungen sind die Folge, die sich schleichend einstellen und gerade im Neubau aufgrund fehlender Referenzwerte oftmals erst nach einigen Heizperioden offenbar werden.

Erdsonden

Eine Erdsondennutzung hingegen ist weniger anfällig für saisonale Temperaturschwankungen. Ihre Nutzung basiert dabei auf dem gleichen Prinzip wie Flächenkollektoren. Lediglich die vertikale Einbringung ins Erdreich unterscheidet diese. Wie die bbr mehrfach durch versierte Fachleute [2] berichtete, unterliegt die Erdsondenbohrung einem höheren Aufwand an Planung und fachlicher Umsetzung. Diese geht weit über die Dimensionierung der Sondenlänge hinaus, die sich natürlich ebenfalls grundsätzlich nach dem Wärmebedarf und der Geologie richtet. Die Nutzung von Erdsonden lohnt sich überall dort, wo ein Flächenkollektor ausgeschlossen ist. Dieses ist aus o. g. Gründen insbesondere im Bereich der Heizungssanierung der Fall.

Die im Zuge einer Sanierung aufkommende Frage „Dämmung oder Heizung?“ ist eindeutig zu beantworten: Dämmung und Heizung! Da in Abhängigkeit des Wärmebedarfs drei Viertel der benötigten Wärme ge- ►

Neue Produkte ... von elomat®
WASSERTECHNIK
Praktische Lösungen aus dem Schwarzwald!
Katalog anfordern, oder
www.elomat.de
Elomat Wassertechnik GmbH
Mättich · Elomatstraße 10 · D-77880 Sasbach
Tel. 0 78 41 / 20 77-0 · Fax 0 78 41 / 20 77 - 22
wittenauer@elomat.de · www.elomat.de

othermisch erzeugt werden und auch die Energiekosten um einen dementsprechenden Anteil sinken, ist eine Investition in ein geothermisches Heizungssystem unabhängig vom Dämmungsstandard als wirtschaftlich vorteilhaft zu beurteilen. Aus primärenergetischer Sicht sind wärmeisolierende Maßnahmen eine sinnvolle Ergänzung zur Erdwärmeheizung, sofern die Grenzkosten der eingesparten Kilowattstunde Wärme die der geothermisch erzeugten nicht übersteigen. Das soll heißen: Eine nachträgliche Dämmung sollte lediglich die gröbsten Wärmebrücken schließen. Die baulichen Dämmungsmaßnahmen entsprechen dann den eingesparten Investitionskosten in die Erdwärmeheizung und führen zu langfristig minimierten Betriebskosten. Die Auswahl der Dämmungsmaßnahmen sollte überdies ebenfalls einer Grenzkostenbetrachtung folgen und sukzessiv erfolgen [3].

Luftwärmepumpen

Neben der Erdwärme sind Luftwärmepumpen populär. Sie saugen die Außen- oder Abluft an und überführen die Wärme in den Kältekreislauf der Wärmepumpe. Es entfallen somit die Kosten für die Erdwärmeexploration. Da die Außenlufttemperatur im Jahresverlauf weitaus höheren Schwankungen unterliegt und insbesondere im Winter nicht ausreicht, um ohne den Einsatz eines Heizstabes zu heizen, sind Luftwärmesysteme aufgrund ihres hohen Stromanteils am Wärmebedarf aus ökologischer Sicht oftmals bedenklich und wirtschaftlich nur kurzfristig relevant. Die vergleichsweise hohen Stromkosten machen die Vorteile der günstigen Anschaffungskosten bereits nach zehn Jahren teurer als eine Erdwärmeheizung **(siehe Abb. 3)**. Zudem sind Geräuschemissionen und „unschöne“ Aufstellungsorte im Garten negative Begleiterscheinungen, die bei der Wahl der Luftwärmepumpe berücksichtigt werden müssen. Die Innenaufstellung trifft im Sanierungsfall wiederum auf gewisse bauliche Probleme, welche eine Aufstellung schwierig machen können, hier aber nicht weiter thematisiert werden sollen.

Grundwassernutzung

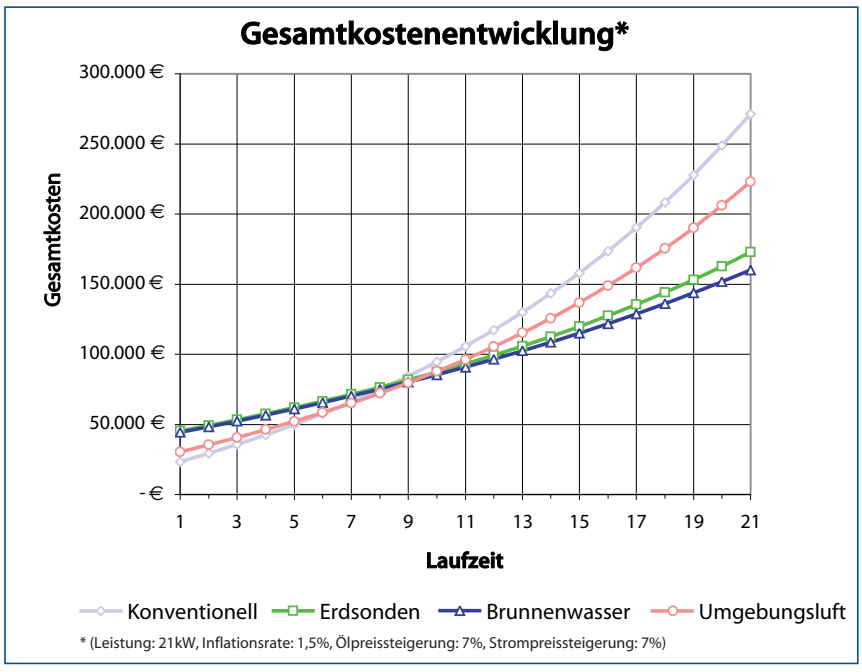
Das effizienteste Umweltmedium zur Hauswärmebereitstellung ist das Grundwasser. Bereits in Tiefen ab 20 m ist dieses weitgehend frei von Schwebeteilchen und somit grundsätzlich zur Heranführung an den Wärmetauscher geeignet. Die Grundwassernutzung zeichnet sich dadurch aus, dass dieses Medium kontinuierlich mit ca. 10 °C förderbar ist, wohingegen die Temperatur der Sole im Kreislauf der Erdsonden bzw. des Flächenkollektors in den Wintermonaten nur 0 °C bis 4 °C beträgt. Die Wärmepumpe muss dann nur noch dieses „hohe“ Temperaturniveau auf das des Heizwasservorlaufes „hochpumpen“, was geringere Stromkosten für diese Arbeit bedeutet. Die Nutzung erfordert die Anbringung von minimal zwei Brunnen: einem Förder- und einem Schluckbrunnen, um das Wasser wieder dem Grundwasserleiter zuzuführen. Da sich dieses System nicht gänzlich unter Luftabschluss betreiben lässt, tritt häufig eine Verockerung des Schluckbrunnens aufgrund hoher Eisen- und Mangangehalte des Grundwassers auf.

Zur Wärmegewinnung wird weiterhin eine bestimmte Menge an Grundwasser benötigt. Prinzipiell bestimmt sich die benötigte Wassermenge aus der folgenden Grundformel der Thermodynamik:

$$E = \dot{m} \times c_v \times \Delta T$$

Wobei **E** für die benötigte Kälteentzugsleistung, $\dot{m}$ für den Kaltwasserstrom in kg/s, c_v für die spezifische Wärmekapazität in kJ/(kg x K) und Δ für die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Brunnenwassers stehen. Aus dieser Formel folgt, dass die Leistung der Brunnenwasseranlage in entscheidendem Masse vom Wärmetauscher abhängig ist, der für den im Anwendungsfall langfristig förderbaren Volumen- und Kalorienstrom ausgelegt werden muss. Entspricht der Wärmetauscher nicht den thermodynamischen Anforderungen, so sinkt die Gesamteffizienz der Anlage und kann im schlimmsten Fall zur Vereisung der Tauscherflächen führen. Die Bestimmung der Anlagentechnik sollte daher natürlich in Händen eines versierten Planungsbüros liegen.

Liegen keinerlei Hinweise auf die Wasserquantität und -qualität vor, so ist eine Probebohrung zur Analyse des Grundwasserleiters unabdingbar. Im Misserfolgsfall lässt sich die Brunnenbohrung zur Erdsonde erweitern. Dieses Risiko sowie die hohen Fixkosten für die Brunnenbohrungen machen eine Grundwassernutzung erst in größeren Immobilien ab ca. 15 kW Wärmebedarf wirtschaftlich attraktiv.

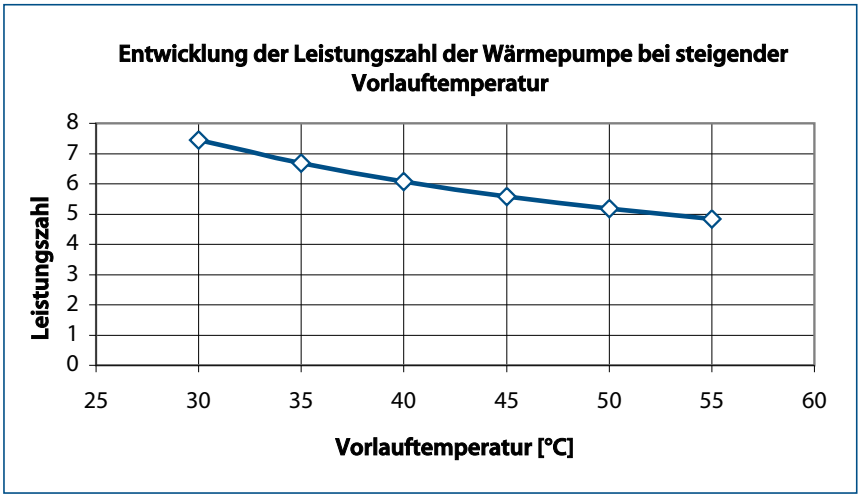


Quelle: Stoltenberg Energie GmbH

Abb. 3 Gesamtkostenvergleich unterschiedlicher Wärmepumpensysteme unter Berücksichtigung von Preissteigerungen

Sonstige Systeme

Die Darstellung der Möglichkeiten ließe sich hier um die Direktverdampfungssysteme, CO_2-Sonden, „Super"-Absorberflächen, Sondenkörbe, Gas-Wärmepumpen, Heißgasmodule, Energiezäune, Versickerungsbecken, Teich- und Abwassernutzung, Brauchwasser- und modulierende Wärmepumpen, Energiepfähle, Betonkernaktivierung etc. erweitern. Dazu sei gesagt: Der Teufel steckt doch allzu oft im Detail; die Umsetzung dieser Techniken bedarf jeweils – den verschiedensten Projektbedingungen gemäß – einer sorgfältigen Abwägung.



Quelle: Stoltenberg Energie GmbH

Abb. 4 Effizienz der Wärmepumpenheizung in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur

Wärmeveredelung

Die aus dem Erdreich gewonnene Energie (Masse x Temperatur) wird über eine Sole-Umwälzpumpe an den Wärmetauscher der Wärmepumpe herangeführt. Die niedrigen Temperaturen mit hohem Volumen werden durch Kompression in einer adiabatischen Funktion des Kühlmittels in hohe Temperatur und geringem Volumen überführt. Die Kompression des Kühlmittels per Scroll-Verdichter ist das einzige Bauteil der Wärmepumpe, das langfristigem Verschleiß unterliegt. Ein kontinuierlicher Betrieb der Wärmepumpe mit minimaler Taktung ist also wie bei jeder Maschine Garant für lange Laufzeiten und ein wichtiges Optimierungsziel der betreuenden Fachfirma. Die Gesamteffizienz des Wärmepumpensystems gibt die Leistungszahl wieder. Diese ist das Verhältnis von eingesetzter Elektrizität zur erzeugten Wärme und ist abhängig von der zu erreichenden Vorlauftemperatur (Abb. 4).

Da Strom im Bundesdurchschnitt mit ca. 690 g/kWh mit CO_2 belastet ist, muss die Leistungszahl hoch sein, um die produzierte CO_2-Emission auf möglichst viele Kilowattstunden Wärme zu verteilen und somit umweltfreundlicher als Gas- und Ölheizungen zu arbeiten. Dieses Kriterium gilt auch für die Wirtschaftlichkeit: Ab einer Arbeitszahl > 3 ist eine Erdwärmeheizung in der Regel das günstigste Heizungsinstrument. Fachmännisch geplant und installiert sind Wärmepumpen selbst im Altbau mit Radiatoren mit einer Arbeitszahl von 4 betriebsfähig.

Wärmeabgabe

Die Leistungszahl bzw. die sie bedingende Vorlauftemperatur ist von der Speichertechnik, der Wärmediffusion und der Wärmepumpenregelung abhängig und erfordert eine thermodynamische Prozessoptimierung. Die Auswahl der Pufferspeichertechnik sollte unbedingt die Größe der Wärmetauscherflächen berücksichtigen. Hier dient die Faustformel

Wärmetauscherfläche (in m^2) =
0,18 x Wärmebedarf (in Kilowatt)

zur Orientierung. Unterschreitet man diese Größe, so ist die Gefahr einer Hochdruckstörung der Wärmepumpe wahrscheinlich, da die Wärmepumpe keine ausreichende Möglichkeit besitzt, ihre erzeugte Wärmeenergie abgeben zu können, sodass sie sich immer weiter aufheizt und die komprimierten Gase immer höheren Drücken ausgesetzt werden. Auch ohne den Ernstfall heraufbeschwören zu wollen, sollte die „teuer" gewonnene Erdenergie nicht durch die Installation herkömmlicher Speichertechnik verschwendet werden. Die Diffusion der Wärme – sei es über eine Fußbodenheizung, Flachheizkörper oder Radiatoren – muss von der Idee der niedrigenthalpischen Wärmeerzeugung geleitet sein. Dies bedeutet, dass nicht die Art der Abgabetechnik, sondern ausschließlich ih- ►

ERDWÄRMESONDEN

- Sonden DN 32 (PE 100 SDR 11 PN 16) mit 2 Kreisläufen und 4 Sonderrohren fertig verschweißt
- Das Verschweißen der Muffen mit Rohren und Sondenkopf wird werkseitig druckgeprüft und protokolliert
- Zusätzlich werden die Sonden fremdüberwacht und geprüft

50 m / Euro 237,-
60 m / Euro 259,-
70 m / Euro 281,-
80 m / Euro 303,-
90 m / Euro 325,-
100 m / Euro 347,-
110 m / Euro 369,-
120 m / Euro 391,-
130 m / Euro 413,-
140 m / Euro 435,-
Y-Stück 32/32/40 Euro 11,--
Alle Preise ab Werk, zzgl. MwSt.

Tel.: 07024/929242
Fax: 07024/929244
Neuffenstraße 78
D 73240 Wendlingen

COLSHORN
Brunnenbauzubehör und Gußerzeugnisse

Stoltenberg energie

Erdwärme fürs Leben

Wir planen, installieren und optimieren Wärmepumpen mit

- Erdsonden
- Brunnenwasser
- Kontrollierter Lüftung
- Solarthermie

Wir beraten Sie gerne zu allen Fragen rund um die Geothermie und erstellen Ihnen kostenlos einen individuellen Projektentwurf

0 43 44 – 4 11 00 oder
www.stoltenberg-energie.de

re Eignung zur Heizwärmeversorgung mit niedrigen Vorlauftemperaturen entscheidend ist. Insbesondere bei Flachheizkörpern und Radiatoren sollten deren Größe in einem angemessenen Verhältnis zur Raumgröße und dem spezifischen Wärmebedarf des jeweiligen Raumes stehen und gewährleisten, dass mehr Heizwasser mit geringerer Temperatur zirkulieren kann, um den gleichen Wärmeeffekt zu erzielen.

Da das Umwälzen des Heizwassers energieintensiv ist, ist der Querschnitt der Zulaufrohre zu beachten. Querschnitte von $^3/_4$“ (etwa DN 25) sollten dabei nicht unterschritten werden, auch, um eine Geräuschentwicklung durch zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten zu vermeiden. Zudem sollten die Thermostatventile voll geöffnet sein und auch das Heizverhalten auf eine gleichmäßige Wärmeerzeugung ausgerichtet werden, ein „Spitzenlastheizen“ also vermieden werden. Die Wärmepumpensteuerung ist dazu wichtiges Mittel zum Zweck und deren individuelle Regelung wird vom versierten Anbieter übernommen. Letztlich ist nicht nur aus den Erneuerungen der Energie-Einsparungsverordnung (EnEV) ein hydraulischer Abgleich des Heizungssystems vorgeschrieben, sondern auch aus Gründen der weiteren Betriebskostenminimierung äußerst sinnvoll. Es ist also eine holistische Sicht notwendig, um ökologisch und ökonomisch mit der Wärmepumpe zu heizen.

Systemlösungen: Hochzeit der Elemente

Grundsätzlich sind monoenergetische Betriebsweisen einer Erdwärmeheizung zu bevorzugen. Besonders aus wirtschaftlichen Gründen ist diese Ansicht gerechtfertigt und führte letztlich dazu, dass primärenergetisch vorteilhafte Techniken wie der Einsatz der Solarthermie zur Brauch- und Heizwasserunterstützung selten mit einer Wärmepumpe kombiniert wurde. Dieses ist jedoch unter Anwendung bestimmter Verfahren so nicht länger haltbar. Solar- und Erdwärmetechnik werden wirtschaftlich interessant, sofern die durch Sonneneinstrahlung gewonnene Energie im Sommer zur Regeneration des Erdwärmetauschers eingesetzt wird. Dieses erfordert grundsätzlich eine größere Auslegung der Solarmodulfläche und verursacht auf den ersten Blick höhere Kosten. Da der Erdwärmeheizung jedoch im Winter ein höheres Energiepotenzial zur Verfügung steht, erreicht sie Arbeitszahlen von > 5, welches sonst nur durch Grundwasser-Wärmepumpen möglich wäre. Eine Realisierung niedrigster Betriebskosten ist somit nicht länger Grundstücksbesitzern vorbehalten, die Brunnenanlagen zur Heizwärmeversorgung nutzen.

Das Prinzip der Wärmerückgewinnung ist im Bereich der konventionellen Heizsysteme schon sehr lange bekannt und kann auch auf die Erdwärmeheizung übertragen werden. Zentrales Kraftwerk der bi-energetischen Heizung sind zwei Wärmepumpen in einer Einheit. Die Abluft-Wärmepumpe zieht über die Wohnraumlüftung die ver-

Neu von Akatherm FIP

AKATHERM FIP
Innovationen verbinden

Erneuerbare Energien
„Geothermie“

Für horizontale und vertikale Soleleitungen

Baukastensystem bestehend aus:
- Erdwärmesonden
- Verteilersammler
- Erdwärmekollektoren
- Hausanschlussverteiler

Alle Systemkomponenten modular erweiterbar!

Vollkunststoffsysteme aus PE 100 für lange Lebensdauer:
- Korrosionsfrei
- Schlagunempfindlich
- Leckagefrei

Geprüfte Qualität:
- SKZ Zulassung in Vorbereitung

Akatherm FIP GmbH, Steinzeugstrasse 50, 68229 Mannheim
Telefon: 0621/486-2901, Telefax: 0621/486-2925, E-mail: info@akatherm-fip.de, www.akatherm-fip.de

an Aliaxis company

brauchte Luft aus bestimmten Räumen des Hauses ab. Die darin gespeicherte Energie wird von der Wärmepumpe zurückgewonnen und ganzjährig für die Warmwasserbereitung und Heizung genutzt. Die Sole-Wärmepumpe schaltet sich – abhängig von der Größe des Hauses und der Qualität der Wärmedämmung – erst unterhalb einer Außentemperatur von 5 bis 9 Grad Celsius für die Heizungsunterstützung zu. Somit können Betriebskosten minimiert werden; und das ohne höhere Investitionskosten, da die kombinierte Wärmepumpentechnik nur einen geringen Aufschlag verursacht, jedoch der Kreuzwärmetauscher entfällt. Dieser wäre nämlich im Sinne der EnEV nötig, um eine kontrollierte Lüftung energetisch zu nutzen. Da auch die kombinierte Wärmepumpe per EnEV berücksichtigt wird, kann diese mit zinsgünstigen Darlehen der KfW-Bankengruppe finanziert werden.

Wärme mit Zusatznutzen

Eine Erdwärmeheizung ist mehr als die Summe ihrer Bauteile. Energetisch aufeinander abgestimmt ist sie die beste Alternative zur konventionellen Heiztechnik, da sie eine günstige und stabile Wärmeversorgung garantiert und mit ihrem geringen Strombedarf zum Klimaschutz beiträgt. Die lange Lebensdauer und Wartungsfreiheit sind überdies ein Zusatznutzen, der Kunden ins Schwärmen geraten lässt. Einzig die Auswahl eines spezialisierten Fachunternehmens gestaltet sich derzeit schwierig, da viele die Erdwärmeheizungstechnik als geeignetes Marketinginstrument erkannt haben. Der Mangel an fachlichem Know-how führt dann häufig zur Verunsicherung des Kunden. Wichtiges Kriterium ist die Wahl eines Full-Service-Anbieters, der die Leistungen des Brunnenbauers, des Installateurs, des Elektrikers und des Wärmepumpenherstellers bündelt und durch geeignete Referenzen den Erfolg seines Tuns dokumentieren kann. Da somit die Funktionsfähigkeit aus einer Hand gewährleistet wird, ist der Kunde nicht nur energetisch, sondern auch rechtlich langfristig in guten Händen.

Literatur:

[1] VDI 4640 Blatt II

[2] etwa bbr 4/2007, S. 54 ff.; bbr 7+8/2006, S. 31 ff.

[3] „Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmaßnahmen in Wohngebäuden" (Projektbericht zum Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen EWG), von Martin Jakob, Eberhard Jochem, Centre for Energy Policy and Economics (CEPE) u. Kurt Christen, Architektur und Baurealisation (ETH Zürich), Hrsg.: Schweizer Bundesamt für Energie, September 2002

Autoren:

Dipl.-Kfm. Robert John Doelling
Dipl. Ingenieur (FH) Iver Schulte
Stoltenberg Energie GmbH
Große Mühlenstr. 45
24217 Schönberg
Tel.: 04344 4110-13/-14
Fax: 04344 4110-20

E-Mail: rdoelling@stoltenberg-energie.de
iver.schulte@stoltenberg-energie.de
Internet: www.stoltenberg-energie.de