

Effizienzkriterien

Trinkwassererwärmung mit Wärmepumpen

✓ KOMPAKT INFORMIEREN

Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist empfindlich von der Art der Trinkwassererwärmung abhängig. VDI 4650 berücksichtigt dies nicht.

Höhere Jahresarbeitszahlen ermöglichen Systeme, bei denen die Speicherladung mit einem geringen Mittelwert für die Vorlauftemperatur erfolgt.

Gemessene Jahresarbeitszahlen im Feld bewegen sich zumeist auf einem unbefriedigenden Niveau. Einzelergebnisse zeigen aber, dass mit einer sorgfältigen Systemauswahl, Planung, Ausführung und Inbetriebnahme hohe Werte erreicht werden.



MEHR INFOS ZUM THEMA

IM TGA DOSSIER WÄRMEPUMPE:

Auf www.tga-fachplaner.de einfach **WEBCODE 718** eingeben oder unterwegs scannen:



➔ Die Wärmepumpentechnik hat noch immer den Ruf, dass die Trinkwassererwärmung ihre Schwachstelle bezüglich der Energieeffizienz ist. Über viele Jahre wurde deswegen sogar die dezentrale direktelektrische Trinkwassererwärmung empfohlen. Das Marktanzreizprogramm (MAP) fördert allerdings ausnahmelos die kombinierte Trinkwassererwärmung und Bereitstellung des Heizwärmebedarfs.

Das gewählte Konzept der Trinkwassererwärmung hat bei der rechnerisch ermittelten Jahresarbeitszahl nach VDI 4650 [1] (ist auch Berechnungsvorschrift im MAP) allerdings keinen Einfluss. In realen Anlagen ist es jedoch von entscheidender Bedeutung für die tatsächlich erreichbare Jahresarbeitszahl und damit auch für die Betriebskosten. Bei der energetischen Bewertung der Trinkwassererwärmung muss immer hinterfragt werden, in welchen – vom Gesamtsystem abhängigen – Temperaturbe-

reichen die Wärmepumpe für die Trinkwassererwärmung wie lange arbeiten muss.

Speicherkonzepte

Erfreulich: Die Anzahl wärmepumpentauglicher Trinkwarmwasserspeicher hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Inzwischen sind sie mit großzügig dimensionierten, innenliegenden Wärmeübertragern bei vielen Anbietern verfügbar – Übertragungsflächen von 3, 5 oder sogar 6 m² gelten nicht mehr als exotisch.

Das berüchtigte Takten von Wärmepumpen, die bei zu kleinen Wärmeübertragern ihre Wärmeleistung nicht abgeben können, lässt sich so sicher vermeiden. Zuvor sind allerdings viele Handwerker und Planer in diese typische Anfängerfalle getappt und haben statt des vom Hersteller empfohlenen (vermeintlich teuren) Speichers einen vorhandenen mit zu kleinem Wärmeübertrager weitergenutzt.

WICHTIG FÜR TGA-PLANER, ANLAGENBAUER UND BAUHERREN:

TGA-PLANER: Das Berechnungsverfahren in VDI 4650 ist für eine hinreichend genaue Prognose der Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe mit / zur Trinkwassererwärmung nicht verwendbar. Eine genaue Prognose ist mit dafür geeigneten Auslegungs- und Simulationsprogrammen möglich.

ANLAGENBAUER: Bei der Heizungsmodernisierung mit einer Wärmepumpe ist Vorsicht bei der Verwendung vorhandener Trinkwassererwärmer geboten. Um zu häufiges Takten (oder die Sicherheitsabschaltung des Verdichters) zu verhindern, muss der Wärmeübertrager die gesamte Heizleistung unter allen Betriebsbedingungen übertragen können.

BAUHERREN: Das Konzept für die Trinkwassererwärmung ist für die Energiekosten von großer Bedeutung. Ein passendes System erfordert eine kompetente Beratung und eine individuelle Lösung. Die Betriebsweise ist ebenfalls für die Energiekosten relevant. Eine nach VDI 4650 berechnete Jahresarbeitszahl ist nicht zur Prognose von Energiekosten geeignet.



Dipl.-Phys. Christina Hönig
WPsoft GbR Dresden,
01189 Dresden,
Telefon (03 51) 4 24 67 12,
info@wp-opt.de
www.wp-opt.de

In der Anfangszeit der Wärmepumpentechnik führte dieser Auslegungsfehler häufig zum kostenintensiven Zwangsaustausch des Verdichters. Heute verriegeln die meisten Regelungen bei einer Überbeanspruchung des Kompressors durch zu häufiges Schalten. Soll dann der Auslegungsfehler nicht mit dem Heizstab kompensiert werden, kann der Taktbetrieb mit einem externen Plattenwärmeübertrager verhindert werden. „Kältetechnisch Bewanderte“ verändern in ihrer Verzweiflung teilweise sogar die Pressostateinstellung, allerdings mit negativen Folgen für die Jahresarbeitszahl.

Innenliegende Wärmeübertrager

Energetisch ist die Kombination einer Wärmepumpe mit einem Trinkwassererwärmer mit innenliegendem, großem Wärmeübertrager **2a** eine sehr gute Wahl. Bei diesem Konzept wird beim Zapfen oben warmes Wasser entnommen und kaltes strömt unten nach. Die Schichtung bleibt dabei weitgehend erhalten. Wenn der Messfühler der Wärmepumpenregelung Warmwasserbedarf signalisiert, befindet sich im unteren Bereich des Speichers kaltes Wasser und die Wärmepumpe arbeitet nun zunächst im Niedertemperaturbereich, um das kalte Wasser schrittweise zu erwärmen. Zu Beginn der Ladephase kann die Wärmepumpe entsprechend **3** mit besonders guten Leistungszahlen (COP coefficient of performance) arbeiten. Nach [2] sind gut schichtende Speicher mit innenliegendem Wärmeübertrager energetisch am besten geeignet. Erst bei steigender Vorlauftemperatur sinkt der COP.

Bei der Dimensionierung des Wärmeübertragers muss die Temperaturabhängigkeit der Leistungsabgabe beachtet werden. Insbesondere bei der Wärmequelle Luft kommt es bei hoher sommerlicher Quellentemperatur zu einer höheren thermischen Abgabeleistung, die mit dem gewählten Speicher konzept übertragen werden muss, soweit es keine Möglichkeiten gibt, die Verdichterleistung zu reduzieren.

Speicher mit hoher Ladetemperatur

Bei Speichern, die häufig mit hohen Temperaturen aufgeladen werden müssen, kühlt das den Wärmeübertrager durchströmende Kaltwasser das ringsum befindliche Heizungswasser ab (z. B. Trinkwassererwärmung nach dem Durchlauferhitzerprinzip **2b**) bzw. vermischt sich das eintretende Kaltwasser mit dem im Speicher befindlichen warmen Wasser. Die Wärmepumpe arbeitet dann beim Nachheizen ständig im oberen Temperaturbereich bei geringerem COP. Vorteilhaft sind bei dem Speicherkonzept die gute Trinkwasserhygiene und die einfache Einbindung anderer Energiequellen, beispielsweise einer Solarthermieanlage.



Bild: Kermit

1 Auch bezüglich der Energiekosten kann man entspannt duschen, wenn für die Trinkwassererwärmung mit einer Wärmepumpe das richtige Konzept gewählt worden ist. (Im Bild: Walk-in-Shower-XS in Verbindung mit dem bodenebenen, durchgefließenen Duschplatz von Kermit.)

Externer Wärmeübertrager

Eine gute Trinkwasserhygiene und die einfache Einbindung anderer Energiequellen gewährleisten auch externe Wärmeübertrager auf der Entnahmeseite **2c**. Je nach Lage der Speicherzu- und -abgänge sowie des Messfühlers muss ab einer bestimmten Mischtemperatur (z. B. 40 °C) nachgeheizt werden. Einen Teil der Heizarbeit kann die Wärmepumpe so bei niedrigen Vorlauftemperaturen und mit günstigerem COP zur Verfügung stellen.

Bei sehr großen thermischen Leistungen der Wärmepumpe stoßen innenliegende Wärmeübertrager an geometrischen Grenzen, auch hier bieten sich externe (Platten)Wärmeübertrager als Alternative an **2d**.

Kombispeicher

Vorsicht ist geboten, wenn der Speicher gleichzeitig als Heizungspufferspeicher dient. In [5]

wird das nicht optimale Wärmemanagement bei Systemen mit Kombispeicher als Problem geschildert. Die dort untersuchten Anlagen mit Kombispeicher erreichten im Neubau im Schnitt Jahresarbeitszahlen für Heizung und Warmwasser von 3,53. Der Strom für Heizstäbe wurde bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt.

Trotzdem findet man Kombispeicher häufig in Ausschreibungen von Wärmepumpenanlagen. Der Speicher wird dann teilweise konstant mit 55 °C betrieben und die Temperaturanpassung der Fußbodenheizung mit einem Mischer realisiert. Das verschlechtert die Jahresarbeitszahl für den Heizbetrieb erheblich, weil das hohe Temperaturniveau für die Heizung gar nicht oder nur an wenigen Tagen erforderlich ist.

Bei der gleichzeitigen Verwendung eines Speichers für die Trinkwassererwärmung und die Heizung muss eine Durchmischung der ein-

2 Prinzipbilder von Trinkwarmwasserspeichern

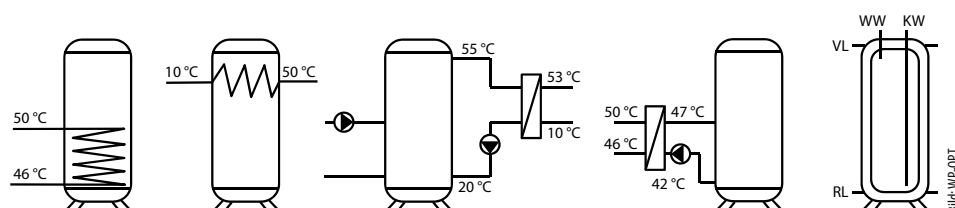


Bild: WFP-OPT

2a Speicher mit innenliegendem Wärmeübertrager und guter Schichtung.

2b Speicher, der nach dem Zapfen mit hohen Temperaturen nachgeladen werden muss.

2c Speicher mit externem Wärmeübertrager auf der Entnahmeseite.

2d Speicher mit externem Wärmeübertrager auf der Ladeseite.

2e Doppelmantelspeicher

zelenen Temperaturniveaus im Speicher verhindert werden. Aufgrund der hohen Volumenströme von Wärmepumpen sind dafür sehr anspruchsvolle Lösungen erforderlich.

Doppelmantelspeicher

Bei gleichzeitiger Solareinspeisung, Einbindung weiterer Energieerzeuger oder hohen thermischen Abgabeleistungen der Wärmepumpe bieten sich auch Doppelmantelspeicher mit Bereitschaftsteil für Trinkwarmwasser an ²⁹. Zu beachten ist hier wieder die Gefahr der Vermischung der Temperaturniveaus für Heizung und Trinkwassererwärmung.

Hohe Trinkwassertemperatur

Wenn hygienische Anforderungen erfüllt werden müssen und Temperaturen über 60°C verlangt werden, gibt es effizientere Lösungen als den Heizstab, beispielsweise Wärmepumpen mit Hochtemperaturkältemitteln oder mit Heißgasenthitzung. Bei ihr wird die hohe Temperatur des verdichteten Kältemitteldampfs über einen zusätzlichen Wärmeübertrager zwischen dem Verdichter und dem Kondensator genutzt ⁴.

Da der Heizwasserstrom mit höherer Temperatur praktisch „als Abfallprodukt“ im normalen Heizbetrieb nur mit einem Anteil von nur ca. 10 bis 15 % der erzeugten Wärmemenge entsteht, muss geklärt sein, wie außerhalb der Heizperiode die Wärmemenge mit niedriger Temperatur genutzt werden kann. Deshalb ist die Heißgasenthitzung prädestiniert, wenn ganzjährig auch Wärme mit geringer Temperatur benötigt wird (z.B. in einem Schwimmbad) oder wenn die Trinkwassererwärmung nur in der Heizperiode mit der Wärmepumpe erfolgt. Aus diesem Grund passt die Heißgasenthitzung auch gut zu thermischen Solaranlagen.

Trinkwasser-Wärmepumpen

Separate Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung nutzen im Allgemeinen die Umgebungswärme im Aufstellungsraum oder über Kanäle Abluft aus warmen Räumen, z.B. Bad, WC und Küche. Damit ergibt sich als Zusatznutzen die Raumkühlung oder die Kombination mit der Wohnungslüftung.

Die Umluft-Wärmepumpe gibt die abgekühlte und entfeuchtete Luft wieder an den Aufstellungsraum, der als kühler Vorratsraum für Lebensmittel genutzt werden ³⁰. Zu beachten ist allerdings, dass das Absenken der Temperatur im Aufstellungsraum die Leistungszahl der Wärmepumpe senkt. Dies kann sogar dazu führen kann, dass die technischen Grenzen zur Nutzung der Umgebungswärme unterschritten werden und die Wärmepumpe dann nicht mehr arbeiten kann. Zudem muss die Umgebungswärme, die die Wärmepumpe als Quelle benötigt, „irgendwo-

3 Heizleistung und Vorlauftemperatur

einer markttypischen Sole/Wasser-Wärmepumpe. Daten aus der Herstellerbibliothek von WP-OPT.

| Vorlauftemperatur in °C | 35 | 50 | 35 | 50 |
|-------------------------|--------------------|-------|-------------------|------|
| Quellentemperatur in °C | Heizleistung in kW | | Leistungszahl COP | |
| -5 | 15,90 | 15,20 | 3,97 | 2,62 |
| -2 | 17,50 | 16,60 | 4,27 | 2,86 |
| 0 | 18,90 | 17,30 | 4,61 | 2,98 |
| 2 | 20,00 | 18,60 | 4,88 | 3,21 |
| 5 | 22,00 | 20,30 | 5,37 | 3,50 |
| 7 | 23,40 | 21,40 | 5,71 | 3,69 |
| 10 | 25,80 | 23,40 | 6,14 | 4,03 |

her“ kommen. Oft wird dazu eine ineffiziente Wärmeversorgung durch offene Türen zu anderen beheizten Räumen geschaffen. Für die korrekte Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen wird die Abkühlung des Aufstellungsraumes nach DIN V 4701-10 [3], Abschnitt 5.1.4.2.3., berücksichtigt.

Günstig ist es, wenn der Aufstellungsraum der Kellerluftwärmepumpe (Bezeichnung der VDI 4650) Wärmequellen wie Waschmaschine, Kühltruhe oder Computer enthält. Dann bieten Kühlung und Entfeuchtung wirklich einen Zusatznutzen. Besonders gut geeignet sind Umluft-Wärmepumpen auch für Holzheizer, wenn über die Kellerluft vor allem im Sommer und in der Übergangszeit die Trinkwassererwärmung erfolgt. Zu beachten sind dann aber Trinkwasserhygienische Belange, insbesondere darf keine Stagnation in dem gerade nicht genutzten System auftreten.

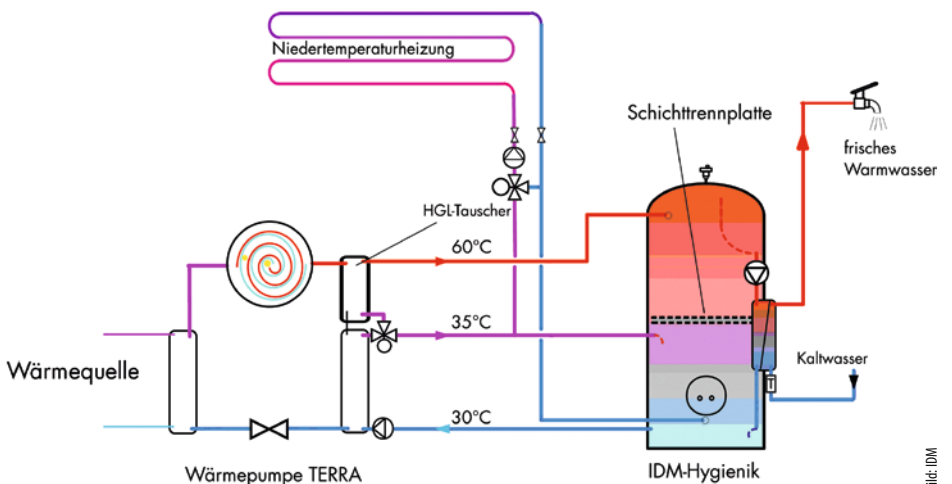
Weitere Verfahren, wie die Direktkondensation im Speicher und damit das Einsparen eines Wärmeübertragers und einer Ladepumpe oder separate Wärmepumpen, die die Trinkwassererwärmung im Sommer als Wärmesenke für die Kühlung nutzen, werden ebenfalls am Markt angeboten.

Jahresarbeitszahlen

Ein Maß dafür, wie ökonomische und energetisch sinnvoll der Einsatz von Wärmepumpen erfolgt, ist die Jahresarbeitszahl. Zu beachten ist bei Zahlenvergleichen, dass unterschiedliche Bilanzgrenzen für die Jahresarbeitszahl verwendet werden. Üblich in VDI 4650 und bei Simulationen mit WP-OPT sowie bei der Verwendung von DIN V 4701-10 sind Erzeugeraufwandszahlen. Bei der Wärmequelle Luft gehören dazu auch die Abtauverluste. Agenda Lahr arbeitet zusätzlich mit Systemarbeitszahlen und be-

4 Heißgasenthitzung

Schaltschema einer Wärmepumpe mit zusätzlichem Wärmeübertrager zwischen Verdichter und Kondensator.



5 Vor- und Nachteile von Konzepten zur Trinkwassererwärmung

| Art der Trinkwassererwärmung | Vorteile | Nachteile |
|---|---|--|
| Speicher mit innenliegendem großem Wärmeübertrager | Die Nacherwärmung des Warmwassers kann bei niedrigen Lade-Start-Temperaturen und deshalb mit sehr guten Leistungszahlen erfolgen. | Bei sehr großen Wärmepumpen ist das Konzept wegen der benötigten Wärmeübertragerflächen nicht geeignet. Große Verdichterleistungen erfordern zwangsläufig große Speicher, um den Wärmeübertrager zu integrieren. Die daraus resultierenden Speichervolumina können den Bedarf deutlich übersteigen und erhöhen dann die Bereitschaftsverluste. |
| externer Wärmeübertrager auf der Heizungsseite | Auch größere thermische Leistungen sind übertragbar. Nach dem Laden erfolgt bei der Entnahme keine weitere Durchmischung innerhalb des Speichers. | zusätzliche Pumpe notwendig |
| externer Wärmeübertrager auf der Entnahmeseite | einfache Integration weiterer Wärmequellen (Holzofen, Solaranlage) gute Trinkwasserhygiene | zusätzliche Pumpe notwendig Vorsicht ist hinsichtlich der Durchmischung geboten, wenn der Speicher gleichzeitig als Pufferspeicher für die Heizung genutzt werden soll. |
| Keller- oder Abluftwärmepumpe | zur Raumkühlung oder Entfeuchtung geeignet Wärme aus der Raumluft kann genutzt werden | Die Umgebungswärme muss teilweise durch die Wärmepumpe selbst erzeugt werden („Wärmekurzschluss“). |
| Heißgasenthitzung | hohe Temperaturen möglich | Da nur ein kleiner Teil der erzeugten Wärmemenge mit hoher Temperatur zur Verfügung steht, muss der Betrieb über das ganze Jahr betrachtet werden. |
| Doppelmantelspeicher | Einbindung weiterer Wärmequellen möglich Auch Wärmepumpen größerer Leistung können angeschlossen werden. | Die Nacherhitzung erfolgt mit höheren Temperaturen und damit schlechteren Leistungszahlen. Vorsicht ist hinsichtlich der Durchmischung geboten, wenn der Speicher gleichzeitig als Pufferspeicher für die Heizung genutzt werden soll. |
| Hochtemperaturwärmepumpe | Trinkwassererwärmung auf hohe Temperatur möglich | Wenn der vorhandene Heizkreis als Quelle dient, muss beachtet werden, ob diese Quelle im Sommer ausgekühlt werden darf (Kondensation, geschlossene Raumthermostate). Zusatzkosten entstehen, wenn eine separate Wärmepumpe nur für die Trinkwassererwärmung installiert wird. |
| Pufferspeicher mit innenliegenden Rohrschlangen zur Trinkwassererwärmung im Durchflussprinzip | gute Trinkwasserhygiene einfach Integration weiterer Wärmequellen | Die Nacherhitzung erfolgt mit höheren Temperaturen und schlechteren Leistungszahlen. Vorsicht ist hinsichtlich der Durchmischung geboten, wenn der Speicher gleichzeitig als Pufferspeicher für die Heizung genutzt werden soll. |
| Direktkondensation | Einsparung eines Wärmeübertragers und einer Ladepumpe | der Speicher ist fest in den Kältekreis integriert Sicherheitswärmeübertrager (Schutz vor Austritt des Kältemittels) erforderlich |

trachtet dabei z.B. auch Speicherverluste und die Ladepumpe für den Warmwasserspeicher. Beim Vergleich von Messwerten ist daher immer darauf zu achten, was sie tatsächlich beinhalten.

Jahresarbeitszahlen nach VDI 4650

VDI 4650 wurde im September 2008 um einen Formalismus zur Trinkwassererwärmung erweitert. Das stark vereinfachte Verfahren berücksichtigt allerdings nicht das Anlagenkonzept, sondern geht ausschließlich von den technischen Daten der Wärmepumpe aus. Es gibt weder Möglichkeiten, das Nacherhitzen mit Heizstäben zu betrachten, noch die Speicherzieltemperatur zu variieren oder bei Kellerluftwärmepumpen zu berücksichtigen, dass die Wärmepumpe eventuell die Wärme für die Umluftnutzung selbst erzeugen muss und welche Temperatur der Aufstellungsraum tatsächlich hat.

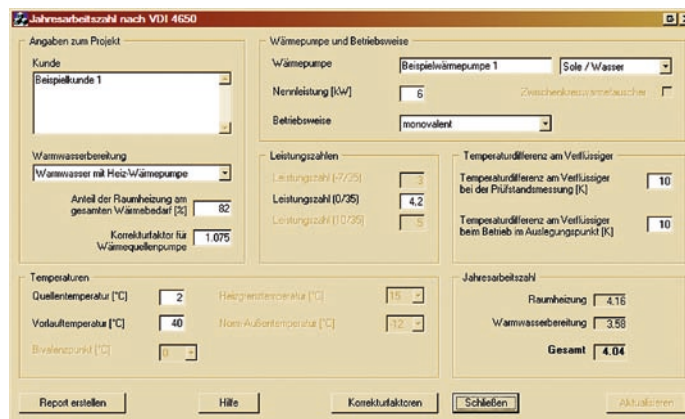
Beim Einsatz des Heizstabes kann man höchstens noch die DIN V 4701-10 zu Rate ziehen. Bei einer elektrischen Ergänzungsheizung wird man dann nach Abschnitt 5.1.4.1.2 pauschal von 95 % Deckung durch die Wärme-

pumpe ausgehen. Auch dieses Verfahren liefert also nicht unbedingt eine Übereinstimmung mit der Realität.

Wie bei Heizzwecken wird in der VDI 4650 mit Korrekturfaktoren gearbeitet, die in Tabellen hinterlegt sind. In 6 sind die wenigen benötigten Eingabegrößen aufgeführt. Entscheidenden Einfluss hat die Leistungszahl bei Nennbedingungen. Bei Erdsonden wird die Berechnung mit einer Quelltemperatur von 2 °C empfohlen. Eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit einer

Leistungszahl von 4,2 erzeugt demnach das Warmwasser unabhängig vom Speicherkonzept mit einer Jahresarbeitszahl von 3,58.

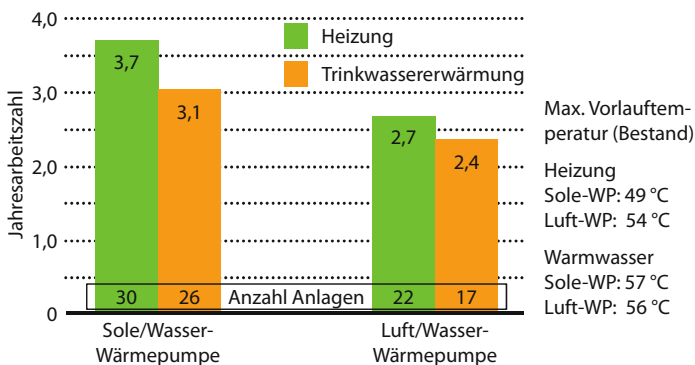
Bei der Wärmequelle Luft und den aufgeführten Randbedingungen ergibt sich eine Jahresarbeitszahl für die Trinkwassererwärmung von 3,49 und die Jahresarbeitszahl einer Kellerluftwärmepumpe wird mit 3,33 prognostiziert. Trotz der sehr eingeschränkten Genauigkeit können diese Werte für BAFA-Anträge und Nachweise im EEWärmeG verwendet werden.



6 Berechnung der Jahresarbeitszahl einer Sole/Wasser-Wärmepumpe mit dem VDI-4650-Rechner.

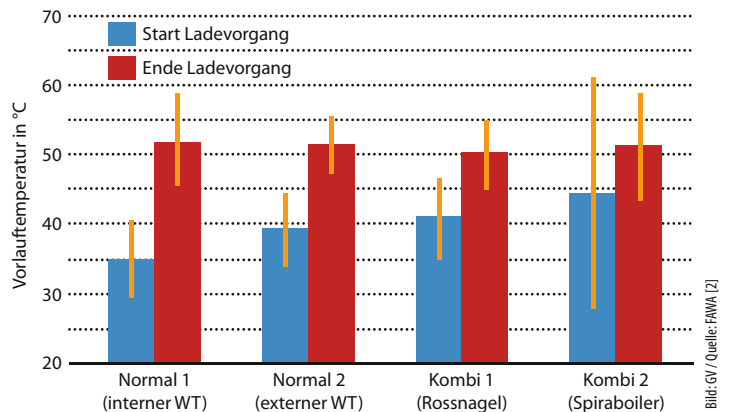
7 Jahresarbeitszahlen im Altbau

von Sole/Wasser- und Luft/Wasser-Wärmepumpen für Heizung und Trinkwassererwärmung (Jahr 2008) nach [6].



8 Speicherladetemperaturen unterschiedlicher Speichertypen.

unterschiedlicher Speichertypen.



Gemessene Jahresarbeitszahlen

Interessant für den Nutzer sind jedoch praktisch erreichten Werte. Verschiedene Feldtests befassen sich mit den Messungen, leider meist nicht getrennt für verschiedene Konzepte und nicht fehlerbereinigt. Agenda Lahr [4] hat bei Trinkwasser-Wärmepumpen ernüchternde Jahresarbeitszahlen von 1,5 für Kellerluft (Mittelwert von drei Anlagen) und 2,4 für Abluft (Mittelwert von zwei Anlagen) gemessen. Dieses Ergebnis sollte jedoch nicht für pauschale Negativpropaganda fehlinterpretiert werden: Besonders schlecht ist das Ergebnis vor allem, weil der Warmwasserverbrauch sehr gering war.

Bei geringem Verbrauch sind bei dem verwendeten Messkonzept durchaus auch Arbeitszahlen unter 1 möglich, wenn fast kein Warmwasser entnommen, aber ständig Wärmeverluste ausgeglichen werden müssen. Bei sehr hohem Verbrauch wurden durchaus auch einzelne Arbeitszahlen von über 4 gemessen und im Abschlussbericht dokumentiert. Energetisch sinnvolle Lösungen sind mit diesem Konzept also durchaus möglich, eine kompetente projektbezogene Beratung ist dafür Grundvoraussetzung.

In [6] werden Messergebnisse aus dem Fraunhofer Monitoring vorgestellt. In den Monaten Juni bis September erfolgte kein Heizbetrieb, die Arbeitszahlen lagen unter 3 (2,32...2,95). In einer Werbeaktion argumentiert der Hersteller dieses Wärmepumpentyps mit Wärmekosten für die Trinkwassererwärmung im 3-Personen-Haushalt von 10 Euro/Monat. Legt man einen typischen Verbrauch zugrunde, berücksichtigt Wärmegewinne von Gefriertruhe, Trockner und Waschmaschine und die gemessenen technischen Werte, lässt sich dieses Versprechen allerdings nur bei einem Strompreis von ca. 7 Ct/kWh einhalten.

Der Abschlussbericht der Agenda Lahr weist für die Trinkwassererwärmung mit Luft/Wasser-Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen von maximal 2,6 auf. Die anderen gemessenen Werte sind meist wesentlich schlechter. Die Sole/Wasser-Wärmepumpe erreichte eine Jahresarbeitszahl von 2,2 für die Trinkwassererwärmung. Das Fraunhofer-Institut untersuchte in zwei Studien [5, 6] die Wärmepumpen in Alt- und Neubauten. Der Durchschnittswert von 75 Wärmepumpen für die Jahresarbeitszahl bei der

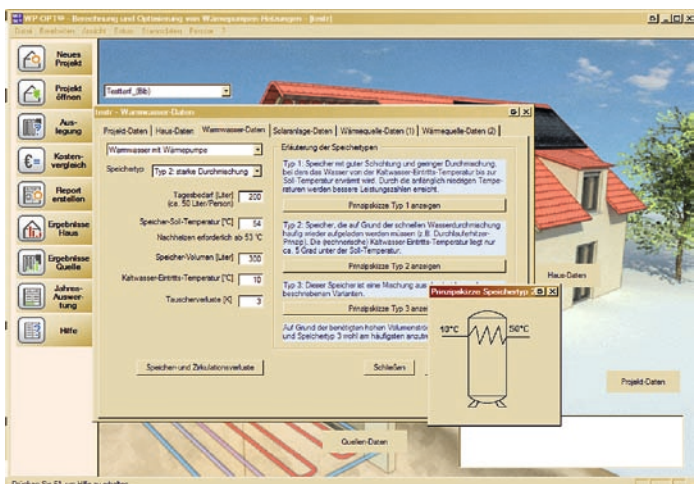
Trinkwassererwärmung in Bestandsgebäuden [6] lag bei 3,1 für erdgekoppelte Wärmepumpen und bei 2,4 mit der Wärmequelle Luft. Im Neubau [5] kann nur über andere angegebene Werte rückgerechnet werden: Bei einer Jahresarbeitszahl von 4,1 bei Sole/Wasser-Wärmepumpen für Heizzwecke und 3,72 (teilweise in der Literatur auch mit 3,7 oder 3,8 angegeben) für Trinkwassererwärmung und Heizung ergibt sich bei einem Anteil von 15 % für Warmwasser eine Jahresarbeitszahl der Trinkwassererwärmung von 2,44.

Pauschal wird häufig wie im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) davon ausgegangen, dass die Trinkwassererwärmung die Gesamtjahresarbeitszahl um ca. 0,2 verschlechtert. Es ist jedoch leicht nachvollziehbar, dass die Verschlechterung auch vom Anteil des Wärmebedarfs für die Trinkwassererwärmung am Gesamtwärmebedarf sowie den Heizungswassertemperaturen abhängig sein muss. Die Durchschnittswerte bei den betrachteten Messungen liegen insgesamt unter den Erwartungen aus der VDI 4650.

Die FAWA hat sich in ihrer Studie [2] mit dem Einfluss verschiedener Konzepte für die Trinkwassererwärmung beschäftigt. Hierfür wurde untersucht, bei welcher Temperatur die Wärmepumpe das Nachheizen beginnen muss. Diese Werte dürfen nicht als Fixpunkte interpretiert werden, sondern stellen – abhängig von der Geometrie des Speichers, etwa der Anordnung der Einströmöffnungen oder des Wärmeübertragers – nur einen Richtwert zur Veranschaulichung von Prinzip und Trend dar.

9 Berechnung der Jahresarbeitszahl für die Trinkwassererwärmung entsprechend eines verwendeten Speicherkonzepts mit WP-OPT.

8 zeigt, dass bei Speichern mit innenliegendem Wärmeübertrager der Ladevorgang mit der niedrigsten Heizwassertemperatur starten kann. Externe Wärmeübertrager benötigen eine höhere Starttemperatur. Mit Kombi 1 ist ein Doppelmantelspeicher gemeint, mit Kombi 2 ein Speicher mit einem von



10 Einfluss der Speichertemperatur

auf die simulierte Jahresarbeitszahl unterschiedlicher Speicher und der VDI-4650-Berechnung mit WP-OPT.

| Speicher- temperatur in °C | Simulationsergebnis: Jahresarbeitszahl für Speicher mit innenliegendem Wärmeübertrager ^{2a} | Simulationsergebnis: Jahresarbeitszahl für Speicher mit hoher Ladetemperatur ^{2b} | Jahresarbeitszahl nach VDI 4650 |
|----------------------------------|--|--|------------------------------------|
| 55 | 3,14 | 2,07 | 3,67 |
| 50 | 3,36 | 2,3 | 3,67 |
| 45 | 3,6 | 2,59 | 3,67 |
| 40 | 3,85 | 2,69 | 3,67 |

unten nach oben führenden Frischwasser-Wärmeübertrager im Durchlauferhitzerprinzip. Dieses System muss im höheren Temperaturbereich arbeiten.

Die Untersuchung bezieht sich auf das Nacherhitzen teilweise entladener Speicher. Unsinnig wäre es, hierfür vollständig entladene Speicher zu vermessen. Hierbei erhält man optimistische Jahresarbeitszahlen, die sich in der Praxis nicht einstellen können. Vollständig ausgekühlte Speicher können mit jedem System zunächst mit sehr geringen Temperaturen und damit sehr guten Leistungszahlen erwärmt und schrittweise in der Temperatur weiter angehoben werden.

Simulierte Jahresarbeitszahlen

Insgesamt ist bei den Messungen eine große Schwankungsbreite erkennbar. Für realistische Prognosen ist der Temperaturverlauf der Nachheizung zur Berechnung der Arbeitszahlen der Wärmepumpe wichtig. Bei den Simulationsrechnungen mit WP-OPT gibt es auch einen frei wählbaren Speichertyp, bei dem die Ladetemperaturen eingetragen werden können ⁹. Für verschiedene Konfigurationen wurden Simulationen durchgeführt, um zu prüfen, ob die Spanne der gemessenen Jahresarbeitszahlen wirklich realistisch ist oder vor allem aus dem Heizstabeinsatz resultiert.

Das Simulationsergebnis für die Jahresarbeitszahl betrug bei einem Pufferspeicher mit innenliegendem Wärmeübertrager und Trinkwassererwärmung im Durchlauferhitzerprinzip und elektrischer Nacherwärmung von 53 auf 60 °C 2,11. Wird ein Trinkwarmwasserspeicher mit innenliegendem Wärmeübertrager (unten) und Nachheizbedingungen entsprechend der FAWA-Studie verwendet, steigt die Jahresarbeitszahl auf 3,17.

Bei vollständiger Entladung des Speichers vor dem Nachladen würde die Jahresarbeitszahl für die Trinkwassererwärmung 3,8 betragen. Dieser Wert entspricht der nach VDI 4650 berechneten Jahresarbeitszahl und liegt im

Fall des betrachteten Altbaus mit 55 °C Vorlauf-temperatur über der Jahresarbeitszahl für die Raumheizung. Für die Förderung würde in diesem Fall also ein hoher Warmwasserverbrauch die nach VDI 4650 berechnete Jahresarbeitszahl verbessern.

Die tatsächliche Jahresarbeitszahl hängt stark von der Zieltemperatur ab ¹⁰. Eine hohe Speichertemperatur aufgrund der Ansprüche der Nutzer oder durch Hygienevorschriften verringert die Jahresarbeitszahl. Bei den Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass ein elektrischer Zuheizener nicht notwendig ist. In der Praxis verschlechtern häufig Heizstäbe das Ergebnis noch.

Fazit

Das Konzept für die Trinkwassererwärmung muss sich am konkreten Objekt und an den Nutzeranforderungen orientieren. Ein für die Thematik sensibilisierter Nutzer kann entscheidend zur Erhöhung der Energieeffizienz durch die Betriebsweise beitragen. Die Trinkwassererwärmung ist heute für fast alle Heizungssysteme eine Herausforderung. Bei Wärmepumpen ist sie nicht zwangsläufig eine Schwachstelle für ihre Energieeffizienz bzw. die tatsächliche Jahresarbeitszahl, mit dem richtigen Konzept und der richtigen Dimensionierung (auch der Komponenten) werden energetisch sinnvolle und wirtschaftliche Werte erreicht. Vor- und Nachteile typischer Konzepte zeigt ⁵.

Schwachstelle der Trinkwassererwärmung mit Wärmepumpen ist vor allem das Berechnungsverfahren in VDI 4650. Mit seinen Vereinfachungen ergeben sich in der Praxis kaum erreichbare Jahresarbeitszahlen und es weckt nicht erfüllbare Erwartungen bei den Nutzern. Schlimmer wiegt noch, dass nicht deutlich wird, welchen Einfluss das Konzept der Trinkwassererwärmung, der Anteil der Wärmemenge für die Trinkwassererwärmung und die repräsentative Vorlauf-temperatur für die Trinkwassererwärmung hat. Die mangelnde Transparenz verhindert zudem Innovationen, da sich ihr Vorteil schwerer vermarkten lässt.

STATEMENT

X
X
n



(())

Jochen Vorländer, Chefredakteur TGA Fachplaner

Literatur

- [1] VDI 4650 Berechnungen von Wärmepumpen – Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen – Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung. Berlin: Beuth Verlag, März 2010
- [2] Markus Erb, M.; Hubacher, P.; Ehrbar, M.: Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996 – 2003. Schlussbericht, April 2004
- [3] DIN V 4701-10 Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, August 2008. Geändert durch: DIN SPEC 4701-10/A1 Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Änderung A1, Oktober 2009. Berlin: Beuth Verlag
- [4] Auer, F.: Schlussbericht: Zweijähriger Feldtest Elektro-Wärmepumpen am Oberrhein: Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei. Agenda Lahr, Download: www.agenda-energie-lahr.de/WP_Jahresbericht2006-08.html
- [5] Miara, M.: Wärmepumpen-Feldtest – Mit Sorgfalt effizient. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA 10-2008. **WEBCODE 213413**,
- [6] Russ, C.: Monitoring – Wärmepumpen im Gebäudebestand. Bad Staffelstein: 3. Internationales Anwenderforum, 26. bis 27. März 2009