

Heizung

Wie gut sind derzeit elektrisch betriebene Wärmepumpen für die Wärmeversorgung von neu gebauten Einfamilienhäusern geeignet? Dieser Frage geht das Projekt „Wärmepumpen-Effizienz“ seit Sommer 2006 in einer wissenschaftlichen Felduntersuchung nach. Nachfolgend präsentieren wir erste Zwischenergebnisse, inklusive der gemessenen Arbeitszahlen. Zudem wurden Faktoren gefunden, die den optimalen Betrieb der Wärmepumpen beeinträchtigen.

Obwohl Wärmepumpen seit mehr als 50 Jahren zur Beheizung von Wohngebäuden eingesetzt werden, hatte die Technologie erst in den 80er-Jahren ihre erste Boomphase. Seitdem hat sich viel verändert und die Technik ist heute ausgereift. Richtig an den Wärmebedarf angepasste Wärmepumpen mit einer gut funktionierenden Regelung können gegenüber Anlagen mit fossilen Brennstoffen sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile bringen. Dies hat dazu geführt, dass die Verkaufszahlen der neuen Wärmepumpen sowohl für Neubauten als auch für Sanierungsgebäude seit einigen Jahren kräftig steigen und die Wärmepumpe ihre zweite Blütezeit erlebt.

110 Wärmepumpen bis 10 kW

Das Projekt „Wärmepumpen-Effizienz“, das noch bis zum Sommer 2010 läuft, wird vom BMWi sowie von den beteiligten Wärmepumpenherstellern und zwei Energieversorgern gefördert. Vermessen werden insgesamt 110 elektrisch angetriebene Kompressions-Wärmepumpen von sieben Herstellern: Alpha-InnoTec, Hautech, IVT (mit den Marken Junkers und Buderus), NIBE, Stiebel Eltron (Tecalor), Vaillant und Viessmann. Schwerpunkt der Untersuchung sind Wärmepumpen von 5 bis 10 kW Wärmeleistung mit Außenluft und Erdreich als Wärmequellen. Untersucht wird die Effizienz verschiedener Anlagenkonzepte bei unterschiedlichen, realistischen Einsatzbedingungen. Daraus sollen Entwicklungskonzepte für Wärmepumpen für Neubauten mit niedrigem Heizwärmebedarf (KfW-40, KfW-60 und 3-Liter-Häuser)



Aktuelle Zwischenergebnisse im Wärmepumpen-Feldtest

Das Gesamtsystem sorgfältig auslegen

sowie Verbesserung der Geräte und der Systemtechnik abgeleitet werden. Aus den Messergebnissen werden Kennwerte, Systemverhalten, Gütegrade und Korrelationen zu Anlagenstammdaten abgeleitet. Bisher wurden knapp 70 Wärmepumpenanlagen mit Messtechnik ausgestattet und installiert. Die Messwerte der letzten 16 Monate liegen vor. Zurzeit läuft die zweite Phase des Projektes mit der Installation von etwa 40 weiteren Anlagen. Die Wärmemengen zur Deckung von Heiz- und Trinkwasser-Wärmebedarf werden separat gemessen. Zusätzlich wird die Wärmequellenseite detailliert erfasst, also die Wärmequellenleistung, der Solekreisvolumenstrom und dessen Temperaturen vor und nach dem Verdampfer bei Erdreichwärmepumpen und die Außenlufttemperatur bei Außenluftwärmepumpen. Für alle diese Kreise wurden spezifische Wärmemengenzähler ausgewählt.

Interessante Feldtest-Ergebnisse

Die Messdatenerfassung zeichnet beim Betreiber das gesamte Systemverhalten jede Minute auf: die wichtigsten Temperaturen, Durchflussmengen, Wärmemengen sowie den Stromverbrauch der Wärmepumpe und der Hilfsantriebe. Alle Werte werden per Datenfernabfrage täglich am Institut gespeichert und ausgewertet. Anschließend erfolgt eine automatische Plausibilitätsprüfung mit einer speziell erstellten Software. Für die erste Messphase wurden 74 Objekte angemeldet, für die zweite Messphase sind es 28 Objekte. 68 der untersuchten Wärmepumpen benutzen das Erdreich als Wärmequelle. Davon werden 50 Systeme mit Erdsonden und 18 mit Erdkollektoren betrieben. Bei 26 Anlagen dient Luft als Wärmequelle; davon sind jeweils die Hälfte Varianten zur Außen- und Innenaufstellung. Die restlichen acht sind Wasser-Wasser-Wärmepumpen.



Bild 1 Standorte der Projekte in Deutschland aus dem Projekt „Wärmepumpen-Effizienz“

Beim Wärmeverteilsystem dominiert die Fußbodenheizung in Verbindung mit 93 Anlagen; nur fünf Anlagen sind mit Radiatoren ausgestattet und vier Objekte haben kombinierte Systeme. Die beheizte Wohnfläche der Objekte reicht von 120 bis 350 m². Der Durchschnitt liegt bei 194 m².

Jeder Teilnehmer des Projektes erhielt einen Fragebogen mit Fragen zum Haus und der Haustechnik. Unter anderem wurde auch der Jahresheizwärmebedarf abgefragt, wobei lediglich 37 Teilnehmer Angaben dazu machten. Der Mittelwert liegt bei 57 kWh/m²a.

Sole-Wasser-Wärmepumpen

Bild 3 stellt die mittleren Arbeitszahlen der ausgewerteten Sole-Wasser-Wärmepumpenanlagen dar. Die Zahlen auf den grünen Monatsbalken zeigen die Anzahl der ausgewerteten Anlagen für den einzelnen Monat. Im Juni wurden 43 Anlagen ausgewertet. Der Mittelwert der Arbeitszahlen liegt im Zeitraum zwischen Juli 2007 und Juni 2008 bei 3,7. Die Anlagen sorgen für Heizwärme und für die Trinkwassererwärmung. Im reinen Heizbetrieb der Wärmepumpenanlagen liegt der Mittelwert der Arbeitszahlen bei 4,1.

Bei fünf Anlagen handelt es sich um Kompaktgeräte, bei denen die Messung der erzeugten Energie ohne die Speicherverluste nicht möglich ist. Diese Anlagen beeinflussen jedoch den Mittelwert der Gesamtarbeitszahlen nicht negativ. Die elektrische Zusatzheizung (z. B. Heizstab) wird bei der Berechnung der Arbeitszahlen berücksichtigt.

Die Arbeitszahlen bei gemischtem Betrieb variieren für die einzelnen Anlagen zwischen 2,9 und 4,5.

Der Anteil der erzeugten Wärme für die Trinkwassererwärmung liegt im Mittel bei 15 %

und die mittleren Vorlauftemperaturen erreichen 55 °C. Der Anteil für die Raumheizung beträgt 85 % mit mittleren Vorlauftemperaturen von 35 bis 45 °C. Bei der Verteilung des Stromverbrauchs beträgt im Durchschnitt der Anteil der Wärmepumpe 92 %, der Solepumpe 6 % und der elektrischen Zusatzheizung 2 %.

Bei den meisten Anlagen hat die zusätzliche Elektroheizung überhaupt nicht gearbeitet. Eine signifikante Aktivität der Zusatzheizung wurde nur bei sechs Anlagen festgestellt. Bei vier von diesen Anlagen handelt es sich um eine Bautrocknung. Bei zwei Anlagen wurde die Aktivität des Heizstabes bis jetzt nicht geklärt. Es könnte sich dabei um eine Legionellenschaltung handeln. Der Mittelwert der Arbeitszahlen ohne den Stromverbrauch für die Bautrocknung unterscheidet sich nur geringfügig um den Wert 0,04.

Luft- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen

Bei den Wärmepumpen, die als Wärmequelle Luft oder Wasser nutzen, gibt es deutlich weniger Anlagen, bei denen die Messwerte für eine längere Zeitperiode zu Verfügung stehen. Deswegen sind die Mittelwerte hier weniger „repräsentativ“ als bei den Sole-Wasser-Wärmepumpen. Für die sechs erfassten Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen beträgt im Zeitraum zwischen Juli 2007 und Juni 2008 die mittlere Arbeitszahl 3,0 (inklusive E-Heizer). Für denselben Zeitraum liegt der Arbeitszahlenmittelwert für die vier Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen bei 3,5. Dieser Wert liegt unter den Erwartungen. Ein Grund dafür sind die Brunnenpumpen, die deutlich höhere Leistungen als die Solepumpen aufweisen und deshalb einen hohen Stromverbrauch haben. Davon wird die Arbeitszahl – vor allem bei einer Wärmepumpe mit kleiner thermischer Leistung – markant (nega-

tiv) beeinflusst. Ein weiterer Grund kann die schlechte Qualität des Wassers sein, die zu stärkeren Verschmutzungen der Filter führt. Eine oft eingesetzte Lösung sind Zwischenwärmetauscher, die aber zwei Primärpumpen notwendig machen und dadurch ebenfalls niedrigere Arbeitszahlen verursachen.

Häufig auftretende Probleme

Durch die Auswertung der Messdaten konnte der Betrieb der Wärmepumpen analysiert und eventuelle Fehler festgestellt werden. Folgende Probleme wurden bei mehreren Anlagen festgestellt:

■ **Nicht bedarfsgerecht laufende Ladepumpen bzw. Heizkreisumpen:** Das Problem betrifft sicherlich nicht nur Wärmepumpenanlagen, sondern auch konventionelle Heizungssysteme. Ständig laufende Pumpen verursachen in der Summe einen immensen Stromverbrauch. Verbessert werden kann das System durch optimierte Regelalgorithmen und den Einsatz von Hocheffizienzpumpen. Neben dem hohen Energieverbrauch verursachen die dauerhaft laufenden Ladepumpen bei Systemen mit Pufferspeicher oft eine langsame unerwünschte Entladung des Speichers, besonders bei Anlagen mit nicht oder schlecht gedämmten Rohrleitungen.



Bild 2 Abgebildet ist ein Teil der installierten Messtechnik bei einer Wärmepumpenanlage

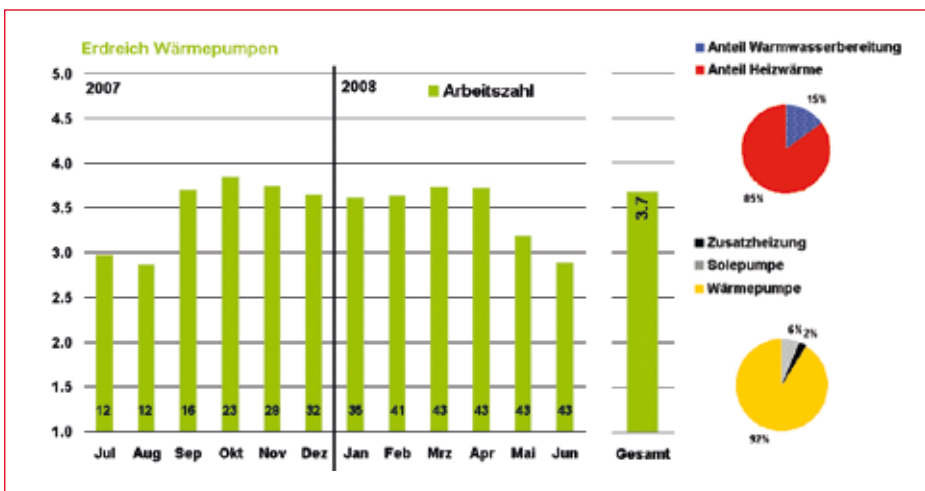


Bild 3 Mittlere Arbeitszahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpenanlagen im Zeitraum von Juli 2007 bis Juni 2008 (inkl. Elektrozusatzheizung)

■ **3-Wege-Ventile:** Bei nicht vollständig schließenden Ventilen kommt es zu unnötigen Wärmeverlusten oder zur Entladung des Trinkwasserspeichers. Dessen Beladung erfolgt meistens mit höheren Temperaturen als die Beladung des Pufferspeichers. Deswegen verursacht ein undichtes Ventil während der Beladung des Pufferspeichers in der Heizperiode die Entladung des Trinkwasserspeichers. Im Sommer arbeitet die Wärmepumpenanlage dagegen nur im Trinkwarmwasserbetrieb und eine unnötige Beladung des Pufferspeichers durch ein undichtes Ventil führt zu reinen Verlusten.

■ **Nicht optimale Beladung der Kombispeicher:** Die verschiedenen Typen von Kombispeichern kombinieren Pufferspeicher mit Trinkwasserspeicher. Bei diesen Varianten kommt es zu Fällen, bei denen der Pufferspeicherteil mit unnötig hohen Vorlauftemperaturen beladen wird. Die Ergebnisse sind niedrigere Arbeitszahlen und eine schlechtere Effizienz der Wärmepumpe. In Extremfällen werden die beiden Bereiche des Kombispeichers mit Temperaturen von etwa 55 °C beladen, obwohl für die Fußbodenheizung nur 35 °C nötig wären. Es kommt auch bei reinen Pufferspeichern vor, dass sie mit zu hohen Temperaturen beladen werden.

■ **Zu leistungsstarke Primärpumpen:** Das Problem betrifft meistens die Brunnenpumpen bei den Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Bei Sole-Wasser-Wärmepumpen laufen die Solepumpen manchmal auf einer zu hohen

Arbeitsstufe. Dies erhöht den Stromverbrauch und senkt die Arbeitszahlen.

Praxistipps für Fachhandwerker

Empfehlungen für eine bessere Funktionsweise der Wärmepumpenanlagen:

- Sorgfältige Auslegung der gesamten Anlage, gute Anpassung der einzelnen Elemente der Wärmepumpenanlage wie z. B. Wärmequelle, Speicher, Wärmesenke und integrale und objektspezifische Planung
- Auslegung und Sicherstellung von optimalen Volumenströmen auf Primär- und Sekundärseite, Überprüfung der Beladungsstrategien, insbesondere bei Kombispeichern und Kontrolle der Vorlauftemperaturen, an den realen Bedarf angepasste Einstellungen der Spreizungen und Heizkurven
- Durchführung des hydraulischen Abgleichs, Deaktivierung der Heizstäbe bei Sole-Wasser-Wärmepumpen. Korrekt ausgelegte Soleanlagen erfordern keine zusätzliche Elektroheizung. Eine Ausnahme bei dieser Empfehlung ist die Bautrocknung. Eine zu hohe Beanspruchung der Sonde kann im schlimmsten Fall zu einer Schädigung der Erdsonde führen
- Überprüfung der Dichtheit der 3-Wege-Ventile
- Sorgfältige und lückenlose Dämmung der Rohrleitungen und anderer Komponenten
- Regelmäßige Reinigung der Ansauggitter bei Luft- und der Filter bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Eine Verschmutzung führt

zu höheren Druckverlusten und infolgedessen zu einem höheren Stromverbrauch der Brunnenpumpe bzw. der Ventilatoren und/oder zu einer unzureichenden Wärmezufuhr für die Wärmepumpenanlage

- Planung und Bau von einfachen Anlagen. Mehrere Wärmeerzeuger, komplexe Hydrauliken und Speicherungssysteme weisen oft die angestrebte Effizienz nicht auf.

Es besteht Optimierungsbedarf

Die Zwischenergebnisse zeigen, dass Wärmepumpen technisch grundsätzlich ausgereift sind. Es besteht jedoch Optimierungsbedarf bei der Einbindung der Anlagen in das Versorgungssystem des Gebäudes und bei den Regelungsstrategien der Wärmepumpenanlagen. So kann z. B. eine schlecht eingebundene Wärmequelle oder nicht korrekt ausgelegte Wärmesenke die Arbeitszahl der Wärmepumpe verringern.

Die mittleren Arbeitszahlen der Solewärmepumpenanlagen von 3,7 für die Bereitstellung der Heizwärme als auch für die Erwärmung des Trinkwassers lassen hoffen, dass diese Wärmepumpen schon bald im Durchschnitt die oft zitierten Jahresarbeitszahlen von 4 erreichen werden. Bei mehreren Feldtestanlagen wurden aber auch schon jetzt mittlere Arbeitszahlen von über 4 ermittelt. Beim reinen Heizbetrieb der Wärmepumpenanlagen liegt der Mittelwert der Arbeitszahlen bei 4,1. Kernpunkt ist hier die sorgfältige Auslegung des gesamten Systems und nicht nur seiner Einzelkomponenten.

Bei Luftwärmepumpen gibt es noch Optimierungspotenziale. Schon jetzt weisen diese Anlagen in neuen Gebäuden im Durchschnitt gegenüber Gas-Brennwertkesseln eine positive Primärenergiebilanz auf. Um die Ökobilanz weiter zu verbessern, sollten die Arbeitszahlen der Luft-Wärmepumpen deutlicher über 3 liegen.



Unser Autor Dipl.-Ing. **Marek Miara** ist Mitarbeiter im Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg (E-Mail: marek.miara@ise.fraunhofer.de)

