

Elektrische Durchlauferhitzer zur Warmwasserbereitung

A. Bischof, Hamburg

Die dezentrale elektrische Warmwasserbereitung bietet in vielen Fällen deutliche Vorteile gegenüber anderen Systemen. Elektronische Durchlauferhitzer sind dabei, wie dargestellt wird, die beste Wahl für den dezentralen Einsatz. Daher beschäftigt sich der Beitrag hauptsächlich mit dieser Technik, wobei auch auf die notwendigen wärmephysikalischen Berechnungsgrundlagen eingegangen wird.

1 Vorteile dezentraler elektrischer Warmwasserbereitung

Zunächst sei an die physikalischen Grundregeln erinnert:

- **1.** Energieumsetzung ist immer mit Verlusten verbunden (Wirkungsgrad).
- **2.** Ursächliche Energie können wir nicht produzieren, wir können sie nur in andere, für uns wichtige, Energieformen umwandeln.
- **3.** Mechanische, elektrische und die Wärmeenergie können gleichgesetzt werden: $1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Joule (J)}$

Wenn man sich die Erzeugung der elektrischen Energie anschaut, wird die Bedeutung dieser Grundgleichung erkennbar.

Unabhängig von der Tatsache, dass nicht immer alle Energiequellen zur Verfügung stehen, kann davon ausgegangen werden, dass die elektrische Versorgung sicher gestellt ist. Das ist eindeutig ein großer Vorteil. Die Verbrennung von Kohle, Holz oder Öl ist immer mit einem größeren Aufwand (Brennstelle, Lagerplatz bzw. Tank) verbunden. Es ist abzusehen, dass die Verbrennung fossiler Brennstoffe mit erheblichen Auflagen belastet wird und somit mit zusätzlichen Kosten.

Gas ist sicherlich eine echte Alternative, zumindest bei zentralen Anlagen. Aber auch hier sorgen die stetigen Preiserhöhungen für ein sich verschlechterndes Preis/Leistungsverhältnis. Gasthermen haben zudem, mit Ausnahme der Brennwertanlagen, einen schlechteren Wirkungsgrad gegenüber den elektrischen Geräten und sind wesentlich größer als ihre elektrische Konkurrenz. Sie benötigen darüber hinaus eine Abgasvorrichtung, die bei Brennwertanlagen besonderen Vorschriften unterliegt und zusätzliche Kosten verursacht. Dass Gas ein Explosionspotenzial hat, ist den meisten Leuten bekannt. Auch dies kann als Argument für eine elektrische Warmwasserbereitung eingebracht werden. Der Wirkungsgrad des Brenners ist, mit Ausnahme von Brennwertanlagen (wenn sie optimal laufen)

< 0,95. Übrigens werden Brennwertanlagen gerne mit einem Heizungswirkungsgrad von über 100 % angegeben. Umgerechnet auf den tatsächlichen Wirkungsgrad liegen diese jedoch bei max. 98 %.

Für dezentrale Anlagen ist die elektrisch betriebene Form der Warmwassererzeugung die beste Alternative. Der Wirkungsgrad dieser Geräte ist, vom Untertischspeicher bis zum Durchlauferhitzer, besser 0,95, lässt man einmal den Gesamtwirkungsgrad bezogen auf die Primärenergie aussen vor, der zumindest beim Einsatz von Dampfkraftwerken recht niedrig ist (ca. 25 %). Bezieht man den Strom aber z. B. aus Wasserkraft, ist der Gesamtwirkungsgrad deutlich besser. Der Wartungsaufwand liegt nahezu bei Null. Elektrische Geräte haben, bei richtiger Behandlung (Speicher), eine hohe Lebenserwartung. Das trifft insbesondere bei den elektronischen Durchlauferhitzern zu. Die anderen Brennstoffe sind nur für zentrale Anlagen einzusetzen. Diese sind meistens immer mit größeren Verlusten, hervorgerufen durch Warmwassertransport und schlechte Rohrisololation, verbunden. Zusammengefasst ist die elektrisch betriebene dezentrale Anlage vom Aufwand (Investitionskosten, Installation), Komfort, Wartung, Platzbedarf (Durchlauferhitzer) und Design eine sehr gute Lösung.

2 Warmwassergeräte: Speicher und Durchlauferhitzer

2.1 Speicher

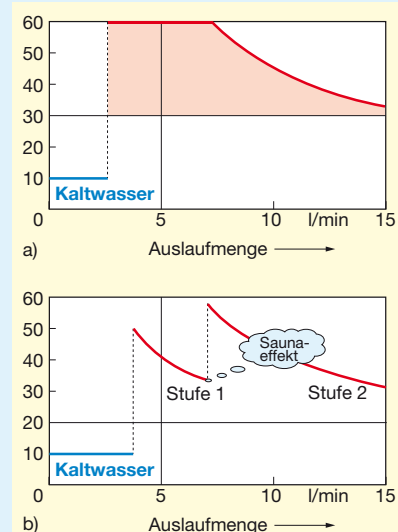
Speicher sind bei richtiger Dimensionierung die beste Lösung für eine zentrale Anlage. Dabei ist natürlich zu beachten, dass die Speicher druckfähig sind, es sich also um geschlossene Speicher handelt. Die einzigen Argumente gegen einen Speicher sind meistens Platzmangel oder Aussehen. Speicher haben, bei richtiger Auslegung, immer einen höheren Wasserdurchlauf an der Armatur als der Durchlauferhitzer. Sind die Speicher verbraucherorientiert montiert, ist die Verzögerung und damit der Wasserverlust, weil zuerst kaltes Wasser kommt, wesentlich geringer. Das macht sich im Jahresmittel durchaus bemerkbar.

Merke: Je länger der Versorgungsweg, desto

größer die Verluste in Form von Wasser und elektrischer Energie. Denn viele vergessen, dass das warme Wasser in der Zuleitung, welches sich nach dem Abstellen der Zufuhr noch in der Leitung befindet, vorher elektrisch erwärmt wurde. Das ist wie mit der letzten Tasse Kaffee, die nicht mehr getrunken wird, aber energetisch zu Buche schlägt. In diesem Sinne sind die verbrauchsnahe Untertischspeicher aus ökologischer Sicht die beste Lösung. Die Kehrseite der Medaille soll hier allerdings auch nicht verschwiegen werden, denn diese Speicher sind fast ausschließlich offene, also **nicht druckfähige Geräte**. Solche Geräte dürfen nur mit speziellen Armaturen betrieben werden. Die meisten handelsüblichen Armaturen mit ihrer Designvielfalt sind Druckarmaturen. Offene Speicher haben die Eigenschaft, während der Erwärmung Wasser über die offene Armatur herauszudrücken (Ausdehnung von Flüssigkeiten durch Erwärmung). Das führt in vielen Fällen zum Fehlverhalten des Verbrauchers, er versucht das Ventil zuzudrehen und belastet unnötigerweise die Dichtung. Mittlerweile sind jedoch bereits Geräte auf dem Markt, die von dieser Unart befreit sind.

2.2 Durchlauferhitzer

Die elektrischen Durchlauferhitzer haben eine bemerkenswerte Entwicklung durchgemacht. Sie sind schon wegen ihrer Größe eindeutig im Vorteil, außerdem handelt es sich, bis auf wenige Ausnahmen, um druckfähige Geräte. Die kleinen Durchlauferhitzer bis 3,5 kW (steckbar) und 6 kW (fest installiert) sind offene **nicht druckfähige** Geräte. Auch hier gilt bezüglich der Armatur das zu den Untertischspeichern Gesagte zu beachten. Man unterscheidet zwischen hydraulischen und elektronischen Durchlauferhitzern. Die



1 Auslauftemperatur in Funktion der Auslaufmenge pro Minute:

$$T = f(V_{l/min})$$

- a) elektronischer Durchlauferhitzer
- b) hydraulischer Durchlauferhitzer

Autor

Arno Bischof ist staatl. gepr. Techniker sowie Dozent am Bildungszentrum Elektrotechnik Hamburg.

„DDS-CAD begeistert nicht nur uns, sondern auch unsere Kunden.“

... DDS-CAD bietet uns alle Möglichkeiten, die ein modernes und innovatives Elektrotechnik-Unternehmen benötigt, um effektiv arbeiten zu können. Eine Investition, die sich lohnt.“



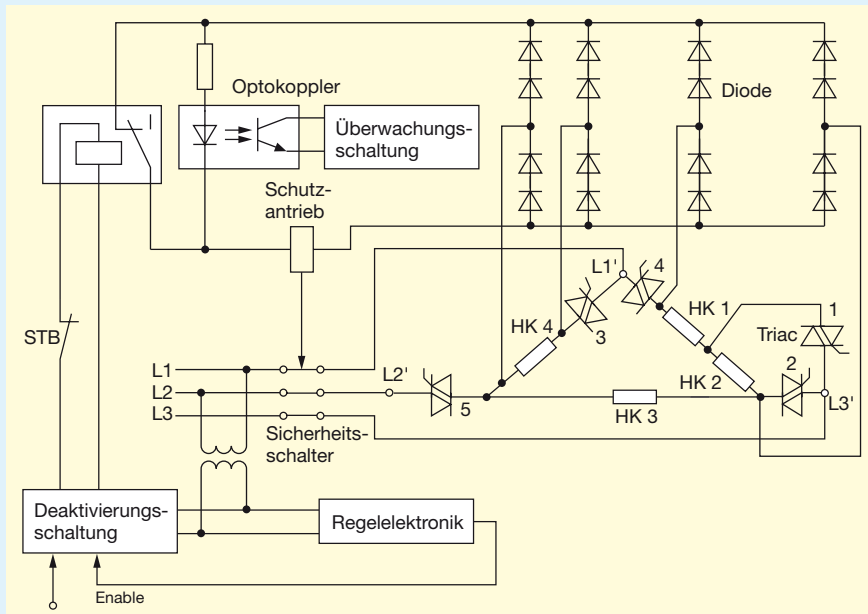
W. Dienstbach, Dienstbach Elektro-Technik, 35606 Solms-Burgsolms



Ihr intelligentes Werkzeug für:

- Planung
- Berechnung
- Simulation
- Dokumentation

Besuchen Sie uns auf der GET Nord Halle: A3, Stand: 460



② vereinfachter Aufbau der elektrischen Schaltung mit den elektronischen Komponenten

hydraulischen Durchlauferhitzer sollen hier nur am Rande kurz mit angesprochen werden, weil sie aus ökologischer Sicht nicht mehr vertretbar sind. Bild ① stellt das unterschiedliche Arbeitsverhalten der beiden Typen dar.

2.2.1 Hydraulischer Durchlauferhitzer

Die Hydraulik leitet sich aus der Tatsache ab, dass durch eine Venturi-Düse Druckdifferenzen aufgebaut und mit Hilfe eines Druckdifferenzschalters abgefragt werden. Das Ergebnis führt zu einem Schaltvorgang, der eine elektrische Leistungsanpassung zur Folge hat. Da es sich um eine klassische Zweipunktschaltung handelt, kann keine Regelung und damit kein Regelkreis aufgebaut werden. Das führt ganz zwangsläufig zu ungünstigen Energieabläufen (siehe Bild ① b). Unabhängig von dieser Tatsache kann durch Druckschwankungen in der Wasserleitung der sogenannte Saunaeffekt auftreten. Der Druckdifferenzschalter kann die Druckschwankungen gegen die Verbrauchereinstellung nicht kompensieren. Somit wird sich die Wasserauslauftemperatur (Ventileinstellung-Armatur) durch die Leistungsumschaltung (Druckdifferenz) zwangsläufig verstellen.

2.2.2 Elektronische Durchlauferhitzer

Bezogen auf die Temperaturstabilität in Verbindung mit der erforderlichen elektrischen Leistung bei gleichzeitiger Regelung der maximal möglichen Wasserdurchlaufmenge sind diese Geräte in der Spitzenausführung das Beste, was der Markt zu bieten hat. Bei Geräte-Wirkungsgraden über 0,98 kann auch nicht mehr von Energieverschwendung gesprochen werden. Die elektronischen Geräte werden als **elektronisch gesteuerte** oder **elektronisch geregelte** angeboten. Worin besteht der Unterschied? Eine kurze Beschreibung der Funktion klärt diese Frage.

Bei den **elektronisch gesteuerten** Geräten werden zwei Vorgänge kontrolliert und in den Funktionsablauf eingebunden:

- 1. Wasserzulauftemperatur
- 2. Wasserdurchlaufmenge.

Bei den **elektronisch geregelten** Geräten werden drei Vorgänge bzw. Größen erfasst:

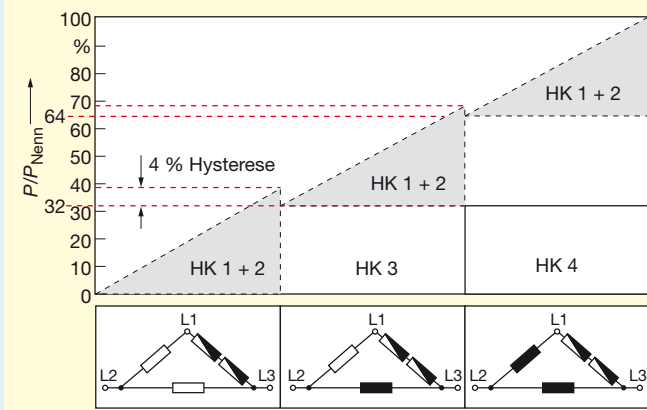
- 1. Wasserzulauftemperatur
- 2. Wasserdurchlaufmenge
- 3. Auslaftemperatur.

Damit dürfte klar sein, dass der elektronisch geregelte Durchlauferhitzer die besseren Voraussetzungen hat, eine **stabile Ausgangstemperatur** zu garantieren. Ein besonderer Vorzug des geregelten Systems ist die automatische **Anpassung der Wasserdurchlaufmenge** in Verbindung mit der eingestellten Temperatur. Die Zu- und Auslaftemperatur wird mit Hilfe von Temperatursensoren (NTC) erfasst. Die Durchlaufmenge (und damit die für die Berechnung erforderliche Masse) wird über eine kleine Messturbinen erfasst. Ein Rechner übernimmt die Daten und errechnet die erforderliche elektrische Leistung, die dann über Triacs eingestellt wird.

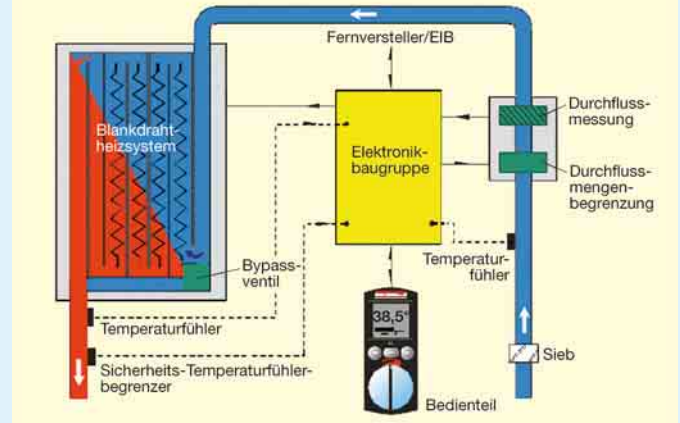
2.2.3 Technischer Aufbau

Im Bild ② ist ein vereinfachter Aufbau der elektrischen Schaltung mit den elektronischen Komponenten dargestellt. Die Heizwiderstände der Dreieckschaltung werden mit Hilfe der sogenannten gesteuerten Ventile (Triacs) in ihrem Leistungsvermögen beeinflusst. Daraus ergibt sich eine Leistungstreppe (Bild ③), mit der man die eingestellte Temperatur, unter Beachtung der Zulaftemperatur, am Geräteauslauf konstant halten kann. Die Gesamtübersicht (Bild ④) soll noch einmal verdeutlichen, wie komplex ein solches Gerät aufgebaut ist.

An dieser Stelle ist gut erkennbar, dass der Servicetechniker nur begrenzte Möglichkeiten hat, die Funktion zu kontrollieren, geschweige denn zu reparieren. Es können, wenn überhaupt, nur Module ausgewechselt werden. Die sogenannte Elektronik-Baugruppe beinhaltet den Rechner, dieser rechnet mit der einprogrammierten Grundformel die erforderliche elektrische Leistung aus, und die Steuereinheit für die Leistungsschalter (Triacs). Die Leistungsschalter sind in der Regel von der



③ eine Leistungstreppe sorgt für konstante Temperatur am Geräteauslauf



④ die Gesamtübersicht verdeutlicht den komplexen Aufbau des Gerätes
Quelle: Stiebel-Eltron/ep

Hauptplatine getrennt und können als Leistungsmodul ausgewechselt werden. Die Steuerung der elektronischen Leistungsschalter kann über das Prinzip der Schwingungspaketsteuerung und/oder Impulsmustersteuerung erfolgen, was hier aber nicht weiter ausgeführt wird. Informationszuträger für den Rechner und die Steuereinheit sind Temperatursensoren und der Durchflussmengenmesser (Turbine). Diese kleineren Module lassen sich leicht austauschen.

Zur Beachtung bei Installation und Wartung:

- Für die Installation ist im Allgemeinen die Genehmigung nach den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des zuständigen Verteilungsnetzbetreibers erforderlich.
- Vor der elektrischen Inbetriebnahme immer das System entlüften (Sicherungen entfernen)! Der Heizdraht glüht beim Trockenlauf sofort durch. Später sorgt eine Luftblasenerkennung für das Abschalten der Leistungsventile.
- Beim Anschließen an die Wasserzuführung immer darauf achten, dass das Feinsieb im Einlauf vorhanden ist. Ansonsten können die Wasserdurchführungen im Blankdrahtbereich verstopfen.

3 Berechnungsgrundlagen

Die wärmephysikalischen Berechnungsgrundlagen sind notwendig für eine bedarfsgerechte Auslegung der Installation. Die dabei wichtige Wärmemenge geht aus dem Produkt der Masse und der Temperaturdifferenz hervor. Die spezifische Eigenschaft des Stoffes (Wärmekapazität), als Faktor eingesetzt, führt im Ergebnis zur gesuchten Größe der vorhandenen Wärmeenergie:

$$Q = mc\Delta\vartheta$$

- m = Masse (kg)
- c = spez. Stoffwert (kJ/kgK)
- $\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz (Kelvin)

Für die **Berechnung der Auslauftemperatur** ist das die Basis. Da der Durchlauferhitzer eine bestimmte erwärmte Wassermenge pro Minute zur Verfügung stellen soll, muss natürlich in die endgültige Formel auch die **benötigte elektrische Leistung** mit einbezogen werden. Berücksichtigt man die Tatsache, dass **Wärmeenergie = Arbeit und Arbeit = Leistung mal Zeit ist**, lässt sich folgende Gleichung ableiten:

$$Pt = mc\Delta\vartheta \Rightarrow P = \frac{mc\Delta\vartheta}{t}$$

Jetzt kann die erforderliche elektrische Leistung des Gerätes errechnet werden.

Bei der Berechnung sind die **Einheiten** zu beachten. Da der Durchlauferhitzer seine Auslaufmenge in l/min umsetzt, muss man an die Umrechnung von Joule = Ws in Wmin denken und bei der Verbrauchsberechnung wiederum von Ws in Wh. Dieses Problem kann durch das Einsetzen von Faktoren gelöst werden. Hierzu führen die Hersteller in der Regel in ihren Katalogen bzw. Unterlagen bereits alle wichtigen Berechnungsgleichungen auf.

Die weiterführenden Berechnungen für die Mischung von erwärmtem und kaltem Wasser sind hauptsächlich für die Speicherberechnung interessant, denn der Durchlauferhitzer ist unabhängig von den Mischungsverhältnissen

Berechnungsgrundlagen für die Mischung von erwärmtem und kaltem Wasser

Es gilt:

abgeführte Energie = zugeführte Energie

$$m_2c_2\Delta\vartheta_2 = m_1c_1\Delta\vartheta_2 \Rightarrow m_2c_2(\vartheta_2 - \vartheta_m) = m_1c_1(\vartheta_m - \vartheta_1)$$

(Index₁: Kalt; Index₂: Warm; ϑ_m : Mischungstemperatur)

Daraus lässt sich durch umstellen die Mischungstemperatur ϑ_m isolieren:

$$\vartheta_m = \frac{m_2c_2\vartheta_2 + m_1c_1\vartheta_1}{m_1c_1 + m_2c_2}$$

Bei $c_1 = c_2$ kürzen sich diese Faktoren ganz heraus. Die Grundgleichung kann auch als Verhältnisgleichung geschrieben werden:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta\vartheta_2}{\Delta\vartheta_1} | c_1 = c_2 \Rightarrow \frac{m_1}{m_{ges} - m_1} = \frac{\Delta\vartheta_2}{\Delta\vartheta_1} = \frac{m_1}{m_{ges}} - 1$$

Jede Gleichung kann umgestellt werden. Gleichungen mit zwei und mehr Unbekannten sind etwas schwieriger umzustellen. Wir wollen hier den Fall mit zwei unbekanntenen Größen annehmen, weil dies der gängigen Praxis entspricht.

$$\vartheta_m = \frac{m_2c_2\vartheta_2 + m_1c_1\vartheta_1}{m_1c_1 + m_2c_2} \quad c_1 = c_2 \Rightarrow \vartheta_m = \frac{m_2\vartheta_2 + (m_{ges} - m_2)\vartheta_1}{m_{ges}} | m_1 + m_2 = m_{ges} \Rightarrow$$

$$m_2 = \frac{m_1\Delta\vartheta_1}{\Delta\vartheta_2} \quad \text{oder} \quad m_2 = \frac{m_{ges}(\vartheta_m - \vartheta_1)}{\vartheta_2 - \vartheta_1}$$

Damit kann die Warmwassermenge ohne Kenntnis der Kaltwassermenge errechnet werden. Die Gleichung kann natürlich auch nach m_1 umgestellt werden.

sen. Bei den elektronischen Durchlauferhitzern benötigt man eigentlich keine Mischarmatur, denn die gewünschte Temperatur wird eingestellt und in den meisten Fällen auch erreicht, wie ein **Beispiel zur Bestimmung der Warmwasserleistung** verdeutlicht:

Es sollen 6 l/min warmes Wasser mit einer Temperatur von 35 °C zum Duschen zur Verfügung stehen. Die Kaltwassertemperatur beträgt 8,2 °C. Der Durchlauferhitzer 18 kW wird auf eine Temperatur von 35 °C eingestellt.

$$m = \frac{Pt}{c\Delta\vartheta} = \frac{18 \text{ kW (60s/min)}}{4,19 \text{ kJ/kgK (35 °C - 8,2 °C)}} = 9,62 \text{ kg/min}$$

Das Gerät kann also den Sollwert problemlos erreichen. Für die schnelle Überschlagsrechnung zur Bestimmung der Warmwasserleistung (Liter pro Minute) in der Praxis empfehlen sich für eine angenommene Kaltwassertemperatur von 10 °C folgende Faustregeln:

- Bei einer gewünschten Warmwassertemperatur von 38 °C: Anschlussleistung : 2
- Bei einer gewünschten Warmwassertemperatur von 53 °C: Anschlussleistung : 3

4 Kombinationsmöglichkeiten

Der elektronische Durchlauferhitzer kann, wenn der Hersteller dies zulässt, auch im Warmwasserbereich (bis maximal 60 °C Zulauftemperatur) eingesetzt werden. Dies kann interessant für die Warmwasserbereitung mit Solarkollektoren sowie Wärmepumpen sein. Entscheidend dabei ist, dass immer ein Sicherheitsventil eingebaut wird, damit der Durchlauferhitzer nicht mit Tempe-

raturen >60 °C belastet wird. Der Energieeinsatz des Durchlauferhitzers, und damit die Betriebskosten, sind bei dieser Kombination sehr gering, wie ein **Beispiel** zeigt:

Durch ungünstige Außenbedingungen wird das Brauchwasser im Winter nicht wärmer als 34 °C. Es wird aber Wasser mit einer Temperatur und Menge von a) 38 °C (120 l) und b) 60 °C (35 l) benötigt. Welche Kosten entstehen für den Verbraucher, wenn der Strompreis mit 25 cent/kWh (incl. Nebenkosten) gerechnet wird?

$$Q_{a)} = W_{a)} = mc\Delta\vartheta = 120 \text{ kg} \times 1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kgK}} \times (38 \text{ °C} - 34 \text{ °C}) = 0,558 \text{ kWh}$$

$$Q_{b)} = W_{b)} = mc\Delta\vartheta = 35 \text{ kg} \times 1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kgK}} \times (60 \text{ °C} - 34 \text{ °C}) = 1,058 \text{ kWh}$$

$$\sum_{a,b)} = 1,62 \text{ kWh} \Rightarrow \text{Kosten} = \sum_{a,b)} \times \text{Strompreis} = 1,62 \text{ kWh} \times 0,25 \text{ €/kWh} = \mathbf{0,41 \text{ €}}$$

Ohne die Solarthermieanlage benötigt man bei einer angenommenen Zulauftemperatur von 10 °C 5,95 kWh Strom, was in unserem Beispiel **1,49 €** kostet. Daran wird ersichtlich, welche Einsparungen durch die mögliche Kombination eines elektronischen Durchlauferhitzers mit einer Solarthermieanlage möglich sind.

Eine Wärmepumpe sollte ebenfalls nicht mit hohen Temperaturen gefahren werden. Wenn wir von Vorlauftemperaturen für den Heizungskreislauf in der Größenordnung 40 °C ausgehen, kann diese Temperatur über Wärmetauscher auf den Brauchwasserbereich übertragen werden. Der Durchlauferhitzer kann nun, wie im vorigen Beispiel, jede gewünschte Temperatur bis 60 °C umsetzen. Durch

Mischung kann jederzeit die Temperatur <40 °C erreicht werden. Dieses Beispiel kann natürlich nur stellvertretend für andere Temperatureinstellungen an der Wärmepumpe gesehen werden.

5 Fazit

Insbesondere für dezentrale Systeme ist die elektrische Warmwasserbereitung eine sehr gute und komfortable Lösung, die man dem Kunden uneingeschränkt empfehlen kann. Neue Modelle bieten neben verbesserter Effizienz zudem Fernbedienungsmöglichkeiten und mitunter sogar Busfähigkeit. Durch die Kombinationsmöglichkeiten mit regenerativen Energien, hier speziell der Solarthermie und den Wärmepumpen, ergibt sich ein weiterer positiver Aspekt dieser Technik. Auch in dieser Hinsicht verstärkt sich der Kundenwunsch nach gebäudetechnischen Lösungen aus einer Hand.

Das nötige Fachwissen vermitteln z. B. die Bildungszentren der Fachverbände und Handwerkskammern. Immerhin gibt es die Möglichkeit einer Eintragung in die Handwerksrolle für das Gewerk des Installateurs und Heizungsbauers nach § 7a der Handwerksordnung, natürlich nach erfolgreichem Abschluss eines Lehrgangs für Sanitär- und Heizungstechnik für Elektrotechniker-Meister. ■

Nicht verpassen: Jeder 30ste gewinnt eine **HelaCon Plus Variobox100!**

Aktion gültig vom 03.11. bis zum 28.11.08

Kabel lieben HelaCon.

Die innovative Steckklemme wurde speziell für die professionelle Kabelverarbeitung in der Haus- und Gebäudeinstallation entwickelt. Die **Doppelfeder** von HelaCon Plus ermöglicht Ihnen leichtes Stecken und gibt Ihren Kabeln sicheren Halt.

In unserer HelaCon Plus Variobox100 finden Sie insgesamt **100** Steckklemmen in 6 verschiedenen Variationen. Damit sind Sie – ganz variabel – für jede Montagesituation gerüstet. So, jetzt aber schnell: Spielen Sie mit und gewinnen Sie eine HelaCon Plus Variobox100!

Jetzt mitspielen: Versuchen Sie Ihr Glück unter www.HelaCon.de

www.HellermannTyton.de/HelaCon

HellermannTyton