

**Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE  
testet Wärmepumpen in der Praxis**

# Richtig geplant - wirklich gespart

Dipl.-Ing. Marek Miara\*

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 Technik einzusetzen. 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 belegen deren zunehmende Popularität. 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.

**R**ückblick: Das Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE hat zusammen mit sieben Wärmepumpenherstellern (Alpha-InnoTec, Hautech, Bosch Thermotechnik, NIBE, Stiebel Eltron, Vaillant und Viessmann) bereits im Sommer 2006 eine Messung von insgesamt 110 Wärmepumpenanlagen be-



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



■ Bild 2: Inbetriebnahme des Elektroählerkastens bei einer Wärmepumpenanlage.

gonnen (Bild 1). Das Projekt wird vom BMWi 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 in Kürze abgeschlossen sein. 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 Kompressions-Wärmepumpen unter realistischen Einsatzbedingungen sollen Erkenntnisse zur Verbesserung der Geräte und der Systemtechnik gewonnen werden.

## Erfassung aller relevanten Daten

Die Messdatenerfassung zeichnet beim Betreiber jede Minute das gesamte Systemverhalten auf: die wichtigsten Temperaturen, Durchflussmengen, Wärmemengen aufseiten der Wärmequelle und des Wärmeverbrauchs sowie den Stromverbrauch der Wärmepumpe und der Hilfs-

antriebe (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.

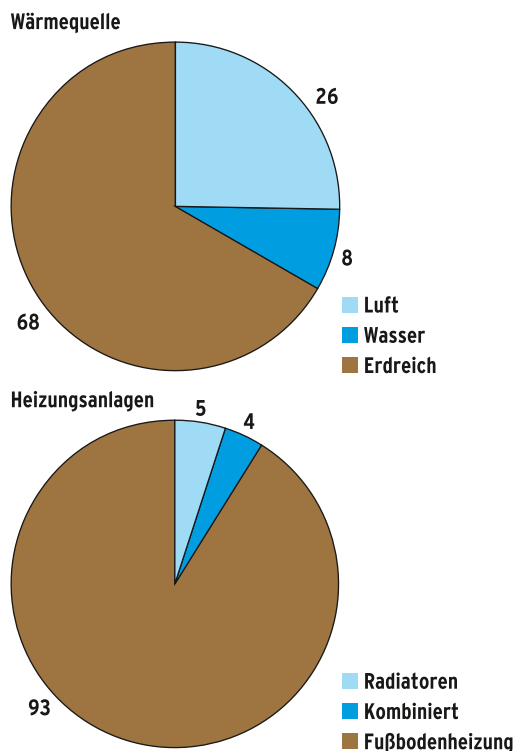
Die meisten Wärmepumpen nutzen eine der drei Wärmequellen Erdreich, Außenluft oder Grundwasser. Alle entsprechenden Wärmepumpentypen sind in dem beschriebenen

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.

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

» Je einfacher die hydraulischen Systeme sind, desto besser sind die Arbeitszahlen.«

\*) Dipl.-Ing. Marek Miara, Thermal Systems and Buildings, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg



■ Bild 3: Aufteilung nach Wärmequelle (oben) und Wärmeverteilsystem (unten) der insgesamt im Monitoringprojekt angemeldeten Wärmepumpen.

Systeme der Wärmeverteilung – Fußboden- und Radiatorheizung. Die beheizte Wohnfläche der Objekte reicht von 120 bis 350 m<sup>2</sup>. Der durchschnittliche Wert liegt bei 194 m<sup>2</sup>.

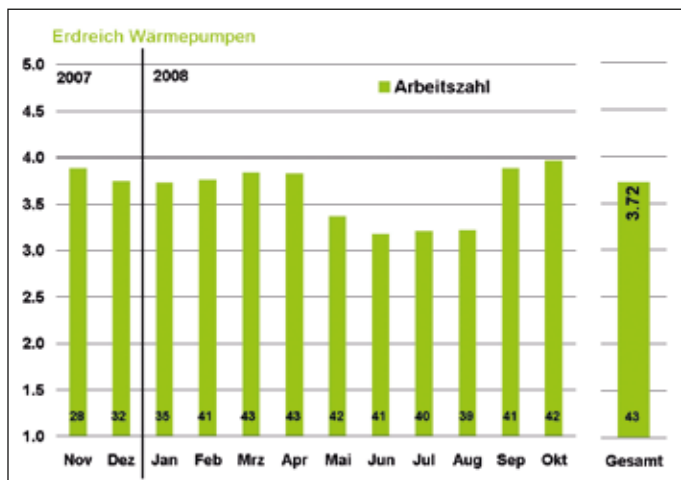
#### Zwischenergebnisse - Sole/Wasser-Wärmepumpen

Heutzutage werden in erster Linie zwei Messgrößen verwendet, um die 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

eine bestimmte Zeit, 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 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 Zeitraum zwischen November 2007 und Oktober 2008 bei 3,7. Die Anlagen sorgen sowohl für die Bereitstellung der Heizwärme

**» Der Wert der Systeme mit Wasser als Wärmequelle liegt unter den Erwartungen. Ein Grund dafür ist der hohe Stromverbrauch der Brunnenpumpen. «**



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

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.

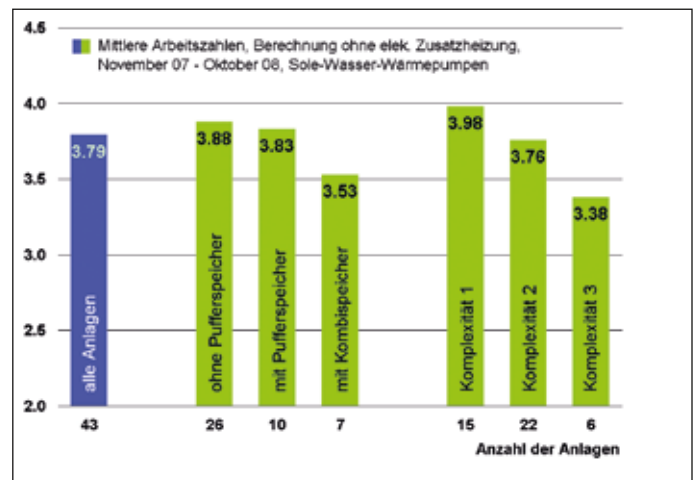
Zusätzlich zu allgemeinen Arbeitszahlen wurde eine Korrelation zwischen der Effizienz der Wärmepumpenanlagen und der eingesetzten Speichervariante und der Komplexität der Gesamtanlagen gebildet (Bild 5). Um diese Aspekte besser beurteilen zu können, wurden die Arbeitszahlen ohne Berücksichtigung der 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 Speicherva-

rianten liegt die erste Gruppe ohne Pufferspeicher mit einer AZ von 3.88 auf Platz 1. Geringfügig schlechter mit 3.83, aber ebenfalls über 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.

Die zweite Bewertung der Anlagen wurde anhand deren Komplexität im hydraulischen System durchgeführt. Dabei wurden die Anzahl der Komponenten und die Kompliziertheit der hydraulischen Anschlüsse berücksichtigt und drei Gruppen mit den Namen Komplexität 1 bis 3 gebildet. Zum Beispiel eine Anlage mit mehreren Pumpen, 3-Wegeventilen, zusätzlichen Wärmetauschern, Kombispeicher

**» Ein häufig beobachtetes Problem ist ein nicht optimales Wärmemanagement des Speichers bei Systemen mit Kombispeicher und/oder der zusätzlichen Nutzung von Solaranlagen. «**



■ Bild 5: Abhängigkeit der Arbeitszahlen der Sole/Wasser-Wärmepumpen von den eingesetzten Speichermodellen und der Komplexität der Gesamtanlage.

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 Zeitraum zwischen Juli 2007 und Juni 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 Pri-

**» Korrekt ausgelegte Soleanlagen erfordern keine zusätzliche Elektroheizung. «**

märpumpen notwendig machen und dadurch ebenfalls niedrigere Arbeitszahlen verursachen.

### Fehler, die sich vermeiden lassen

Dank der detaillierten Auf- lösung der Messdatenerfas- sung ist neben der Berech- nung der Arbeitszahlen die Analyse der Arbeitsweise der Wärmepumpenanlage und das Feststellen eventueller Fehler möglich. Das Vermei- den dieser Fehler hat für die effiziente Arbeit der zukünftig installierten Wärmepumpen eine große Bedeutung. Ein häufig beobachtetes Problem ist zum Beispiel ein nicht opti- males Wärmemanagement des Speichers bei Systemen mit Kombispeicher und/oder der zusätzlichen Nutzung von Solaranlagen. In Extremfäl- len wird der Teil des Speichers, aus dem die Heizwärme ent- nommen wird, mit Tempera- turen von ca. 55°C beladen, obwohl für die Fußboden- heizung lediglich 35°C nötig wären. Die Bereitstellung von Wärme mit höheren Tempe- raturen führt automatisch zu schlechteren Arbeitszahlen, also zu einem erhöhten Ener- gieverbrauch. Eine optimale Beladung des Speichers kön- nen auch nicht vollständig schließende 3-Wege-Ventile oder falsch bzw. nicht einge- baute Rückschlagklappen be- einträchtigen. Dabei kommt es zu unnötigen Wärmever- lusten oder z. B. zur Entladung des Brauchwasserspeichers. Ein weiteres Problem sind die nicht gezielt laufenden Lade- pumpen bzw. Heizkreispum- pen. Dieses Problem betrifft sicherlich nicht nur Wärme- pumpenanlagen, sondern auch konventionelle Hei- zungssysteme. Ständig laufen- de Pumpen verursachen in der Summe einen hohen Strom- verbrauch. Bessere Regelalgo- rithmen und der Einsatz von Hocheffizienzpumpen bieten hier ein nennenswertes Op-

timierungspotenzial. Spezi- ell bei Wärmequellen ist das Problem des Einsatzes zu leis- tungsstarker Primärpumpen zu erwähnen. Dies betrifft be- sonders die Brunnenpumpen bei den Wasser-Wasser-Wär- mepumpen. Bei Sole-Was- ser-Wärmepumpen laufen die Solepumpen manchmal auf einer zu hohen Arbeits- stufe. Dies erhöht den Strom- verbrauch und senkt die Ar- beitszahlen.

### Was ist bei der Installation der Wärmepumpen zu beachten?

Anhand von ausgewer- teten Messdaten und Vor-Ort- Besichtigungen von mehreren Wärmepumpenanlagen las- sen sich für eine bessere Funk- tionsweise der Anlagen unter anderem die folgenden Emp- fehlungen formulieren:

- Sorgfältige Auslegung der gesamten Anlage, gute Anpassung der einzelnen Komponenten der Wär- mepumpenanlage (Wär- mequelle, Speicher, Wär- mesenke,...) und integrale und objektspezifische Pla- nung.
- Überprüfung der Bela- dungsstrategien der Spei- cher, insbesondere bei Kombispeichern und Kon- trolle der Vorlauftempera- tur.
- Durchführung des hydrau- lischen Abgleichs sowie sorgfältige und lückenlo- se Dämmung der Rohrlei- tungen und anderer Kom- ponenten.
- Deaktivierung der Heizstä- be bei Sole-Wasser-Wär- mepumpen. Korrekt aus- gelegte Soleanlagen er- fordern keine zusätzliche Elektroheizung. Eine Aus- nahme bei dieser Empfeh- lung ist die Bautrocknung. Eine zu hohe Beanspru- chung der Erdsonde könnte im schlimmsten Fall zu de- ren Schädigung führen.
- Planung und Bau von An- lagen mit einfachen hy- draulischen Schemata –

mehrere Wärmeerzeuger, komplexe Hydrauliken und Speicherungssysteme wei- sen oft die gewollte Effizi- enz nicht auf.

### Planbare Energieeffizienz

Es sind hauptsächlich drei Gruppen dafür verantwort- lich, ob eine Wärmepumpe effizient arbeitet und zur Kli- maentlastung beiträgt – die Wärmepumpenhersteller, die Planer und Installateu- re sowie die Benutzer. Letzt- genannte können mit ihrem Verhalten die Arbeit der Sys- teme sehr „wirksam“ beein- flussen. Es ist deswegen von großer Bedeutung, dass die Bewohner eine entsprechende Anweisung und Unterstüt- zung zum besseren Verständ- nis der Arbeitsweise der Wär- mepumpen bekommen.

Die Hersteller sind ver- pflichtet, weiter an der Er- höhung der Effizienz und an Verbesserungen der Wär- mepumpenanlagen und de- ren einzelnen Komponenten zu arbeiten. Auch die Schu- lung und Weiterbildung der entsprechenden Fachkräfte spielt eine große Rolle. Die Gruppe der Planer und SHK- Fachhandwerker hat letzt- endlich eine sehr große Ver- antwortung. Die richtige Pla- nung sowie die sorgfältige und fachgerechte Installati- on der Wärmepumpenanla- gen sind entscheidend für die korrekte und effiziente Arbeit der Systeme. Nur unter die- sen Bedingungen können die Wärmepumpen die ökon- omischen und ökologischen Vorteile und Erwartungen er- füllen. Viele Beispiele aus der Feldmessung zeigen, dass dies durchaus möglich ist. ■

© Internetinformationen:  
[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)