

Bild: GY / Quelle: WPSoft

*Simulationsergebnisse der Jahresarbeitszahl bei abweichenden Randbedingungen. Eine hohe Jahresarbeitszahl ist keine Garantie für niedrigen Stromverbrauch, vor allem nicht, wenn der Bedarf vom Nutzer gegenüber der Auslegung angehoben wird. Grobe Fehler im Konzept können einen effizienten Betrieb verhindern.*

## Wärmepumpen

# Jahresarbeitszahlen garantieren?

**Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpenanlage wird gerne als Qualitätskriterium und Beleg einer kostengünstigen Beheizung angeführt. Das rechnerische Erreichen einer Mindestjahresarbeitszahl als Förderbindung für eine effiziente Wärmepumpe stützt diese Annahme. Ein unfehlbarer Garant für minimalen Energieverbrauch ist eine hohe Jahresarbeitszahl allerdings nicht – weder gemessen noch gerechnet.**

Seit der Aufnahme von Wärmepumpen im Marktanreizprogramm (MAP<sup>1)</sup>) beschäftigen sich Wärmepumpenbefürworter und -gegner, Anbieter und Interessenten stärker mit Jahresarbeitszahlen – ist doch eine Fachunternehmererklärung mit Angabe der Jahresarbeitszahl Voraussetzung für die Förderung. Fachöffentlicher Höhepunkt der Diskussion war die „Entdeckung“ von [www.waermepumpe-strom.de](http://www.waermepumpe-strom.de) durch die Verbände der Heizungsindustrie.

Auf der von der Initiative Pro Schornstein e.V. (IPS) verantworteten Internetseite wird Wärmepumpenkunden empfohlen, den Installateur eine

Garantieurkunde unterzeichnen zu lassen, auf der er eine Mindest-Jahresarbeitszahl verbrieft. Die Mindestwerte entsprechen dabei genau den Voraussetzungen für die Förderung von effizienten Wärmepumpen im MAP. Außerdem findet sich auf der Urkunde folgende – sachlich falsche (siehe Seite 30) – Erklärung: „Dem unterzeichnenden Fachbetrieb ist bekannt, dass bei Nichterreichung der o.g. Jahresarbeitszahl die Fördermittel seitens des Fördermittelgebers zurückgefordert werden können.“ Die IPS bietet insgesamt drei Garantieurkunden als Download an. Eine für „B2C – Neubau“, eine für „B2C – Bauen im Bestand“ und eine für

„B2B – Neubau“. Auf letzterer wird „zur Absicherung einer möglichen Rückforderung“ durch den Fördermittelgeber „eine unbefristete Bankbürgschaft in Höhe der zu erwartenden Fördergelder“ für einen auf der Urkunde festzulegenden Zeitraum vom unterzeichnenden Installateur gefordert.

### MAP: Genormte JAZ-Berechnung

Bei der Gestaltung der „Garantieurkunden“ war für die IPS offensichtlich mehr die Angst vor einem schrumpfenden Marktanteil bei ihren Mitgliedsunternehmen die Motivation, als eine kor-

rekte Darstellung der Wärmepumpenförderung. Denn beim Beantragen der MAP-Förderzuschüsse beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) für effiziente Wärmepumpen ist auf der Fachunternehmererklärung eine jederzeit reproduzierbar berechnete Jahresarbeitszahl nach VDI 4650-1<sup>2)</sup> auszuweisen und nicht für die tatsächlich erreichte Jahresarbeitszahl eine Prognose oder eine Garantie abzugeben. Zudem ist die Jahresarbeitszahl momentan auch nur auf die Raumheizung und nicht auf Raumheizung und Trinkwassererwärmung zu beziehen.

Im MAP sind zwar auch kombinierte Anlagen förderfähig, die Trinkwassererwärmung bleibt energetisch aber unberücksichtigt, weil kein Berechnungsverfahren existiert (vgl. Fußnote 2). Der ausführende Fachunternehmer muss für die Fachunternehmererklärung mit dem überschlägigen Verfahren aus VDI 4650-1 die Jahresarbeitszahl ohne Trinkwassererwärmung, ohne Heizstabeinsatz (für die Trinkwassererwärmung) und auch ohne konkrete Randbedingungen wie Klimadaten ermitteln.

### Keine Wirtschaftlichkeitsprognose

Da Größen wie die technischen Daten der Wärmepumpen, Heizwassertemperaturen und die Leistung der Umwälzpumpe eingehen, ist das VDI-4650-1-Verfahren durchaus analog zum Energiebedarfsausweis als Qualitätskontrolle geeignet, darf jedoch nicht mit einer Simulationsrechnung für die konkreten Randbedingungen verwechselt werden. Denn einige in dem VDI-4650-1-Verfahren benötigte Größen, beispielsweise die Erdreichtemperatur bei Wärmeentzug, können eigentlich nur durch eine Simulationsrechnung gewonnen werden. Tatsächlich werden sie jedoch unabhängig von der Quellenauslegung und der Laufzeit beispielsweise mit 0 °C angesetzt.

Problematisch ist, dass die Berechnungen nach VDI 4650-1 von Handwerkern und Kunden teilweise mit einer tatsächlichen Prognose für die Wirtschaftlichkeit verwechselt werden. Dass der Einbau von Messtechnik (Zähler für Strom und Wärmemenge) zur Kontrolle im MAP vorgeschrieben ist, verstärkt diese Illusion zusätzlich.

Bis Ende des Jahres 2008 ist eine Übereinstimmung zwischen Prognose nach VDI 4650 und den Messergebnissen sehr unwahrscheinlich, da besonders im Neubaubereich die nicht berücksichtigte Trinkwassererwärmung aufgrund ihrer höheren Temperaturanforderungen die tatsächlich erreichte Jahresarbeitszahl thermodynamisch bedingt verschlechtert. Erst ab dem 1. Januar 2009 eingehende Förderanträge sollen auch die Trinkwassererwärmung einbeziehen, sodass dies bereits jetzt bei der Angebotserstellung bzw. Anlagenauswahl berücksichtigt werden sollte. Zwar liegt noch keine diesbezügliche Änderung des MAP vor, das am 1. Januar

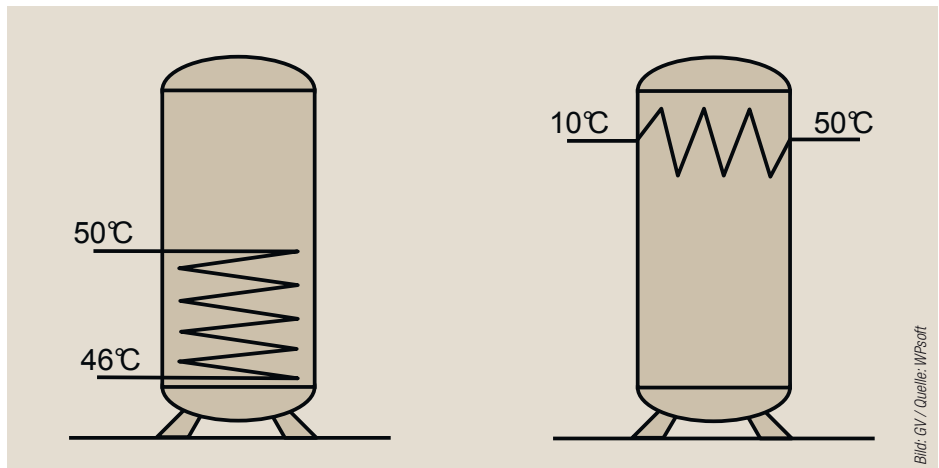


Bild 1 Prinzipskizze Trinkwarmwasserspeicher mit großem innenliegenden Wärmeübertrager.

Bild 2 Prinzipskizze für einen heizwasserseitigen Pufferspeicher, der ständig mit hohen Temperaturen für die Trinkwassererwärmung im Durchlauferhitzerprinzip nacherhitzt werden muss.

2009 in Kraft tretende EEWärmeG<sup>3)</sup> regelt es aber in den Fördervoraussetzungen.

### Ist eine JAZ-Garantie möglich?

Selbstredend ist ein Interesse des Verbrauchers an realistischen Qualitätskriterien für seine Kaufentscheidung verständlich, auch weil die Messungen der Jahresarbeitszahl in realisierten Anlagen nicht immer die Werbeaussagen der Hersteller widerspiegeln. Was spricht darum gegen eine Jahresarbeitszahlgarantie durch den Anbieter?

Für Kritiker der Wärmepumpe scheint die Situation ganz einfach: Der Installateur soll Jahresarbeitszahlen garantieren oder sich gegen fehlende Kompetenz bzw. Seriosität verteidigen. Betriebsergebnisse von Wärmepumpen sind jedoch stark von den gewählten Randbedingungen abhängig, vor allem von der gewünschten Heizwasser- und der Quellentemperatur und nicht immer liegt die Verantwortung für diese Randbedingungen beim Fachunternehmer.

Um das an konkreten Zahlen zu untermauern, wurden Simulationsrechnungen mit der Planungs-, Optimierungs- und Simulationssoftware

WP-OPT (www.wp-opt.de) durchgeführt und dabei verschiedene Parameter variiert. Ausgangspunkt ist eine sorgfältig geplante Anlage mit folgenden Randbedingungen:

- Auslegung der Fußbodenheizung mit 35/28 °C und Hydraulischer Abgleich
- der Trinkwarmwasserbedarf wurde vom Bauherrn mit 150 l/d und 48 °C angegeben
- es wurde ein Speicher mit einem sehr großen innenliegenden Wärmeübertrager im unteren Bereich gewählt (Bild 1)
- Heizwärmebedarf des Gebäudes: 10 428 kWh/a
- Wärmebedarf für Trinkwassererwärmung: 2747 kWh/a
- simulierte Quellentemperatur: -0,1 °C (Horizontalabsorber 250 m<sup>2</sup>)
- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit 9,2 kW und einer Leistungszahl von 4,49 bei B0/W35
- Damit ergeben sich folgende Ergebnisse:
- Jahresarbeitszahl nach VDI 4650-1<sup>2)</sup>: 4,40
- Jahresarbeitszahl mit Simulation WP-OPT: 4,21
- Stromverbrauch mit Simulation (Kompressor, Soleumwälzpumpe, Regelung): 3129 kWh/a

Auswertung - garantie2	
Energiekosten [EUR / Jahr] (inkl. Heizungsumwälzpumpe, Sole-Umwälzpumpe)	
Nach Wärmeerzeugern aufgeteilt	
Wärmepumpe	480
+ Warmwasser-Heizstab	116
Nach Verbrauchern aufgeteilt	
Heizung	330
+ Warmwasser	214
+ Abtauen Luft-Wärmepumpe	0
+ sonstige Umwälzpumpen	52
<b>Jährliche Gesamtkosten: 596</b>	
Laufzeit Wärmepumpe [h/Jahr]	
Gebäudeheizung	1123
Warmwasserbereitung	275
Entzug aus Quelle [kWh/Jahr]	
Gebäudeheizung	8328
Warmwasserbereitung	2009
Stromverbrauch der Wärmepumpe und Hilfsenergien [kWh/Jahr]	
Gebäudeheizung	2110
Warmwasserbereitung	643
Sonstige Umwälzpumpen	264
Abtauen Luft-Wärmepumpe	0
Energiebedarf Warmwasser Heizstab [kWh/Jahr]	
Gebäudeheizung	0
Warmwasserbereitung	837
Solare Gewinne [kWh/Jahr]	
Heizung	0
Warmwasser	0
Erdreich	0
<b>Jahresarbeitszahl: 3,54</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> mit allen Hilfsenergien (Sole-Umwälzpumpe, Heizstab)	

Beispiel für WP-OPT-Berechnungsergebnisse wie den Einfluss eines Heizstabes bei der Warmwasserbereitung auf Jahresarbeitszahl und Betriebskosten.

**Tabelle 1**

**Einfluss veränderter Randbedingungen auf die Jahresarbeitszahl**

Abweichungen von der Prognose	Beschreibung	Jahresarbeitszahl	Stromverbrauch (für Kompressor, Soleumwälzpumpe bzw. Ventilator, Regelung, Heizstäbe, Abtauen) in kWh/a
Prognose	siehe Text	4,21	3129
nutzerbedingt	doppelter Trinkwarmwasserbedarf	4,10	3802
	Trinkwarmwasser mit 60 °C, ab 49 °C wird elektrisch nachgeheizt	3,54	3939
	höhere Heizlast wegen häufig gekippter Fenster (damit werden höhere Heizwassertemperaturen benötigt und eine größere Wärmemenge muss erzeugt werden)	3,95	4122
	Raumtemperatur 23 °C statt 20 °C (höhere Vorlauftemperaturen, stärkere Auskühlung der Quelle durch höheren Wärmeentzug)	3,93	4710
	das halbe Gebäude wird nicht beheizt – dadurch geht die Trinkwassererwärmung Warmwasserbereitung stärker ein; da Nachbarräume kälter sind, muss außerdem die Vorlauftemperatur angehoben werden, wegen der geringeren Wärmemenge ist die Quelle wärmer	4,15	1969
konzeptbedingt	Fußbodenheizung mit Teppich statt mit Fliesen, dadurch höhere Vorlauftemperaturen (8 K)	3,96	3326
	Heizung wird wie früher mit hohen Temperaturen von 55 °C betrieben	3,55	3714
	Pufferspeicher dient Warmwasser und Heizung und wird ständig auf 55 °C geheizt, Fußbodenheizung wird mit Mischer betrieben	2,5	5270
	besonders große Solepumpe (600 W statt 250 W)	3,64	3622
	schlechtes Konzept zur Trinkwassererwärmung (Nacherhitzung immer mit hoher Temperatur), vgl. Bild 2	3,89	3392
	monoenergetischer Betrieb durch Unterdimensionierung; monoenergetisch-parallel ab – 2 °C	3,53	3536
	Luft-Wasser-Wärmepumpe monovalent (Heizleistung: 12,8 kW, A2 / W35; Leistungszahl: 3,41)	3,87	3673
	Luft-Wasser-Wärmepumpe monoenergetisch-parallel ab – 2 °C (Heizleistung 5,4 kW, A2 / W35 Leistungszahl: 3,18)	3,35	4331
bedingt durch Gebäudehülle	starke Wärmebrücken oder Austrocknungsmehrbedarf bezogen auf den Heizwärmebedarf von 15 %	4,16	3730
	„36er-Wände mit Eder-Ziegeln“ Wärmeleitfähigkeit von 0,09 W/mK in der Baubeschreibung U-Wert 0,23 W/(m² K); verbaut wurde aber 0,16 W/(m K), dadurch erhöht sich der U-Wert auf 0,39 W/(m² K); (höhere Vorlauftemperaturen, stärkere Auskühlung der Quelle durch höheren Wärmeentzug)	4,14	3744

Abweichungen bei einer Messung der Jahresarbeitszahl in der tatsächlichen Anlage können außer klimatischen Schwankungen sehr vielseitige Ursachen haben, von denen einige mit ihren Auswirkungen in Tabelle 1 beschrieben werden.

**Hohe JAZ – kleine Betriebskosten?**

Besonders wichtig ist die Erkenntnis, dass die Jahresarbeitszahl allein noch keine Aussage über die Betriebskosten gestattet. Beispielsweise verschlechtert sich die Jahresarbeitszahl während einer Austrocknungsphase (Mehrbedarf um 15 % angenommen) nur minimal, weil die JAZ-verringerte Trinkwassererwärmung bei der höheren Heizlast geringer eingeht; aber die Betriebskosten steigen in diesem Fall von 534 Euro/a auf 619 Euro/a prozentual sehr deutlich. Deshalb muss zusätzlich auch stets der Stromverbrauch betrachtet werden.

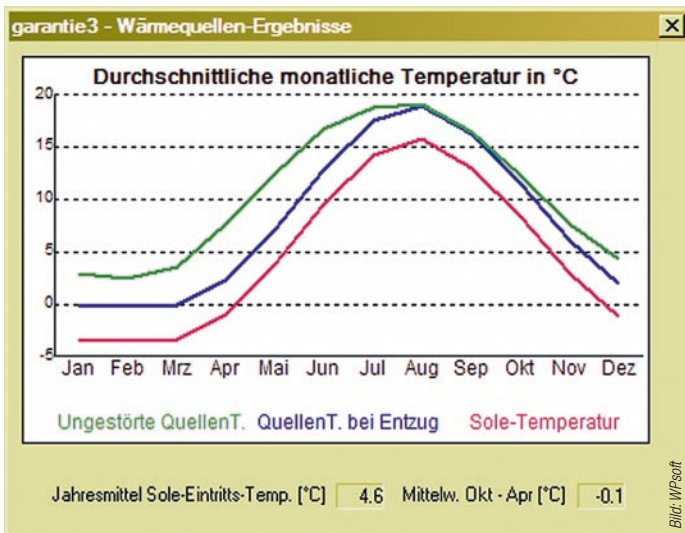
Die Palette an Möglichkeiten zur Abweichung von der prognostizierten Jahresarbeitszahl kann gegenüber Tabelle 1 noch fortgeführt aber für einige Einflüsse rechnerisch nur schwer erfasst werden:

- Reglungsfehler
- Wegzirkulieren des Trinkwarmwassers und Nacherhitzung mit thermostatisch gesteuertem Heizstab
- zusätzlicher Stromverbrauch durch passive Kühlung (Umwälzpumpen, Regelung)
- ...
- Möglich, aber sehr selten, sind auch Fälle wie Kältemittelmangel des Gerätes oder schlecht verfüllte Sonden.

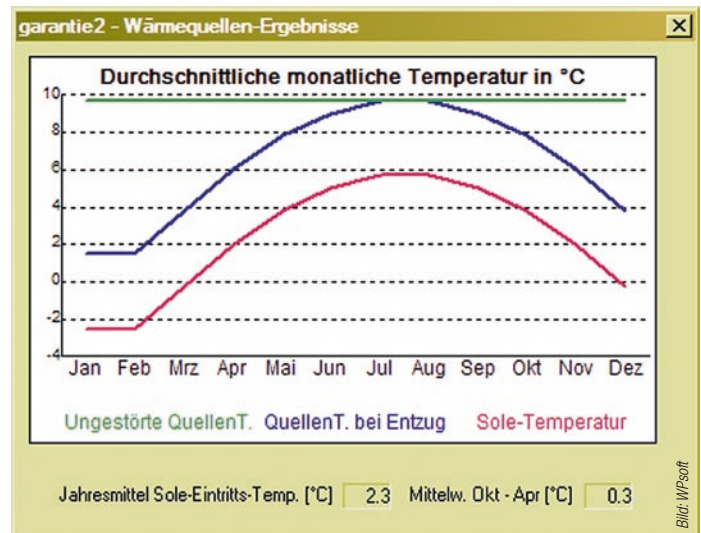
Relativ gering ist hingegen der Einfluss der Erdsondenart. Der Unterschied bei der Jahresarbeitszahl zwischen Flachabsorber und Sonde wird häufig intuitiv zugunsten der Sonde geschätzt. Da Flachabsorber jedoch im Sommerhalbjahr höhere Temperaturen aufweisen (Bilder 4 und 5), richtet sich das wirkliche Ergebnis nach der Aufteilung des Bedarfs zwischen Sommer und Winter (z.B. hinsichtlich des Trinkwarmwasserbedarfs). Im gerechneten Beispiel liefern 250 m² Flachabsorber und zwei Sonden à 62 m das gleiche Ergebnis hinsichtlich der Jahresarbeitszahl. Die Vorteile vertikaler Sonden liegen vor allem im Komfortgewinn durch passive Kühlung und dem geringen Flächenbedarf. Die alternative Verwendung einer Luft/Wasser-Wärmepumpe ist in Tabelle 1 exemplarisch berücksichtigt.

Insgesamt unterstreichen die Simulationsergebnisse, dass die Randbedingungen im Vorfeld genau definiert werden müssen, unter denen eine Jahresarbeitszahl prognostiziert werden soll. Will man eine hohe Genauigkeit erreichen, muss individuell vorgegangen werden, was hingegen für einen Fördermittelgeber wegen des hohen Aufwands und der Manipulationsmöglichkeiten inakzeptabel wäre. Unter Umständen stehen auch normative





Typischer Temperaturverlauf im Horizontalabsorber einer Sole-Wasser-Anlage (WP-OPT-Simulationsergebnis).



Typischer Temperaturverlauf im Horizontalabsorber einer Sole-Wasser-Anlage (WP-OPT-Simulationsergebnis).

Randbedingungen und die Bedürfnisse der Nutzer in einem gewissen Konflikt: Das Modell eines Herstellers, Verbrauchswerte bei einer Festeinstellung der Heizungsanlage zu garantieren, wurde vor mehreren Jahren seitens der Verbraucher nicht akzeptiert. Die meisten Kunden wollten nicht mit 20 °C Raumtemperatur leben.

### Realistische JAZ ermitteln

Was können nun Anbieter und Kunden tun, um im Vorfeld realistische Jahresarbeitszahlen zu ermitteln? Zu einer qualifizierten Beratung gehört zunächst das Abklären der konkreten Nutzerbedürfnisse (welche Raumtemperaturen sollen erreicht werden, wie sind die Wünsche bei der Trinkwarmwasserversorgung etc.). Den Kunden für die Besonderheiten der Wärmepumpe bzw. ihren kostengünstigen Einsatz bereits im Vorfeld zu sensibilisieren ist damit Pflichtaufgabe der Handwerker, Hersteller und Planer. Erst wenn der künftige Nutzer den Einfluss verschiedener Parameter erkannt hat, wird er auf die Ausführung der baulichen Hülle, die niedrige Einstellung der Heizkurve oder seine Gewohnheiten bei der Nutzung von Trinkwarmwasser achten.

Eine Wärmepumpe inklusive Wärmeverteilung muss nicht nur zum Haus, sondern auch der Kunde zur Wärmepumpe passen. Eine entsprechende Qualifizierung des Handwerkers ist hierfür unumgänglich, denn mit einer vom Hersteller vorgefertigten Jahresarbeitszahlbestimmung, bei der Temperaturspreizung, Heizwassertemperaturen und Pumpenleistung nicht zum konkreten Projekt passen, sind Streitigkeiten vorprogrammiert. Arbeitsplätze durch erneuerbare Energien sollten aber nicht bei Rechtsanwälten und Gerichten, sondern in der Branche entstehen.

Wenn ein Kunde auf einer Vereinbarung zur Jahresarbeitszahl besteht, ist das prinzipiell mit Vereinbarung der Randbedingungen und Installation von Aufzeichnungstechnik (für Heizwassertemperaturen) möglich. Nur so lassen sich die Ursachen für Abweichungen klar feststellen. Gut ist es auch, wenn der Bauherr in die Benutzung der Messtechnik bzw. von Kontrollanzeigen des Gerätes eingewiesen wird, um über Abweichungen zeitnah informieren zu können. Eine hohe Jahresarbeitszahl ist zwar wichtig, aber noch keine Garantie, dass die Anlage besonders wirtschaftlich arbeitet und der Nutzer alle Potenziale für

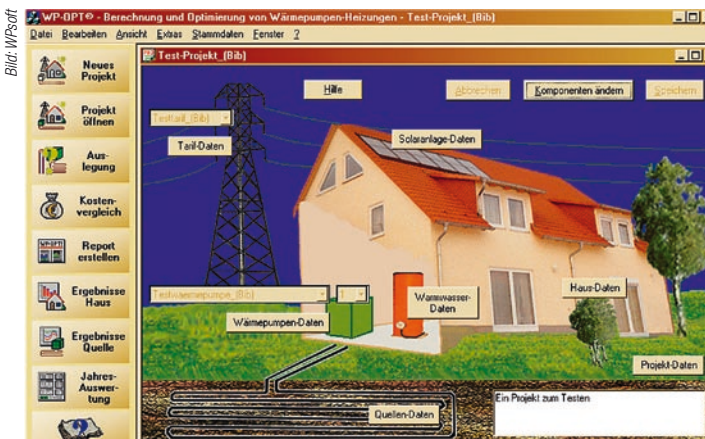
niedrige Betriebskosten ausschöpft. Mit einer garantierten Jahresarbeitszahl ist ihm deswegen nur sehr bedingt gedient.

Ansonsten kann die Wärmepumpen-Branche nur gleiches Recht für alle fordern: Dann müsste nämlich auch der Hausverkäufer für den Heizwärmebedarf garantieren oder der Installateur eines Pellet-Heizkessels für Heizwert und Wirkungsgrad. ■

- 1) Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 5. Dezember 2007, ergänzt am 17. Juni 2008, Download auf [www.bafa.de](http://www.bafa.de)
- 2) VDI 4650-1 Berechnung von Wärmepumpen – Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresaufwandszahlen von Wärmepumpenanlagen – Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung, Januar 2003. Im September 2008 ist ein Richtlinienentwurf für VDI 4650-1 vorgelegt worden, der das Verfahren auf die Trinkwassererwärmung erweitert.
- 3) Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) vom 7. August 2008, veröffentlicht am 18. August im Bundesgesetzblatt (Jg. 2008 Teil I Nr. 36, S. 1658

### Christina Hönig

Dipl.-Phys., WPsoft GbR Dresden, 01189 Dresden, Telefon (0351) 424 67 12, E-Mail: [info@wp-opt.de](mailto:info@wp-opt.de), [www.wp-opt.de](http://www.wp-opt.de)



WPsoft: Software für Wärmepumpen zur Auslegung, Wirtschaftlichkeitsberechnung und Kundenberatung.

### Simulationstool für Wärmepumpenplanung

Ist eine preiswertere Luftwärmepumpe statt einer erdgekoppelten Anlage zu empfehlen? Welchen Einfluss haben die Heizstäbe auf die Energiekosten? Wie tief müssen die Sonden tatsächlich sein und sind sie unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse die Gesamtkosten günstiger als eine Flachverlegung? Wie wirkt sich das gewählte Speicherkonzept bei der Warmwasserbereitung aus? Oder sollte bei hohen Heizwassertemperaturen doch auf eine Wärmepumpe verzichtet werden? Antworten liefert die Auslegungs- und Simulationssoftware WP-OPT. Warnhinweise bei Planungsfehlern und Reports mit Diagrammen zur Wirtschaftlichkeit bringen Sicherheit und unterstützen bei der Argumentation im Kundengespräch. Auf der Internetseite von WPsoft steht eine Demoversion mit umfangreicher Hilfedatei zur Verfügung. [www.wp-opt.de](http://www.wp-opt.de)