

# Die Arbeitszahl ist das Maß für die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe

Wilhelm Wilming

Wärmepumpen hatten häufig mit dem Vorwurf zu kämpfen, nicht effizient zu sein. Der folgende Bericht zeigt auf, wie es mit der Wirtschaftlichkeit in der Praxis tatsächlich aussieht und welche Fehler Planern und Installateuren typischerweise unterlaufen.

Das Maß für die Wirtschaftlichkeit ist die Arbeitszahl bzw. die Jahresarbeitszahl (JAZ), wenn sich die Bewertung über ein Jahr erstreckt.

Die Arbeitszahl ist also eine Systemkenngröße und nicht zu verwechseln mit der Gerätekenngröße COP (Coefficient of Performance), auch als Leistungszahl bekannt, die die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe zu einem bestimmten Zeitpunkt wiedergibt, beispielsweise zur Zeit der Messung auf dem Prüfstand. Beide Kenngrößen, sowohl COP als auch JAZ, sind für die Beurteilung von Wärmepumpenanlagen von grundlegender Bedeutung und bedürfen einer kurzen Erläuterung.

## Die Leistungszahl beurteilt die Wärmepumpe...

Die Leistungszahl hängt zum einen von der Menge der elektrischen Arbeit ab, die die Wärmepumpe verrichten muss, um die thermische Energie der Wärmequelle auf ein Temperaturniveau hochzupumpen, das sich für den Betrieb einer Heizungsanlage

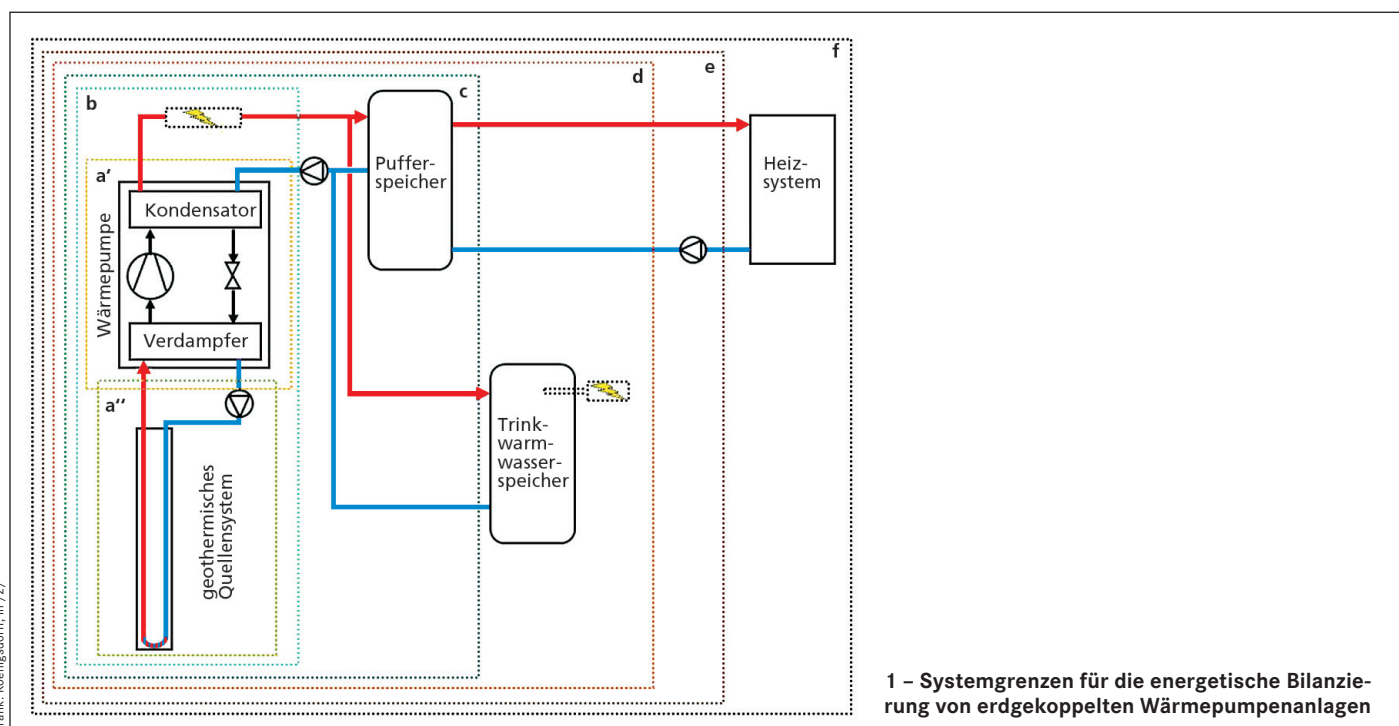
nutzen lässt. Zum anderen hängt sie von der Energiemenge ab, die auf der Heizungsseite nach dem Vorgang des „Wärmepumpens“ abgenommen wird, und die sich aus der Menge der kostenlosen thermischen Energie aus der Umwelt plus der von der Wärmepumpe kommenden elektrischen Energie zusammensetzt.

Diese Energiemenge ins Verhältnis gesetzt zur Antriebsenergie der Wärmepumpe ergibt die Leistungszahl. Sie kann bei den heutigen modernen Aggregaten durchaus einen Wert von COP = 5,5 oder mehr annehmen.

Vereinfacht gesagt hängt der COP in erster Linie von der Differenz zwischen Wärmequellen- und Heizungsvorlauftemperatur ab. Das heißt, je kleiner der Temperaturhub, den die Wärmepumpe überwinden muss, desto größer der COP.

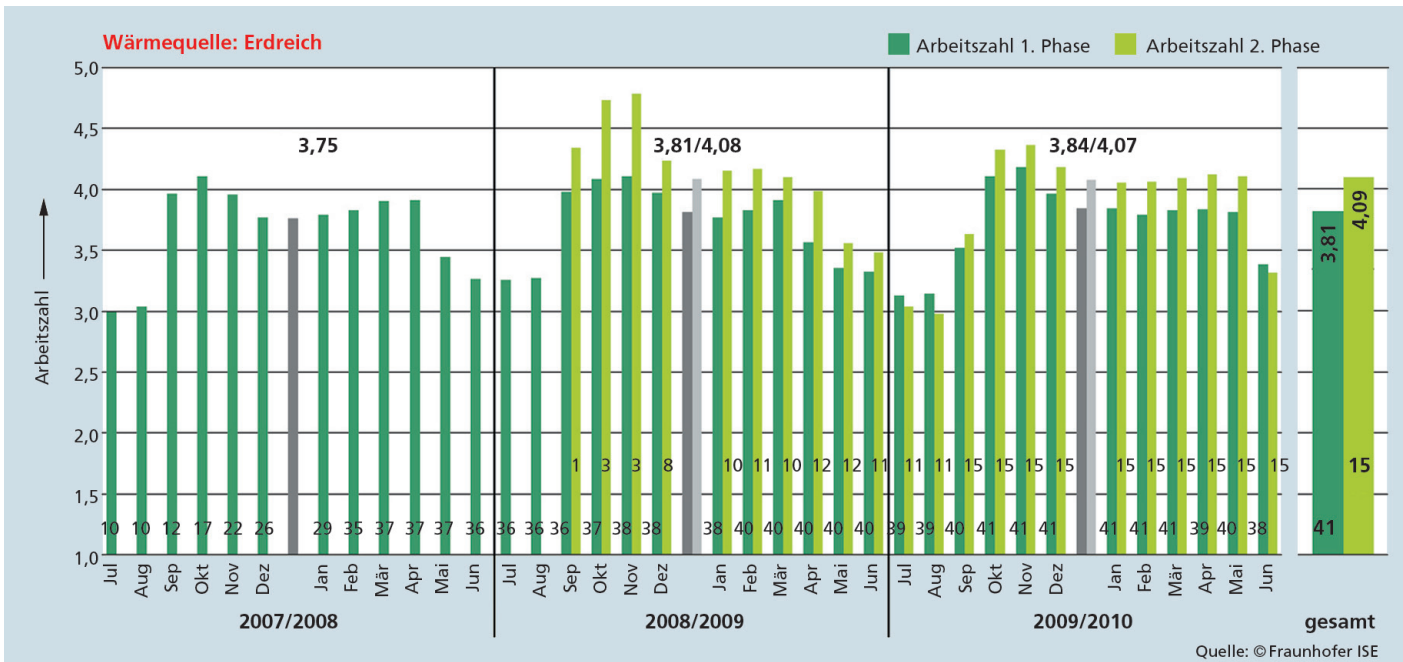
Bekommt es der Planer einer Wärmepumpenanlage beispielsweise mit einem Projekt zu tun, in dessen Nähe eine Wärmequelle mit 10 °C warmem Grundwasser verfügbar ist und für das er eine Fußbodenheizung mit einer Vorlauftemperatur von vielleicht

**Der Autor**  
Wilhelm Wilming, Ahaus



1 – Systemgrenzen für die energetische Bilanzierung von erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen

Grafik: Koenigsdorff, in /2/



## 2 – Jahresarbeitszahlen von Erdreich/Wasser-Wärmepumpenanlagen

35 °C einplanen kann, findet er im Hinblick auf die Leistungszahl optimale Voraussetzungen vor, denn der Temperaturhub beträgt nur 25 °C.

Ungünstiger sieht die Situation aus, wenn er auf der „kalten Seite“ Erdreich als Wärmequelle (etwa 0 °C) und auf der „warmen Seite“ eine Radiatorenheizung mit einer Vorlauftemperatur von vielleicht 65 °C akzeptieren muss. Bei einer solch großen Temperaturdifferenz wird die Leistungszahl deutlich niedriger ausfallen. Vollends an die Grenzen der Effizienz stößt der Planer dann, wenn er für einen Altbau mit Radiatorenheizung auf Außenluft (z. B. -18 °C) als Wärmequelle angewiesen wäre.

### ...die Arbeitszahl der Wärmepumpenanlage

Im Gegensatz zur Leistungszahl berücksichtigt die Arbeitszahl auch die Leistungsaufnahme der Hilfsantriebe. Für die Entscheidung, was nun alles an Pumpen, Lüftern und sonstigen elektrischen Verbrauchern in die Berechnung eingehen soll, haben sich in der Fachwelt Modelle mit Systemgrenzen für die energetische Bilanzierung herausgebildet, die je nach gewünschter Tiefe recht unterschiedlich ausfallen können.

Bild 1 zeigt einen Vorschlag von Prof. Roland Koenigsdorff von der Hochschule Biberach, der sich für diesen Fall für ein siebenstufiges Modell entschieden hat /1/.

Leider lässt sich die Arbeitszahl im Voraus nicht exakt ermitteln. Um aber zumindest eine überschlägige Prognose erstellen zu können, hat die RWE vor einiger Zeit zahlreiche Messergebnisse aus vielen bestehenden Anlagen zusammengetragen und daraus ein „Arbeitsblatt zur überschlägigen Bestimmung der Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpenanlage“ entwickelt.

Dieses Formblatt, das die Grundlage der VDI-Richtlinie 4650 bildet, wurde mit realen Messwerten validiert und ist in der Fachwelt allgemein anerkannt. Man findet das Arbeitsblatt oder auch einen fertigen JAZ-Rechner auf Websites von Herstellern oder beim Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V. und kann damit online arbeiten. Die Vorgehensweise ist weitgehend automatisiert: Nach der Eingabe von nur wenigen bauseitigen Daten wird die voraussichtliche Jahresarbeitszahl ermittelt.

### Beispielhafte Jahresarbeitszahlen

Die Ermittlung der tatsächlichen Arbeitszahl einer Wärmepumpenanlage und damit deren Wirtschaftlichkeit ist nur durch Messungen über einen längeren Zeitraum möglich, so wie sie ein Team vom Fraunhofer ISE zwischen 2007 und 2010 vorgenommen hat /2/.

Die wichtigsten Ergebnisse hinsichtlich der Auswahl des günstigsten Wärmepumpenkonzepts lassen sich in aller Kürze so zusammenfassen:

Die untersuchten Erdreich/Wasser-Wärmepumpenanlagen erreichten eine Gesamtarbeitszahl (Jahresarbeitszahl über den Untersuchungszeitraum) von fast 4,1 und damit laut Miara „einen sehr hohen Wert“.

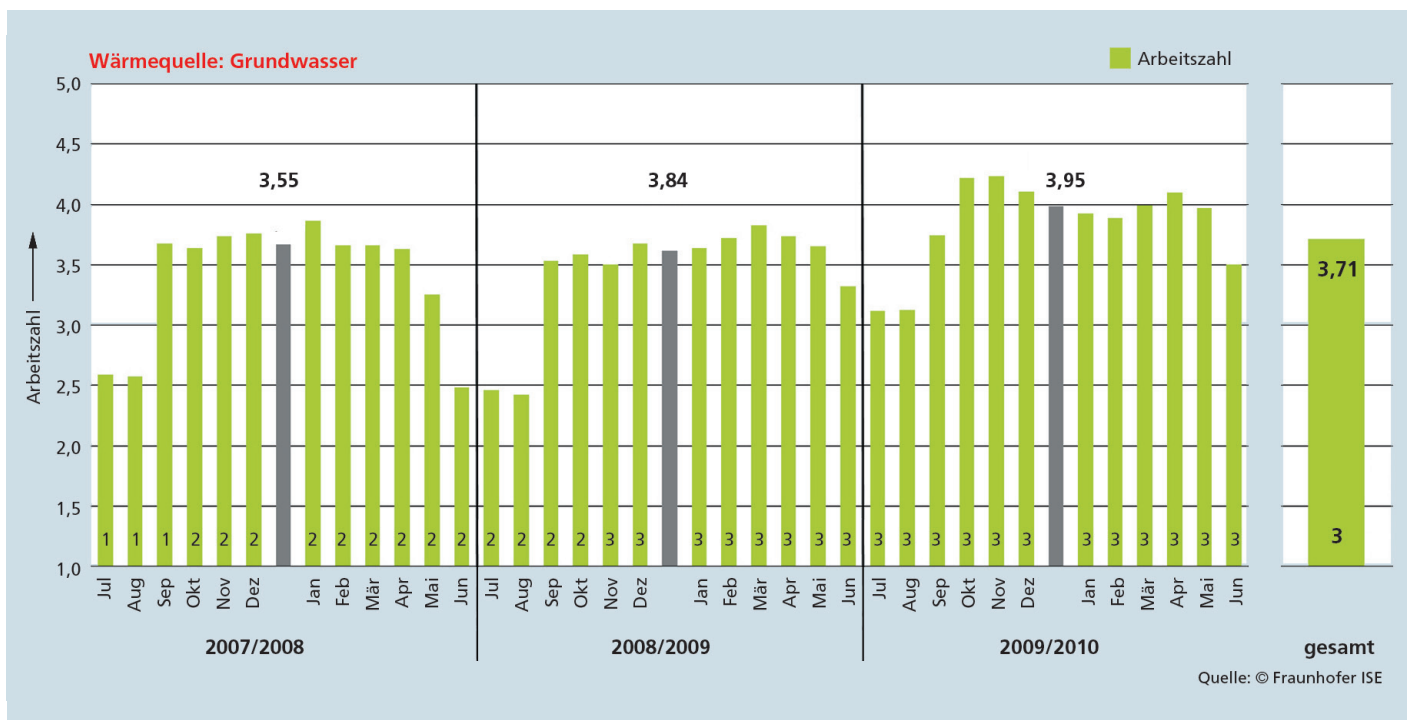
**Zur Orientierung: Die Deutsche Energie Agentur (dena) bezeichnet Wärmepumpen dann als „energieeffizient“, wenn ihre Jahresarbeitszahl den Faktor 3 übersteigt; und als „nennenswert energieeffizient“, wenn der Faktor mehr als 3,5 beträgt.**

Die Gesamtarbeitszahl von Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlagen lag bei rund 3,7 und enttäuschte damit die Untersuchungsteilnehmer (Bild 3). Denn verglichen mit dem Erdreich und der Außenluft bietet das Grundwasser als Wärmequelle die besten Voraussetzungen für eine hohe Wärmepumpeneffizienz, weil das Temperaturniveau relativ hoch und die Schwankungsbreite gering ist.

Dass das Potenzial von grundwassergebundenen Wärmepumpenanlage tatsächlich höher ist, zeigte sich dann auch nach einigen Verbesserungen an der Heizkreis- und der Brunnenpumpe: Die Jahresarbeitszahl einer der optimierten Wärmepumpenanlagen stieg auf fast 4,5.

Die insgesamt 18 untersuchten Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen erzielten zwischen Juli 2007 und Juni 2010 eine Gesamtarbeitszahl von mäßigen 2,9.

Dass die Effizienz dieser Wärmepumpen bei niedrigen Außentemperaturen besonders stark sinken kann, zeigte eine Arbeits-



### 3 – Jahresarbeitszahlen von Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlagen

zahl für den Monat Januar 2009: Sie erreichte einen Wert von nur 2,5. Schon besser waren die Monate April und Mai 2009, als die Arbeitszahl sogar die Marke von 3,5 überklettern konnte. Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass Außenluft von der Temperatur her gesehen die vergleichsweise schlechtesten Voraussetzungen für die Effizienz von Wärmepumpen mit sich bringt. Ein Vorteil der Luft/Wasser-Wärmepumpe sind sicher die geringeren Kosten für die Erschließung der Wärmequelle im Vergleich zu anderen Konzepten.

Dass die Resultate des Forschungsprojekts jedem Planer und Installateur bei der Auswahl einer geeigneten Wärmequelle eine nützliche Hilfe sein können, ist offensichtlich. Sie sollten aber immer nur zur ersten Orientierung genutzt werden, da die gewonnenen Erkenntnisse von vielen Randbedingungen abhängig sind.

Bei Bedarf können weitere Untersuchungsergebnisse zu Rate gezogen werden, beispielsweise die der Gruppe Energie in der „Lokalen Agenda 21 in Lahr“ /3/.

Schon seit Jahren bauen Wärmepumpenhersteller einen Wärmemengenzähler in ihre Geräte ein, mit dem sich die Jahresarbeitszahl mehr oder weniger komfortabel ermitteln lässt. Bei Wärmepumpen von Viessmann übernimmt diese Aufgabe beispielsweise das RCD- („Refrigerant Cycle Diagnostic“-) System, das nicht nur den Kältekreislauf regelt, sondern auch Stromaufnahme und Wärmeabgabe der Wärmepumpenanlage erfasst und mit diesen Werten die Jahresarbeitszahl ermittelt, die im Display der Vitrone-Regelung angezeigt wird (Bild 5).

„Damit wird eine Voraussetzung für die finanzielle Förderung durch das BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) erfüllt, ohne dass zusätzliche Zähler installiert werden müssen“, erläutert Wolfgang Rogatty aus der Presseabteilung von Viessmann. Einen ähnlich funktionierenden „JAZ-Zähler“ hat Watekotte mit dem COP-Counter in seine Wärmepumpen integriert. Andere Hersteller haben in ihre Geräte einen Wärmemengenzähler eingebaut.

Die in einem Jahr abgegebene Wärmemenge, dividiert durch den Stromverbrauch für die Wärmepumpenanlage, der sich am Doppeltarifzähler des Stromversorgers ablesen lässt, ergibt dann die Jahresarbeitszahl.

### Fehler bei Dimensionierung und Installation

Dass planerische und handwerkliche Fehler schnell zu völlig unwirtschaftlich arbeitenden Wärmepumpenanlagen führen können, zeigt folgendes Beispiel:

Die Ergebnisse von Feldtests, die E.ON Energie AG in München an Wärmepumpenanlagen durchführte, ließen die Ingenieure aufhorchen.

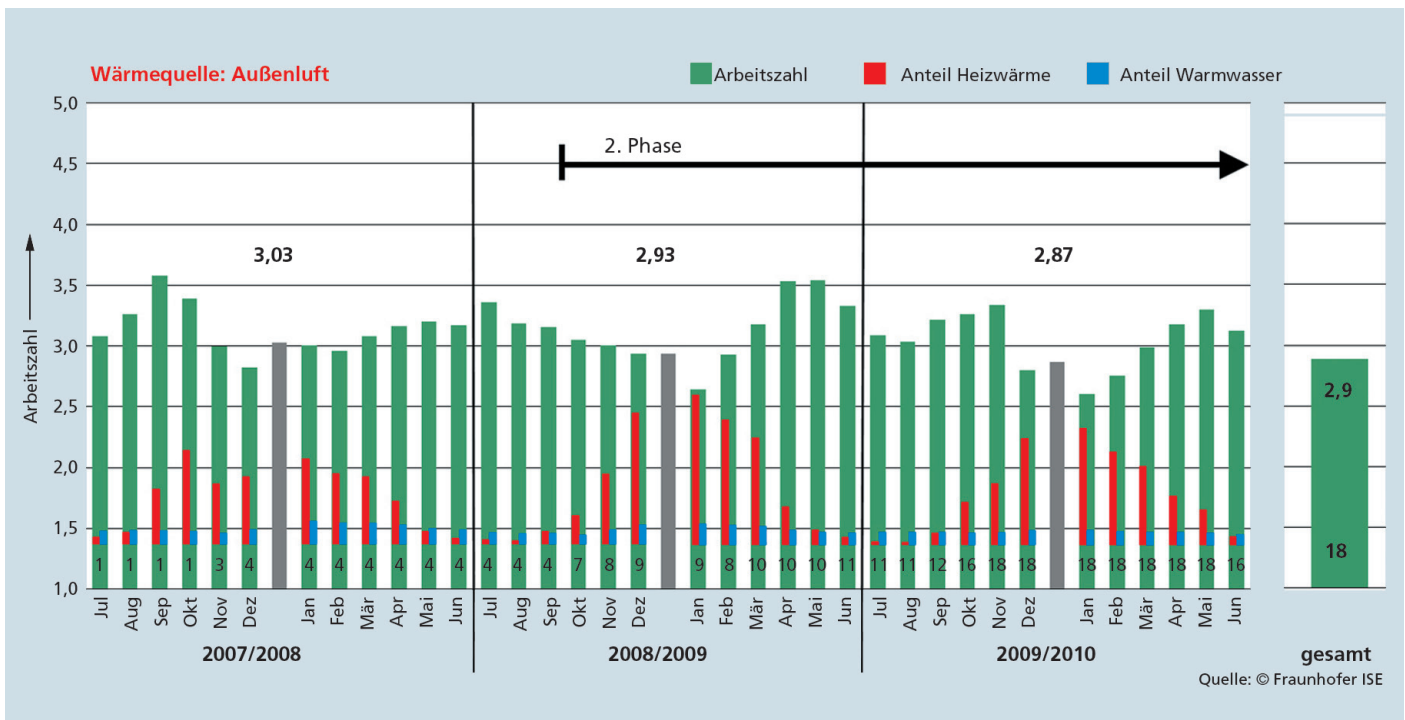
Überraschend waren aber nicht so sehr die guten Arbeitszahlen für die Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpenanlagen (die hatte man in etwa so erwartet), sondern die Tatsache, dass es eine der gemessenen Anlagen auf eine Jahresarbeitszahl von 3,7 brachte, während das gleiche Modell (von einem anderen Handwerksbetrieb installiert) auf einen Wert von nur 2,4 kam.

Offensichtlich waren den Verantwortlichen bei der Planung und Installation schwere Fehler unterlaufen, indem sie einige physikalische Gesetzmäßigkeiten völlig außer Acht ließen.

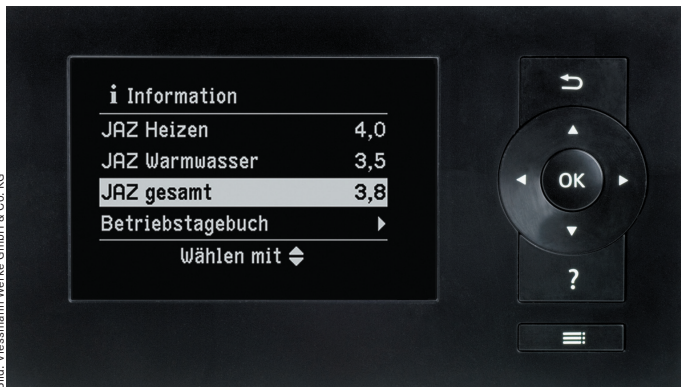
**Um Fehler zu vermeiden, die aus ansehnlichen Leistungszahlen unakzeptable Arbeitszahlen machen, müssen Planer und Installateure einige elementare Dinge beachten.**

Grundsätzlich gilt zunächst, keinen der elektrischen Hilfsantriebe, und auch nicht den Antrieb des Kompressors, größer auszulegen als nötig (nach dem Motto: sicher ist sicher).

Als Beispiel mag hier die schon erwähnte vom Fraunhofer-Team vermessene Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlage dienen: Die Projektgenieure konnten die zunächst mäßige Jahresarbeitszahl (3,7) auf einen Wert von 4,5 anheben, indem sie die überdimensionierte Förderpumpe gegen eine Pumpe niedrigerer Leistung austauschen ließen.



4 – Jahresarbeitszahlen von Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen



5 – Jahresarbeitszahl, angezeigt im Display der Vitotronic-Regelung von Viessmann

Auf der Heizungsseite dürfte das Problem der Überdimensionierung heute nur noch am Rande ein Thema sein, da der Einsatz energieeffizienter, genau auf den Bedarf abgestimmter Umwälzpumpen mittlerweile fast selbstverständlich ist, auch dank intensiver Produktwerbung inklusive Hinweis auf den Umweltschutz.

Eine weitere Voraussetzung für eine zufrieden stellende Arbeitszahl: Die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage muss so niedrig wie möglich sein. Auch hier sollte das bei Planern und Handwerkern oft vorhandene Bedürfnis, auf der sicheren Seite zu liegen, zurückstehen. Es ist zu bedenken, dass eine Absenkung der Heizungsvorlauftemperatur um 1 °C die Arbeitszahl um bis zu 2,5 % verbessern kann.

Ein wichtiger Hinweis kommt immer wieder: Die Heizungsinstallateure müssen an der Heizungsanlage unbedingt einen hydraulischen Abgleich durchführen. Wie Hersteller und Energieberater immer wieder beklagen, verzichten Installateure gern auf diese Optimierungsmaßnahme; in vielen Fällen fehlt dazu wohl ganz einfach das notwendige Fachwissen.

### Fazit

Für effizienten Betrieb einer Wärmepumpenanlage sind eine sorgfältige Planung und fachgerechte Installation erforderlich. Schon kleine Fehler können in der Summe die Jahresarbeitszahl und damit die Effizienz drastisch sinken lassen.

Mit den hier vorgebrachten Hinweisen, die auf Forschungsergebnisse des Fraunhofer ISE aus Freiburg basieren, sind die wichtigsten, aber sicher nicht alle Fehlerquellen aufgezeigt. Zu besprechen wären z. B. noch falsch eingestellte Durchflussmengen sowohl aufseiten der Wärmequelle als auch der Heizfläche, fehlerhafte Dimensionierungen der Erdreichkollektoren und Erdwärmesonden, unnötige Verwendung von Pufferspeichern und fehlende bzw. mangelhafte Wärmedämmung.



### Literatur

- /1/ Koenigsdorff, R.: Oberflächennahe Geothermie für Gebäude. Grundlagen und Anwendungen zukunftsfähiger Heizung und Kühlung, Freiburg 2011
- /2/ Miara, M.; Günther, D.; Kramer, Th.; Oltersdorf, T.; Wapler, J.: Wärmepumpen Effizienz. Messtechnische Untersuchung von Wärmepumpenanlagen zur Analyse und Bewertung der Effizienz im realen Betrieb, Abschlussbericht, Freiburg 2011
- /3/ <http://www.agenda-energie-lahr.de>