

Richtig geplant – wirklich gespart

Wärmepumpen-Feldtest

Einleitung

Die Bereitstellung von Wärme zum Beheizen von Gebäuden und zum Erwärmen des Brauchwassers verursacht rund ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs in Deutschland. Dies zeigt deutlich, wie wichtig es ist in diesem Sektor erstens den Energieverbrauch konsequent zu reduzieren und zweitens für den verbleibenden Bedarf eine energiesparende und klimafreundliche Technik einzusetzen. Diese Ziele gilt es sowohl bei neu gebauten Häusern als auch bei Bestandsgebäuden zu verfolgen. Die Wärmepumpe ist im Vergleich zu konventionellen Techniken hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs und der Begrenzung der Klimabelastung eine vielfach diskutierte Alternative. Die steigenden Verkaufszahlen von Wärmepumpenanlagen deuten auf eine zunehmende Popularität dieser Technik hin. Die Gründe dafür sind überwiegend eher ökonomischer als ökologischer Natur. Doch bei Wärmepumpen schließen sich die beiden Aspekte nicht aus. Im Gegenteil, die Steigerung der ökologischen Effizienz bei Wärmepumpenanlagen führt auch zu einer Kostenersparnis. Was ist jedoch entscheidend für die effiziente Arbeit von Wärmepumpenanlagen? Der Artikel ist ein Versuch auf der Basis der Ergebnisse aus einer breit angelegten Felduntersuchung von Wärmepumpen diese Frage zu beantworten.



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

Beschreibung des Projektes „WP-Effizienz“

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE hat zusammen mit sieben Wärmepumpenherstellern (Alpha-InnoTec, Hauteq, Bosch Thermotechnik, NIBE, Stiebel Eltron, Vaillant und Viessmann) im Sommer 2006 eine Messung von insgesamt 110 Wärmepumpenanlagen begonnen (Bild 1). Das Projekt wird vom BMWi unter der Fördernummer 0327401A sowie von den beteiligten Wärmepumpenherstellern und zwei Energieversorgern (E.ON Energie AG und EnBW Energie Baden-Württemberg AG) gefördert. Zurzeit liegen bereits die Messdaten von knapp 90 Anlagen vor. Die Installation der restlichen Anlagen soll planmäßig bis Ende Januar 2009 abgeschlossen werden. Schwerpunkt der Untersuchung sind Wärmepumpen von 5 bis 10 kW Wärmeleistung mit den Wärmequellen Außenluft und Erdreich in neu gebauten Häusern. Ziel ist die Analyse der Effizienz verschiedener Anlagenkonzepte bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen. Durch eine umfangreiche messtechnische Untersuchung unterschiedlicher, elektrisch angetriebener Kompressionswärmepumpen unter realistischen Einsatzbedingungen sollen Erkenntnisse zur Verbesserung der Geräte und der Systemtechnik gewonnen werden.

Datenerfassung

Die Messdatenerfassung zeichnet beim Betreiber jede Minute das gesamte Systemverhalten auf: die wichtigsten Temperaturen,



Bild 2: Inbetriebnahme des Elektrozählerkastens bei einer Wärmepumpenanlage

Durchflussmengen, Wärmemengen auf Seiten der Wärmequelle und des Wärmeverbrauchs sowie den Stromverbrauch der Wärmepumpe und der Hilfsantriebe (Bild 2). Alle bei den Messungen erhaltenen Werte werden per

Datenfernabfrage täglich am Institut gespeichert, automatisch mittels einer speziell erstellten Software auf Plausibilität geprüft und ausgewertet.

Charakteristik der Anlagen und Objekte

Die meisten Wärmepumpen nutzen eine der drei Wärmequellen Erdreich, Außenluft oder Grundwasser. Alle entsprechenden Wärmepumpentypen sind in dem beschriebenen Projekt vertreten. Bild 3 zeigt die Verteilung aller teilnehmenden Objekte hinsichtlich der Wärmequelle und hinsichtlich des verwendeten Heizungssystems. 68 der untersuchten Wärmepumpen nutzen das Erdreich als Wärmequelle. Davon werden 50 Systeme mit Erdsonden und 18 mit Erdkollektoren betrieben. Bei 26 Anlagen dient Luft als Wärmequelle. Die Hälfte dieser Anlagen (13) sind dabei Varianten mit Außenaufstellung – die andere Hälfte mit Innenaufstellung. Die restlichen 8 Anlagen sind Wasser/Wasser Wärmepumpen.

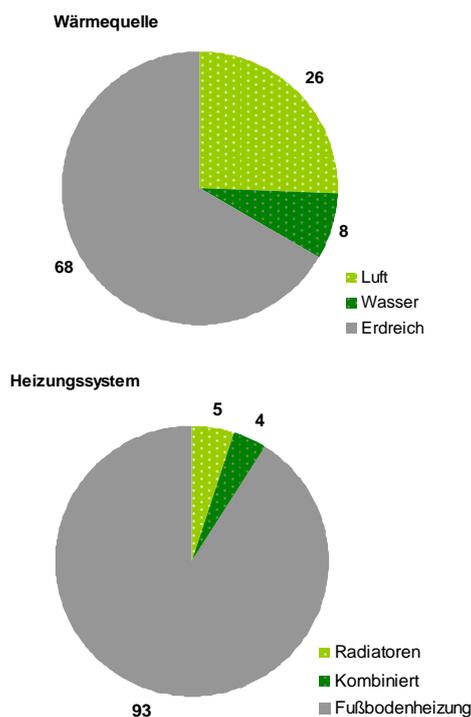


Bild 3: Aufteilung nach Wärmequelle (links) und Wärmeverteilsystem (rechts) der insgesamt im Monitoringprojekt angemeldeten Wärmepumpen

Beim Wärmeverteilsystem dominiert die Fußbodenheizung mit 93 Anlagen, nur 5 Anlagen sind mit Radiatoren ausgestattet. Die Flächenheizung ist für die Wärmepumpen zu bevorzugen, weil die Vorlauftemperatur niedriger als bei konventionellen Heizkörpern ist. Vier Objekte haben kombinierte Systeme

der Wärmeverteilung – Fußboden- und Radiatorheizung. Die beheizte Wohnfläche der Objekte reicht von 120 bis 350 m². Der durchschnittliche Wert liegt bei 194 m².

Zwischenergebnisse - Sole/Wasser-Wärmepumpen

Heutzutage werden in erster Linie zwei Größen verwendet, um die Effizienz von Wärmepumpen zu beschreiben. Die erste, die Leistungszahl bzw. der COP, wird auf dem Prüfstand unter Normbedingungen für einen bestimmten Arbeitspunkt bzw. für eine Reihe typischer Arbeitspunkte ermittelt. Die zweite, die Arbeitszahl (AZ) bzw. Jahresarbeitszahl (JAZ), beschreibt die Effizienz der Wärmepumpenanlage unter realen Bedingungen über einen bestimmten Zeitraum, zum Beispiel für ein Jahr. Zu beachten ist, dass die JAZ nicht alle Aspekte der Wärmepumpen beschreibt und deswegen ihre Beurteilung nicht ausschließlich auf die Arbeitszahlen reduziert werden darf.



Bild 4: Mittlere Arbeitszahlen der Sole/Wasser-Wärmepumpenanlagen in dem Zeitraum vom November 2007 bis Oktober 2008 (inkl. Elektrozusatzheizung)

Bild 4 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. Insgesamt wurden 43 Anlagen ausgewertet. Der Mittelwert der ermittelten Arbeitszahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpenanlagen liegt im Jahr 2008 bei 3.8. Die Anlagen sorgen sowohl für die Bereitstellung der Heizwärme als auch für die Erwärmung des Brauchwassers. Für den reinen Heizbetrieb der Wärmepumpenanlagen liegt der Mittelwert der Arbeitszahlen bei 4.1. Die elektrische

Zusatzheizung (z. B. Heizstab) wird bei der Berechnung der Arbeitszahlen berücksichtigt. Zusätzlich zu allgemeinen Arbeitszahlen wurde eine Korrelation zwischen der Effizienz der Wärmepumpenanlagen und der eingesetzten Speichervariante und der Komplexität der Gesamtanlagen gebildet (Bild 5). Um diese Aspekte besser beurteilen zu können, wurden die Arbeitszahlen ohne Berücksichtigung der elektrischen Zusatzheizung berechnet, die nur bei wenigen Anlagen meistens für die Bauaustrocknung im Einsatz war.

Der Referenzwert für alle Anlagen liegt dann bei einer mittleren Arbeitszahl von 3.79. Bei der Bewertung der Systeme bezüglich der Speichervarianten liegt die erste Gruppe ohne Pufferspeicher mit einer AZ von 3.88 auf Platz 1. Geringfügig schlechter mit 3.83, aber ebenfalls über dem Durchschnitt, liegen die Systeme mit einem separaten Puffer- und Warmwasserspeicher. Deutlich schlechter schneiden dagegen die Systeme mit einem kombinierten Warmwasser- und Pufferspeicher mit einer AZ von 3.53 ab. Ein Grund dafür ist die oft beobachtete, nicht optimale Beladungsstrategie des Speichers.

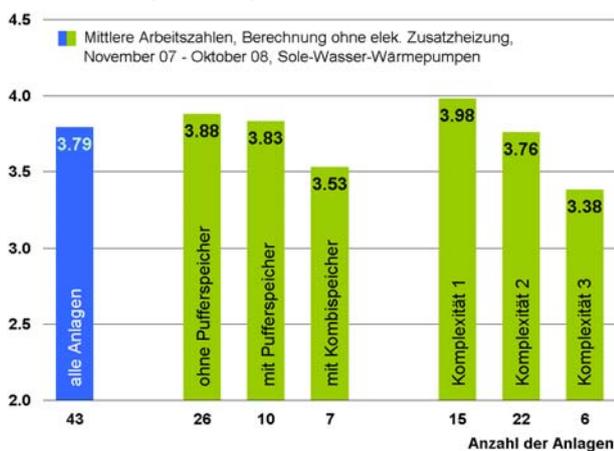


Bild 5: Abhängigkeit der Arbeitszahlen der Sole/Wasser-Wärmepumpen von der eingesetzten Speichermodele und Komplexität der Gesamtanlage

Die zweite Bewertung der Anlagen wurde anhand deren Komplexität im hydraulischen System durchgeführt. Dabei wurden die Anzahl der Komponenten und die Komplexität der hydraulischen Anschlüsse berücksichtigt und drei Gruppen mit den Namen Komplexität 1 bis 3 gebildet. Zum Beispiel eine Anlage mit mehreren Pumpen, 3-Wege-Ventilen, zusätzlichen Wärmetauschern, Kombispeicher und aktiver oder passiver Kühlmöglichkeit gehört zu der Gruppe „Komplexität 3“. Im Gegensatz dazu gehört eine Anlage mit einfacher Hydraulik

und einer geringen Anzahl an Systemkomponenten zu der Gruppe „Komplexität 1“. Es ist eine eindeutige Tendenz zu erkennen – je einfacher die hydraulischen Systeme sind, desto besser sind die Arbeitszahlen. Die Anlagen aus der ersten Gruppe erreichen sogar die Grenze von knapp 4.0. Es zeigt sich deutlich, dass die komplizierten Systeme schwieriger zu regeln und zusätzlich weniger robust gegenüber eventuellen Installationsfehlern sind.

Zwischenergebnisse – Luft/ und Wasser/Wasser-Wärmepumpen

Für die Wärmepumpenanlagen, die als Wärmequelle Luft oder Wasser nutzen, gibt es bis jetzt gegenüber den Sole/Wasser-Wärmepumpen deutlich weniger Anlagen, bei denen Messwerte für eine längere Zeitperiode zur Verfügung stehen. Deswegen sind die gebildeten Mittelwerte weniger repräsentativ als bei den Sole/Wasser-Wärmepumpen. Für die sechs erfassten Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen beträgt die mittlere Arbeitszahl im Jahr 2008 inklusive elektrische Zusatzheizung 3.0. Für den gleichen Zeitraum liegt der Arbeitszahlenmittelwert für die vier Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen bei 3.5. Der Wert der Systeme mit Wasser als Wärmequelle liegt unter den Erwartungen. Ein Grund dafür ist der hohe Stromverbrauch der Brunnenpumpen, die deutlich höhere elektrische Leistungen als die Solepumpen aufweisen. Bei den im Feldversuch untersuchten Systemen mit kleineren thermischen Leistungen spielt bei der Berechnung der Arbeitszahlen der verhältnismäßig hohe Stromverbrauch der Brunnenpumpen eine große Rolle. Ein weiterer Grund kann die schlechte Qualität des Wassers sein, die zu stärkeren Verschmutzungen der Filter führt. Eine oft eingesetzte Lösung ist der Einsatz von Zwischenwärmetauschern, die aber zwei Primärpumpen notwendig machen und dadurch ebenfalls niedrigere Arbeitszahlen verursachen.

Fehler, die sich vermeiden lassen

Dank der detaillierten Auflösung der Messdatenerfassung ist neben der Berechnung der Arbeitszahlen die Analyse der Arbeitsweise der Wärmepumpenanlage und das Feststellen eventueller Fehler möglich. Das Vermeiden dieser Fehler hat für die effiziente Arbeit der zukünftig installierten Wärmepumpen eine große Bedeutung. Ein häufig

beobachtetes Problem ist zum Beispiel ein *nicht optimales Wärmemanagement des Speichers* bei Systemen mit Kombispeicher und/oder der zusätzlichen Nutzung von Solaranlagen. In Extremfällen wird der Teil des Speichers, aus dem die Heizwärme entnommen wird, mit Temperaturen von ca. 55 °C beladen, obwohl für die Fußbodenheizung lediglich 35 °C nötig wären. Die Bereitstellung von Wärme mit höheren Temperaturen führt automatisch zu schlechteren Arbeitszahlen, also zu einem erhöhten Energieverbrauch. Eine optimale Beladung des Speichers können auch *nicht vollständig schließende 3-Wege-Ventile* oder falsch bzw. nicht eingebaute Rückschlagklappen beeinträchtigen. Dabei kommt es zu unnötigen Wärmeverlusten oder z.B. zur Entladung des Brauchwasserspeichers. Ein weiteres Problem sind die *nicht gezielt laufenden Ladepumpen bzw. Heizkreispumpen*. Dieses Problem betrifft sicherlich nicht nur Wärmepumpenanlagen, sondern auch konventionelle Heizungssysteme. Ständig laufende Pumpen verursachen in der Summe einen hohen Stromverbrauch. Bessere Regelalgorithmen und der Einsatz von Hocheffizienzpumpen bieten hier ein nennenswertes Optimierungspotential. Speziell bei Wärmequellen ist das Problem des Einsatzes *zu leistungsstarker Primärpumpen* zu erwähnen. Dies betrifft besonders 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.

Was ist bei der Installation der Wärmepumpen zu beachten?

Anhand von ausgewerteten Messdaten und Vor-Ort Besichtigungen von mehreren Wärmepumpenanlagen lassen sich für eine bessere Funktionsweise der Anlagen unter anderem die folgenden Empfehlungen formulieren:

1. Sorgfältige Auslegung der gesamten Anlage, gute Anpassung der einzelnen Komponenten der Wärmepumpenanlage (Wärmequelle, Speicher, Wärmesenke,...) und integrale und objektspezifische Planung.

2. Überprüfung der Beladungsstrategien der Speicher, insbesondere bei Kombispeichern und Kontrolle der Vorlauftemperatur.
3. Durchführung des hydraulischen Abgleichs sowie sorgfältige und lückenlose Dämmung der Rohrleitungen und anderer Komponenten.
4. 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 Erdsonde könnte im schlimmsten Fall zu deren Schädigung führen.
5. Planung und Bau von Anlagen mit einfachen hydraulischen Schemata – mehrere Wärmeerzeuger, komplexe Hydrauliken und Speicherungssysteme weisen oft die gewollte Effizienz nicht auf.

Die Verantwortung

Es sind hauptsächlich drei Gruppen dafür verantwortlich, ob eine Wärmepumpe effizient arbeitet und zur Klimaentlastung beiträgt – die Wärmepumpenhersteller, die Planer und die Installateure sowie die Benutzer. Letztgenannte können mit ihrem Verhalten die Arbeit der Systeme sehr „wirksam“ beeinflussen. Es ist deswegen von großer Bedeutung, dass die Bewohner entsprechende Anweisungen und Unterstützung zum besseren Verständnis der Arbeitsweise der Wärmepumpen bekommen. Die Hersteller sind verpflichtet weiter an der Erhöhung der Effizienz und an Verbesserungen der Wärmepumpenanlagen und deren einzelnen Komponenten zu arbeiten. Auch die Schulung und Weiterbildung der entsprechenden Fachkräfte spielt eine große Rolle. Die Planer und SHK-Fachhandwerker haben letztendlich eine sehr große Verantwortung. Die richtige Planung sowie die sorgfältige und fachgerechte Installation der Wärmepumpenanlagen sind entscheidend für die korrekte und effiziente Arbeit der Systeme. Nur unter diesen Bedingungen können die Wärmepumpen die ökonomischen und ökologischen Vorteile und Erwartungen erfüllen. Viele Beispiele aus der Feldmessung zeigen, dass dies durchaus möglich ist.