

Elektrische Warmwasserbereitung im Haushalt (1)

Was spricht dafür und was ist dabei zu beachten?

W. Baade, Bad Zwischenahn

Immer wieder kommt es auch in Fachkreisen zu Diskussionen darüber, ob die Warmwasserbereitung mit elektrischer Energie noch als zeitgemäß angesehen werden kann, oder ob dieses besser in zentralen Systemen mittels anderer Energieträger (wie Gas oder Öl) erfolgen sollte. Der nachfolgende Beitrag soll zu dieser Diskussion beitragen, nochmals die Vorteile der elektrischen Systeme aufzeigen und wesentliche Planungs- und Installationshinweise nennen.

1 Auswirkung der EnEV auf die elektrische Warmwasserbereitung

Durch die im Februar 2002 in Kraft getretene Energieeinsparverordnung (EnEV) gilt als Maßstab für die Berechnung des Energiebedarfs eines Gebäudes nicht mehr die verbrauchte Nutzenergie, sondern der Jahresprimärenergiebedarf. Wegen der ungünstigen Wirkungsgrade bei der Stromerzeugung in den Kraftwerken wurde der Primärenergiefaktor mit 3 für den elektrischen Strom festgelegt (zum Vergleich Gas = 1), d. h. bei einem Energieverbrauch von 1 kWh zur Warmwasserbereitung wird ein Primärenergiebedarf von 3 kWh für die Stromerzeugung zu Grunde gelegt.

Während es lange Zeit so aussah, als liefe dieses wegen der daraus folgenden mangelnden Wirtschaftlichkeit quasi auf ein Verbot der elektrischen Warmwasserbereitung hinaus, folgte der Bundesrat in seiner abschließenden Beratung weitgehend den Argumenten des Zentralverbandes der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) sowie der Elektroindustrie und Stromwirtschaft. Darin wurde bezüglich der Berechnung des Jahresenergiebedarfs in Wohngebäuden mit überwiegender Warmwasserbereitung mit elektrischem Strom ein Zuschlag von 8 kWh/m²a festgelegt, d. h. in solchen Gebäuden darf der Jahresenergiebedarf um 8 kWh pro m² höher liegen als in Gebäuden mit einer Warmwasserbereitung mittels anderer Energieträger.

Für zukünftige Bauherren bleibt damit die Möglichkeit erhalten, sich im Bereich der Warmwasserbereitung für innovative elek-

trische Systeme zu entscheiden. Dazu beitragen werden sicherlich auch die wieder ansteigenden Gas- und Ölpreise und das zunehmende Konfliktpotenzial auf den internationalen Energiemärkten.

Mit dezentralen Versorgungsanlagen, wie Kleinspeichern und elektronisch geregelten Durchlauferhitzern, aber auch mit zentralen Anlagen, die mit Niedertarifstrom, in Kombination mit solaren Warmwasserbereitungen, Warmwasser-Wärmepumpen oder ähnlichem betrieben werden, kann so ein Beitrag zur Einsparung von Energie und zum Schutz der Umwelt geleistet werden. Hierbei wirkt sich besonders der günstige Jahreswirkungsgrad der elektrischen Systeme bei der Umsetzung der zugeführten Nutzenergie aus, mit dem der „schlechtere“

Primärenergiefaktor zum großen Teil ausgeglichen werden kann.

2 Planung

Bei der Planung einer elektrischen Warmwasserversorgung sind zunächst folgende Fragen zu klären:

- Wo wird warmes Wasser benötigt?
- Welche Temperaturen sind notwendig?
- Welche Menge muss in welchem Zeitraum zur Verfügung stehen?
- Wo kann das Warmwassergerät montiert werden?
- Welche Anschlussleistung steht zur Verfügung?

Nach diesen Anforderungen werden der Warmwasserbedarf ermittelt, das Versorgungssystem festgelegt und das bzw. die Gerät(e) aus dem umfangreichen Angebot an Bauarten, Bauformen und Größen der Hersteller ausgewählt. Wie wichtig diese Punkte sind, lässt sich daran ermesen, dass jeder Bundesbürger allein für die Körperhygiene jede Woche im Durchschnitt rund 1000 l warmes Wasser verbraucht und erwartet, dass es an allen gewünschten Stellen zu jeder Zeit in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht.

2.1 Warmwasser- und Energiebedarf im Haushalt

Der Warmwasserbedarf im privaten Haushalt ist von der Zusammensetzung des Nutzerkreises (Erwachsene, Kinder), den Lebensgewohnheiten, dem Hygienebedürfnis

Tafel 1 Richtwerte für den Warmwasserbedarf im Haushalt

Messmethode		Warmwasserbedarf in Liter pro Tag und Person mit rund 60 °C		Spezifische Nutzwärme in kWh pro Tag und Person
		mit rund 45 °C		
nach VDEW		20	30	1,2
nach VDI 2067 Blatt 4	Bedarfsklasse			
	Niedriger Bedarf	10 bis 20	15 bis 30	0,6 bis 1,2
	Mittlerer Bedarf	20 bis 40	30 bis 60	1,2 bis 2,4
	Hoher Bedarf	40 bis 80	60 bis 120	2,4 bis 4,8

Tafel 2 Richtwerte für den Warmwasserbedarf und notwendige Temperaturen an wichtigen Entnahmestellen

Entnahmestelle je Nutzung	Benötigte Wassermenge und -temperatur		Benötigte Warmwassermenge mit etwa 60 °C in Liter
	in Liter	in °C	
Handwaschbecken	2 bis 5	37	1 bis 3
Waschtisch	10 bis 15	37	5 bis 8
Spüle	10 bis 20	50	8 bis 16
Dusche	30 bis 50	37	16 bis 27
Badewanne	150 bis 180	40	90 bis 108

Autor

Werner Baade ist Fachlehrer am Bundes-technologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik in Oldenburg.

und der sanitären Ausstattung abhängig (Tafel 1). Ein erhöhter Bedarf tritt häufig in den Abend- und Morgenstunden sowie an den Wochenenden auf, wenn mehrere Familienmitglieder innerhalb einer kurzen Zeitspanne baden oder duschen (Tafel 2). Bei der Auswahl von Gerätegröße und Anschlussleistung ist die Mischwassermenge, die sich durch das Mischen von Kalt- und Warmwasser ergibt, von besonderer Bedeutung. Sie kann in der Praxis mit ausreichender Genauigkeit durch folgende Faustformeln ermittelt werden:

- 1 l Warmwasser mit einer Temperatur von 85 °C und 2 l Kaltwasser mit 12 °C ergeben rund 3 l Mischwasser mit 37 °C zur Körperpflege oder
- 1 l Warmwasser mit 85 °C und 1 l Kaltwasser mit 12 °C ergeben etwa 2 l Mischwasser mit 50 °C zum Geschirrspülen oder
- 1 l Warmwasser mit 60 °C und 1 l Kaltwasser mit 12 °C ergeben rund 2 l Mischwasser mit 37 °C zur Körperpflege.

Beispiel. So kann z. B. aus einem Speicher mit 80 l Inhalt, der auf eine Temperatur von 60 °C eingestellt ist, unter Zumischung von 80 l Kaltwasser mit rund 160 l die doppelte Mischwassermenge mit einer Temperatur von 37 °C zur Körperpflege entnommen werden.

In ähnlicher Weise ist es möglich, überschlägig den Energieverbrauch und die Kosten für das Erwärmen des Wassers zu ermitteln. Mit einer Energie von 1 kWh können bei einer Ausgangstemperatur von rund 12 °C etwa erwärmt werden:

- 10 Liter Wasser auf 85 °C oder
- 20 Liter Wasser auf 50 °C oder
- 30 Liter Wasser auf 37 °C.

Beispiel. Ein Kunde erkundigt sich nach den Kosten für die Erwärmung des Wassers für ein Duschbad. Der Arbeitspreis liegt nach seinen Angaben einschließlich aller Nebenkosten bei $k = 0,14 \text{ €/kWh}$.

Nach Tafel 2 werden für ein Duschbad im Mittel 40 l Warmwasser mit 37 °C benötigt. Nach den vorstehenden Faustformeln können der Energieverbrauch und die anfallenden Kosten wie folgt bestimmt werden:

$$W = \frac{V_{\text{Duschbad}}}{V_{37^\circ\text{C/kWh}}} = \frac{40 \text{ l}}{30 \text{ l/kWh}} = 1,33 \text{ kWh}$$

$$K = W \cdot k = 1,33 \text{ kWh} \cdot 0,14 \text{ Euro/kWh}$$

$$K = 0,19 \text{ Euro}$$

2.2 Dezentrale Versorgungssysteme

Bei dieser Versorgungsart werden die Entnahmestellen einzeln oder in Gruppen von mehreren Warmwassergeräten versorgt (Bild 1). Die Größe und Art der Geräte kann genau auf den jeweiligen Bedarf an den Zapfstellen abgestimmt werden.

Der wesentliche Vorteil ist jedoch in der „Verbrauchsnähe“ zu sehen, d. h. die Geräte werden in der Nähe der jeweiligen Entnahmestellen installiert. Die „kurzen“ Warmwasserleitungen, führen zu Einsparungen bei der Installation und zu geringen Wärmeverlusten. Beim Öffnen eines Warmwasserventils steht auch ohne aufwändige Zirkulationsleitungen praktisch

sofort warmes Wasser an der Entnahmestelle zur Verfügung. Nicht benötigte Einzelgeräte können problemlos abgeschaltet werden und so zur weiteren Energieeinsparung beitragen.

2.3 Zentrale Versorgungssysteme

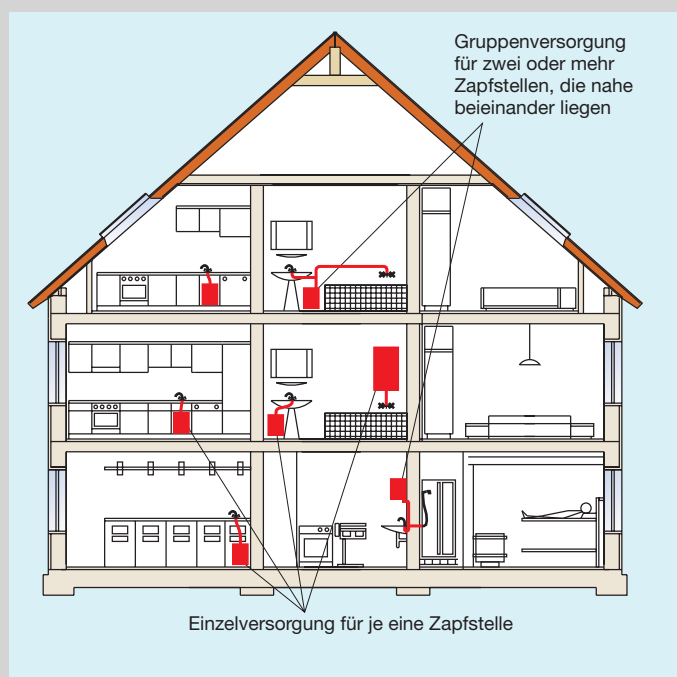
Bei zentralen Warmwasserversorgungen werden alle Entnahmestellen von einem Warmwassergerät versorgt (Bild 2). Diese Versorgungsart sollte möglichst nur bei relativ kurzen Versorgungswegen mit geringen Wärmeverlusten gewählt werden, wo auch ohne Zirkulationsleitungen eine komfortable Warmwasserversorgung möglich ist und das warme Wasser beim Öffnen einer Zapfstelle schnell zur Verfügung steht.

Weiter ist die Zentralversorgung immer dann empfehlenswert, wenn zur Wasserverwärmung kostengünstige Energie eingesetzt werden kann, wie durch:

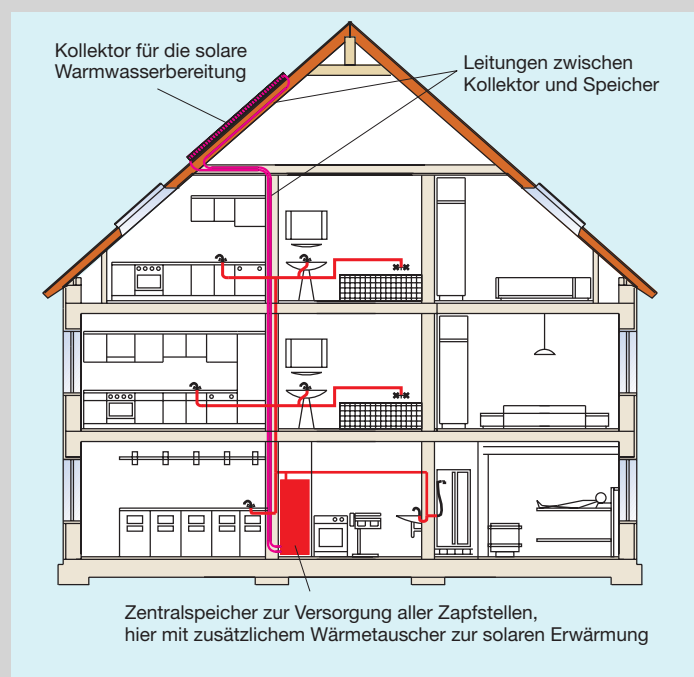
- Nutzung von Schwachlasttarifen,
- Warmwasser-Wärmepumpen,
- zusätzlicher Nutzung solarer Energie,
- Wärmerückgewinnung aus kontrollierter Wohnraumlüftung oder Ähnlichem.

2.4 Bereitschaftsstromverbrauch

Der Bereitschaftsstromverbrauch gibt den Energiebedarf in kWh an, der zur Deckung der Wärmeverluste über den Außenmantel eines Warmwassergerätes bei einer Speichertemperatur von 65 °C, einer Umgebungstemperatur von 20 °C und einer Standzeit von 24 h ohne Wasserentnahme notwendig ist.



1 Dezentrale Warmwasserversorgung durch Einzel- und Gruppenversorgung

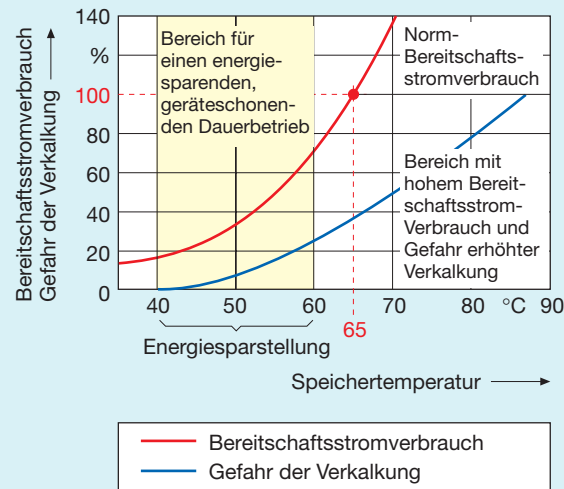


2 Zentrale Warmwasserversorgung

Quelle: Stiebel Eltron

Der Wert kann den technischen Daten der Geräte entnommen werden und ist ein Qualitätsmerkmal für die Wärmedämmung von Warmwasserbereitern. Für einen 80 l Warmwasserspeicher wird der Bereitschaftsenergiebedarf beispielsweise mit 0,6 kWh/24 h angegeben. Das entspricht einem Jahresbedarf von etwa 220 kWh.

Während des Betriebs ist die Wassertemperatur, wie im Bild 3 gezeigt wird, möglichst gering zu halten, um den Bereitschaftsstromverbrauch zu senken. Viele Geräte besitzen dazu am Temperaturregler eine Energiesparstellung „e“ mit einer Temperatur zwischen 40 °C und 60 °C. Ein weiterer Grund, möglichst niedrige Betriebstemperaturen einzustellen, ist die bei Wasser mit hohen Härtegraden stark zunehmende Verkalkung der Geräte bei Betriebstemperaturen von mehr als 60 °C.



3 Verlauf des Bereitschaftsstromverbrauchs und der Verkalkungsgefahr in Abhängigkeit von der Temperatur bei einem Warmwasserspeicher

3 Wasserinstallationen

Für die Installation von Trinkwasseranlagen sind unter anderem die Trinkwasserverordnung, die „Technischen Regeln für Trinkwasser-Installationen“ aus der Normenreihe DIN 1988 und der Norm DIN EN 806-1 sowie die Anschlussbedingungen des örtlichen Wasserversorgers zu beachten.

Alle Teile von Trinkwasseranlagen müssen für einen zulässigen Betriebsdruck von mindestens 10 bar ausgelegt sein. Nur bei geschlossenen Wassererwärmern ist eine Reduzierung des Nenndrucks auf 6 bar zulässig, wenn diesen Geräten ein Druckminderer vorgeschaltet wird oder der statische Netzdruck am Einbauort anderweitig auf maximal 4,8 bar begrenzt ist. Zu beachten ist zudem, dass der Betriebsdruck in der Kaltwasserleitung mindestens 20 % unterhalb des Ansprechdrucks des

Sicherheitsventils liegen muss, welches bei allen geschlossenen Geräten mit einem Nennvolumen von > 3 l zwingend erforderlich ist.

Der Anschluss und die Inbetriebnahme von Warmwassergeräten ist im Allgemeinen in folgender Reihenfolge vorzunehmen:

- Kaltwasserleitung gründlich durchspülen, um eventuell vorhandene Schmutzstoffe zu entfernen.
- Wasserseitigen Anschluss des Gerätes herstellen.
- Gerät durch Öffnen des Warmwasserventils füllen und einige Minuten durchspülen, bis keine Luftblasen mehr austreten.
- Alle Verbindungsstellen sorgfältig auf eventuelle Leckagen kontrollieren.
- Elektrischen Anschluss herstellen und eventuell im Gerät vorhandene Sicherungselemente gegen unbeabsichtigtes Einschalten entfernen.

Spannung einschalten, Gerät in Betrieb nehmen und einwandfreie Funktion des Warmwassergerätes und des Zubehörs prüfen.

- Benutzer in die Handhabung und Funktion des Gerätes einweisen.

3.1 Mögliche Behälterwerkstoffe und Schutzelektroden

Da die Qualität des Wassers am Montageort (korrosionshemmend oder korrosionsfördernd) in den meisten Fällen nicht genau bekannt ist, werden die Behälter von Elektro-Warmwassergeräten grundsätzlich aus korrosionsbeständigen Materialien hergestellt oder entsprechend beschichtet.

Während für drucklose, offene Geräte in der Regel preiswerte Behälter aus dünnwandigem Kupfer oder Kunststoff (Polypropylen) eingesetzt werden, bestehen die druckfesten Behälter geschlossener Geräte aus dickwandigem Kupfer oder innen-emailliertem Stahl.

Bei Stahlbehältern mit Innenemaillierung können Fehlstellen in der Emaillierung auftreten, die rasch zu Korrosion führen würden. Sie werden deshalb mit Schutzelektroden versehen, meistens aus Magnesium, die mit der Behälterwandung ein elektrochemisches Element bilden. Durch den Strom, der von der Schutzelektrode über das leitfähige Wasser zu den Fehlstellen an der emaillierten Behälterwand fließt, wird die gegenüber dem Stahl unedlere Magnesiumelektrode im Laufe der Zeit zersetzt, gleichzeitig aber der Stahlbehälter gegen Korrosion geschützt (Bild 4). Damit der Strom auf die Fehlstellen in der Emaillierung der Behälterwand konzentriert wird, müssen alle anderen leitfähigen

Warmwasseranlagen

Maßnahmen zur Energieeinsparung

Zur Schonung der Umwelt und der Haushaltskasse des Nutzers sollten unnötige Verluste, beispielsweise durch Wahl des optimalen Versorgungssystems, von vornherein vermieden bzw. minimiert werden. Die Geräte sollten grundsätzlich verbrauchsnahe, d. h. in der Nähe von solchen Entnahmestellen montiert werden, an denen häufig geringe Warmwassermengen entnommen werden, wie beispielsweise am Handwaschbecken.

Zudem sollte der Nutzer auf folgende, leicht umsetzbare Energiespartipps hingewiesen werden:

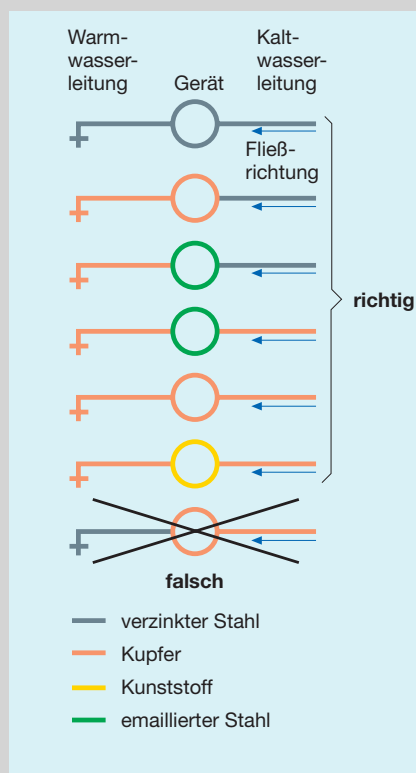
1. Bei Warmwasserspeichern ist eine möglichst niedrige Temperatur einzustellen. Eine um 5 °C reduzierte Temperatur führt zu einer Energieeinsparung von bis zu 10 % (Bild 3).
2. Temperaturen von > 55 °C führen bei Wasser mit höherem Härtegrad besonders an den Heizkörpern von Speichern zu einem verstärkten Kalkausfall. Neben einer Schädigung der Geräte und Verkürzung der Lebensdauer führen die Kalkablagerungen durch ihre wärmeisolierende Wirkung zu einem erhöhten Energiebedarf.
3. Händewaschen, Geschirrspülen, Zähneputzen usw. nicht bei fließendem Wasser ausführen. Duschen statt Baden kann den Warmwasserbedarf um rund 75 % reduzieren. Tropfende Wasserhähne sollten umgehend repariert werden.

Tafel 3 Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen (Auszug aus Tabelle 1, Anhang 5 der Energiesparverordnung (EnEV))

Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht mit einer Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/(m · K)
Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser



4 Magnesiumschanoden für emaillierte Stahlbehälter
links: nach längerer Betriebszeit
rechts: ungebrauchte Schutzanode



5 Richtige und falsche Rohrinstallationen unter Berücksichtigung der Werkstoffe

higen Teile wie Heizkörper, Rohre für Temperaturfühler und Ähnliches isoliert gegenüber dem Behälter eingebaut sein. Dieses ist insbesondere bei der Ausführung von Reparaturen an solchen Geräten zu beachten.

Der Zustand der Schutzelektrode sollte erstmalig etwa 2 Jahre nach der Inbetriebnahme des Gerätes kontrolliert werden. Nach ihrem Abnutzungsgrad, der unter anderem von der Güte der Emaillierung und der Wasserbeschaffenheit abhängt, können die weiteren Wartungsintervalle festgelegt werden. Im Normalfall kann mit einer Lebensdauer von mehr als 10 Jahren gerechnet werden.

Vermehrt werden Signalelektroden eingebaut, die durch die Verfärbung einer Indikatorchemikalie an einem außenliegenden Anzeigeelement auf eine bald notwendige Auswechslung der Schutzelektrode hinweisen. Damit ist eine einfache Kontrolle mög-

lich, ohne dass dazu der Behälter entleert und die Schutzanode ausgebaut werden muss.

Bei größeren Geräten werden zunehmend Fremdstrom-Schutzelektroden eingebaut, bei denen der Schutzstrom von einer externen Gleichspannungsquelle geliefert wird. Solche Elektroden unterliegen keinerlei Abnutzung und brauchen demzufolge nicht gewartet und ausgewechselt werden.

3.2 Auswahl der Werkstoffe/Rohrleitungen für Trinkwasserinstallation

Für die Leitungen für Trink- und Brauchwasser werden überwiegend feuerverzinkter Stahl, Kupfer und/oder zunehmend auch Kunststoffe verwendet. Damit es nicht zu elektrochemischer Korrosion und Lochfraß kommt, müssen die gewählten Werkstoffe aufeinander abgestimmt sein (Bild 5).

Allgemein kann gesagt werden, dass bei Verwendung von verschiedenen Werkstoff-

fen deren Anordnung in Fließrichtung des Wassers immer vom unedleren zum edleren Material erfolgen muss.

Rohrleitungen aus feuerverzinktem Stahl dürfen deshalb niemals nach edleren Kupferrohren oder nach Warmwassergeräten mit Kupferbehältern installiert werden.

Beim Austausch von in Altanlagen eventuell noch vorhandenen Warmwassergeräten mit verzinkten Stahlbehältern gegen solche mit Kupferbehältern ist deshalb auch eine Kontrolle der abgehenden Rohrleitungen notwendig. Warmwassergeräte mit emaillierten Stahl- oder Kunststoffbehältern können problemlos mit allen Rohrmaterialien kombiniert werden. Direkte Verbindungen zwischen verzinkten Stahlrohren und Kupferrohren sind nur unter Verwendung entsprechender Verbindungsstücke aus Messing oder Rotguss zulässig.

Als Durchmesser für die Rohrleitungen zu den Entnahmestellen können in dezentralen Systemen sowie für Einzelzuleitungen in zentralen Systemen 12 bis 15 mm (DN 12 bis DN 15) als ausreichend angesehen werden. Für andere Leitungen sind die Rohrdurchmesser unter Berücksichtigung des Druckverlustes und der Fließmengen nach DIN 1988 Teil 3 bzw. Beiblatt 1 zu DIN 1988 Teil 3 zu ermitteln.

3.3 Anforderungen aus der Energiesparverordnung

Beim Einbau von Warmwasserleitungen in Gebäuden muss deren Wärmeabgabe nach den Angaben in Tafel 3 möglicherweise durch zusätzliche Wärmedämmungen begrenzt werden.

Soweit sich die Warmwasserleitungen in beheizten Räumen oder in Bauteilen zwischen beheizten Räumen befinden, werden keine Anforderungen an die Mindestdicke der Dämmschicht gestellt, wenn der Innendurchmesser ≤ 22 mm und die Leitungen weder in einen Zirkulationskreislauf einbezogen noch mit einer elektrischen Rohrbeheizung versehen sind. Deshalb werden Wärmedämmungen in der Regel nur für zentrale Versorgungsanlagen erforderlich sein.

Ähnliches gilt für Zirkulationspumpen, die mit selbsttätigen, zeit- oder temperaturabhängigen Einrichtungen zu deren Ein- und Ausschaltung versehen sein müssen ■

Heft 11/02



ELEKTRO
PRAKTIKER

Installationshinweise für Geräte zur Warmwasserbereitung