

Energieeffiziente und hygienische Warmwasserbereitung

1. Zusammenfassung

Warmwasserversorgungssysteme in öffentlichen Gebäuden weisen hohe Energieverbräuche und –kosten auf, denen entsprechend hohe Einsparpotentiale gegenüberstehen. Zu Zeiten günstiger Energiepreise wurden oftmals sehr großzügige Warmwasserversorgungssysteme geplant. Diese erweisen sich bei Auswertung des wirklichen Verbrauchs oft als weit überdimensioniert, teilweise sogar als überflüssig. So muss zunächst die Grundsatzfrage gestellt werden, ob für die vorliegende Gebäudenutzung überhaupt erwärmtes Trinkwasser zur Verfügung gestellt werden muss (z.B. in Verwaltungsgebäuden). Im nächsten Schritt sollten die Warmwasseranlagen auf den tatsächlichen Verbrauch im Verhältnis zur vorgehaltenen Wassermenge hin überprüft werden. Gerade in Schulsporthallen erweisen sich vorhandene Anlagen häufig als weit überdimensioniert, da sie auf einen nur sehr selten vorkommenden Spitzenbedarf ausgelegt wurden.

In bestehenden Warmwasserversorgungssystemen stellen die Ziele der Energieeinsparung und die Anforderungen der Hygiene häufig Widersprüche dar. Zu empfehlen ist eine regelmäßige mikrobiologische Untersuchung des Warmwassers. Solange Legionellenfreiheit gewährleistet ist, können durch abgesenkte Temperaturen und verkürzte Betriebszeiten Energieeinsparungen erzielt werden.

Bei der Sanierung und Neuplanung von Anlagen gibt es sehr gute Konzepte, mit denen gleichzeitig hygienische Verbesserungen und Energieeffizienzsteigerungen erzielt werden können. Grundsätzlich ist

es für sowohl für Hygiene als auch für die Ressourcenschonung sinnvoll, Warmwasserversorgungen möglichst klein zu dimensionieren. Die Auslegung sollte auf die normale, regelmäßige Nutzung erfolgen und keinesfalls auf den Spitzenbedarf bei vereinzelt Großveranstaltungen.

Oft sind dezentrale Systeme zur Warmwasserbereitung einerseits hygienisch unproblematischer und andererseits energieeffizienter als ausgedehnte zentrale Warmwasserversorgungssysteme. Nach Möglichkeit sollte Heizungswasser gespeichert werden und nicht warmes Trinkwasser.

Die heutigen Regelwerke setzen zu einseitig auf die Festlegung hoher Betriebstemperaturen und thermische Desinfektion. Sie verkennen dabei, dass die hygienischen Eigenschaften wesentlich von Dimensionierung, Konzeption und Zustand der Warmwassernetze bestimmt werden. Bitte beachten Sie in diesem Zusammenhang auch den 2006 neu bearbeiteten Hinweis „Kosteneinsparungen bei der Wasserver- und -entsorgung in kommunalen Gebäuden“, Ausgabe 3.6.

2. Einleitung

Zentrale Warmwasserversorgungssysteme in öffentlichen Gebäuden weisen in der Praxis sehr schlechte Nutzungsgrade auf. Dies gilt insbesondere für Schulen und Schulturnhallen mit ihren langen Nutzungspausen und meist geringen täglichen Zapfmengen. Auswertungen haben gezeigt, dass das Verhältnis von gezapfter Nutzwärme zu Endenergieeinsatz in den Sommermonaten vielfach nur 2 bis 5 % beträgt (Abb. 1). Die Verluste setzen sich

zusammen aus Stillstandsverlusten der Wärmeerzeuger, Wärmeverlusten der Heizleitungen und -verteiler, Speicherverlusten und Verlusten des Warmwassernetzes.

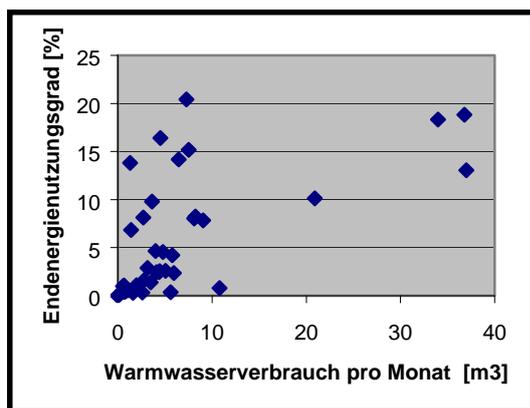


Abbildung 1: Endenergienutzungsgrad der Warmwasserbereitung in Schulen im Sommer

Bei der Bewertung der Verluste ist allerdings zu berücksichtigen, dass zumindest ein Teil der Zirkulationsverluste in der Heizperiode zur Gebäudeheizung beiträgt. Ursachen für geringe Nutzungsgrade sind:

- Die Heizungsanlagen in größeren öffentlichen Gebäuden sind für die reine Warmwasserbereitung außerhalb der Heizperiode in der Regel stark überdimensioniert. Neben den hohen thermischen Bereitschaftsverlusten des Nachheizsystems treten hierdurch auch spezifisch hohe Verbrauchswerte für elektrische Hilfsenergie (Pumpen) auf.
- Auch Warmwasserversorgungssysteme sind häufig überdimensioniert. Die Warmwasserversorgung wird typischerweise auf den seltenen Spitzenbedarf ausgelegt statt auf die Standardnutzung.
- Die Nutzungscharakteristik ist inhomogen: In den Ferien, an Wochenenden und Feiertagen werden die Gebäude nicht genutzt. Auch an Werktagen wird in Schulturnhallen nur über kurze Zeit Warmwasser benötigt. Erfahrungsgemäß werden Duschen im Schulsport

kaum genutzt sondern nur abends durch Vereine.

- Häufig sind weit verteilte Zapfstellen mit geringen Zapfmengen an große räumlich ausgedehnte Warmwassernetze angeschlossen.

Ziel muss es sein, bei Neubau, Sanierung oder Optimierung von Warmwasserversorgungssystemen Lösungen zu entwickeln, die gute hygienische Qualität bei minimalem Primärenergieeinsatz, d.h. vor allem geringen Bereitschaftsverlusten, gewährleisten.

3. Legionellen

Legionellen sind stäbchenförmige Bakterien von 2-5 µm Länge, die in einer Vielzahl verschiedener Arten überall in Süßwasser und feuchter Erde natürlich vorkommen, meist jedoch in sehr geringer Konzentration und ohne Bedeutung als Krankheitserreger.

Legionellen verursachen zwei Krankheitsbilder: Die Legionellen-Pneumonie wird durch eine Infektion über die Atemwege ausgelöst und weist mit 5 % der exponierten, d.h. einer Infektionsquelle ausgesetzten, Personen eine relativ geringe Erkrankungsquote auf, aber zugleich eine hohe Sterblichkeit mit 5-15% der erkrankten Personen. Das ebenfalls durch Legionellen verursachte Pontiac-Fieber führt nicht zu Todesfällen, aber zu teilweise heftigen fiebrigen Erkrankungen, die allerdings häufig nach max. einer Woche wieder folgenlos abklingen. Da diese Infektionen erheblich häufiger auftreten als die Legionellenpneumonie, sind sie unter dem Aspekt vermeidbarer Erkrankungen durchaus ernst zu nehmen.

Das Vermehrungsoptimum von Legionellen liegt zwischen 25°C und 45°C. Legionellen können sich in Hausinstallationen in sogenannten Biofilmen halten und vermehren. Dies betrifft vor allem Warmwasserleitungen, aber auch Kaltwasserleitun-

gen in warmer Umgebung. In Untersuchungen des Stadtgesundheitsamtes Frankfurt wurden in 37% von 12.775 Proben aus Warmwasserleitungen Legionellen festgestellt. Von diesen positiven Proben hatten knapp 30 % eine Entnahmetemperatur unter 40°C, knapp 40% lagen zwischen 40°-50°C und 30% zwischen 50-60°C. In geringer Zahl wurden vermehrungsfähige Legionellen in Proben bis zu einer Temperatur von 83°C nachgewiesen (1). Die Zahl der koloniebildenden Einheiten (KBE) ist ein Maß für Belastung des Wassers mit Legionellen. Ein Wert unter 100 KBE/100 ml wird als unproblematisch bewertet, bei mehr als 10.000 kBE/100 ml besteht großer Handlungsbedarf.

Die wichtigsten Risikofaktoren für das Auftreten erhöhter Legionellenkonzentrationen sind ein schlechter Zustand und eine unzureichende Durchströmung von Teilen des Leitungsnetzes:

- Der ungünstigste Fall sind „Totzonen“ ohne Durchströmung. Ähnlich ungünstig wirken sich Stränge mit sehr seltener Zapfung und unzureichender Zirkulation aus.
- Überdimensionierung der Leitungen in Relation zum Warmwasserbedarf führt zu hoher Verweildauer des Wassers.
- Negativ wirken sich Ablagerungen in den Rohrleitungen sowie Schlamm- bildung in Speichern aus.

Wassertemperaturen im Bereich des Vermehrungsoptimums der Legionellen sind ein weiterer Risikofaktor.

4. Bestehende technische Anforderungen und Diskussion der Auswirkungen auf den Energieverbrauch

Heutige Regelwerke, insbesondere das DVGW-Arbeitsblatt W 551 (2), unterscheiden zwischen Großanlagen und

Kleinanlagen mit einem Volumen der Trinkwassererwärmer von maximal 400 l und einem Leitungsvolumen jeder Rohrleitung zwischen Abgang vom Trinkwassererwärmer und Entnahmestelle von maximal 3 l. Für Großanlagen wird insbesondere gefordert, eine Austrittstemperatur am Speicher von 60°C einzuhalten, eine Zirkulation mit einer Rücklauf- temperatur von mindestens 55°C zu betreiben und den gesamten Trinkwasserinhalt von Vorwärmstufen, d.h. Speicherinhalt, täglich einmal auf 60°C zu erwärmen. Bei Kleinanlagen kann von diesen Werten abgewichen werden (2).

Die Festlegung von Temperaturen oberhalb des Vermehrungsoptimums der Legionellen soll das Legionellenwachstum begrenzen bzw. verhindern. Nach Beobachtungen des Stadtgesundheitsamtes Frankfurt konnte jedoch keine eindeutige Korrelation zwischen der Betriebsweise von Warmwassersystemen und dem Nachweis von Legionellen gefunden werden. Auch in Anlagen, die mit den geforderten Temperaturen und kontinuierlicher Zirkulation betrieben wurden, konnten Legionellen in kritischen Konzentrationen nachgewiesen werden. Umgekehrt gibt es Warmwasserversorgungssysteme, die trotz niedrigerer Temperaturen oder unterbrochener Zirkulation keinen Legionellenbefall aufweisen. In problematischen Netzen konnte zudem auch eine thermische Desinfektion nur selten zu einer nachhaltigen Verringerung der Legionellenzahlen führen. Allerdings gibt es einen Zusammenhang zwischen dem insgesamt ordnungsgemäßen technischen Zustand der Anlage und der Anzahl der positiven Legionellenbefunde insofern, als in den den allgemein anerkannten technischen Regeln entsprechenden Warmwasseranlagen erheblich seltener Legionellen nachgewiesen werden als in solchen Anlagen, die installationstechnisch mangelhaft sind und schlecht gewartet werden.

Den wachstumsbegrenzenden Wirkungen der Anforderungen stehen folgende Probleme gegenüber:

- Die geforderte Temperatur am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers von 60°C erhöht die Leitungsverluste im Vergleich zu einem Betrieb bei der erforderlichen Zapftemperatur (z.B. 40-45°C für Duschen) um rund 100 %.
 - Der geforderte Betrieb der Zirkulation – auch in Zeiten ohne Warmwasserabnahme – erhöht die Leitungsverluste im Warmwassernetz um bis zu 500 % im Vergleich zu einem zeit- bzw. bedarfs-gesteuerten Zirkulationsbetrieb. In der Folge führt dies zu einem kontinuierlichen oder periodischen Nachheizbedarf.
 - Die Forderung den gesamten Warmwasserspeichereinhalt mindestens einmal täglich auf 60°C zu erwärmen macht einen effizienten Betrieb einfacher Solaranlagen mit solar beheiztem Trinkwasserspeicher nahezu unmöglich.
 - Durch die Mindesttemperatur von 60°C kommt es, insbesondere bei hartem Trinkwasser, zu verstärkten Kalkablagerungen, die Ihrerseits wieder die Wachstumsbedingungen für Biofilme verbessern.
 - In manchen älteren schlecht gedämmten Systemen wird durch die permanent hohe Temperatur im Warmwassernetz auch die Temperatur im Kaltwassernetz so weit erhöht, dass dort kritische Legionellenkonzentrationen nachgewiesen werden können.
 - In manchen Bestandsanlagen ist es technisch nicht möglich, die Anforderungen, insbesondere hinsichtlich der Mindesttemperatur des Zirkulationsrücklaufes, einzuhalten.
 - In Fernwärmenetzen können im Sommerbetrieb Probleme aufgrund der vorgegebenen maximalen Netzurücklauf-temperaturen auftreten. Die Festlegun-
gen dienen einem effizienten Netz- und Anlagenbetrieb, sind jedoch mit der geforderten Rücklauf-temperatur der Warmwasserzirkulation von 55°C nicht energieeffizient zu vereinbaren.
 - Ein Kondensationsbetrieb von Brennwertkesseln ist bei Rücklauf-temperaturen von 55°C nicht möglich.
 - Die vorliegenden Erfahrungen zeigen, dass die Dimensionierung, der Zustand und das Konzept der Warmwasserversorgungsnetze die wesentlichen Risikofaktoren für das Auftreten von Legionellen darstellen. Die aktuellen Regelwerke setzen hingegen einseitig auf die Festlegung von Mindesttemperaturen, während sie die Risiken des Leitungsnetzes nicht ausreichend berücksichtigen und keine ausreichenden Anreize zur Sanierung geben.
- Grundsätzlich kann ein Warmwassersystem auch mit niedrigeren Temperaturen und mit Betriebsunterbrechungen betrieben werden, wenn dies technisch sinnvoll ist und das Schutzziel – hier also eine niedrige Legionellenkonzentration – erreicht wird. Bei Nachweis einer einwandfreien Funktion durch mikrobiologische Untersuchungen können auch andere als die genannten technischen Maßnahmen angewendet werden.

5. Bestehende Anlagen zur Warmwasserbereitung

5.1. Verbrauchsanalyse

Im laufenden Verbrauchscontrolling sollten, wie auch in Ausgabe 3.6 der Hinweise zum kommunalen Energiemanagement ausgeführt, der Warmwasserverbrauch, üblicherweise mit einem Kaltwasserzähler im Zulauf der Warmwasserbereitung und der Gesamtwärmeverbrauch des Gebäudes mindestens monatlich erfasst werden. Für die Sommermonate lässt sich aus diesen Werten – wenn kein Heizenergiever-

brauch erfolgt – ein Nutzungsgrad der Warmwasserbereitstellung ermitteln und erkennen, ob der Betrieb der Anlage energetisch sinnvoll ist. Weiterhin bilden diese Daten eine Grundlage für die Auslegung bei einer Sanierung.

Darüber hinaus ist die Erfassung der o.g. Werte in höherer zeitlicher Auflösung zur Analyse der Nutzungscharakteristik sinnvoll, eventuell über einen beschränkten Zeitraum. Mit einer Durchflussmessung, d.h. einmaligem „Auslitern“, der Duschen und ggf. weiterer Zapfstellen kann das Einsparpotential wassersparender Armaturen ermittelt werden.

5.2. Betrieb und Betriebsoptimierung

Wenn im Warmwasser keine oder unbedenkliche Legionellenkonzentrationen nachgewiesen werden, kann die Anlage möglicherweise energieeffizienter betrieben werden. Mit den folgenden Einstellungen können in Kleinanlagen und - soweit hygienisch vertretbar auch in Großanlagen - die Bereitschaftswärmeverluste sowie der Stromverbrauch reduziert werden:

- Begrenzung der Speichertemperatur auf die erforderliche Zapftemperatur.
- Zirkulationssteuerung in Abhängigkeit von Zeit und Zirkulationsrücklauftemperatur.

In jedem Fall kann die Nachheizung bedarfsabhängig betrieben werden. Wenn momentan keine Wärmeanforderung für die Warmwasserbereitung vorliegt, werden die Heizkreispumpe und – außerhalb des Heizbetriebes – auch der Heizkessel und die Hauptpumpe über die Regelung abgeschaltet.

Grundsätzlich ist eine regelmäßige mikrobiologische Untersuchung des Warmwassers zu empfehlen. Von den Gesundheitsämtern können gemäß Trinkwasserverordnung regelmäßige Wasseruntersuchungen, insbesondere in Gebäuden in

denen Wasser an die Öffentlichkeit abgegeben wird, z.B. Kitas und Schulen, verlangt werden. Eine Abstimmung mit dem zuständigen Gesundheitsamt ist sinnvoll.

5.3. Einfache technische Maßnahmen

Nicht erforderliche Zapfstellen und die zugehörigen Leitungen sollten stillgelegt werden. Gute Wärmedämmung der Leitungen und Armaturen vermeidet Wärmeverluste und reduziert den Temperaturabfall im Netz.

Eine Begrenzung der Durchflussmengen: bei Duschköpfen auf maximal 7 l/min und bei Wasserhähnen auf maximal 5 l/min wird empfohlen. Hier ist allerdings zu beachten, dass auch die Verweildauer des Wassers im Systems erhöht wird und dadurch, insbesondere bei überdimensionierten und komplexen Netzen eine vorhandene Legionellenproblematik verschärft werden kann.

Grundsätzlich sollten an Duschen und Waschtischen Selbstschlussarmaturen eingebaut werden (Laufzeit an Waschtischen ca. 5 s, bei Duschen ca. 20 s). Auch hier ist zu prüfen, ob die Erhöhung der Verweildauer negative Folgen hat. Duschköpfe sollten nach Bedarf entkalkt werden.

6. Konzepte für Neuplanung und Sanierung von Warmwasserversorgungsanlagen

6.1. Schlanke Auslegung

Im ersten Schritt ist ein realistisches Nachfrageprofil für die vorgesehene Nutzung zu erstellen. Dabei sollten Messwerte von vergleichbaren Gebäuden herangezogen werden. Nutzerwünsche, Planungsentwürfe, Planungsrichtlinien und technische Regeln sind kritisch zu hinterfragen.

Speichervolumen und Rohrquerschnitte sind möglichst klein zu dimensionieren, um die Warmwasserverweildauer zu minimieren. Einfacher Netzaufbau, der Tot-

volumina vermeidet, ist dringend zu empfehlen. Die Auslegung sollte nach der vorgesehenen Standardnutzung, also z.B. dem Schul- oder Vereinssport, nicht nach gelegentlichen Sondernutzungen, z.B. Sportfesten, erfolgen.

Für Einfeld-Schulsportanlagen genügen in der Regel Trinkwarmwasserspeicher mit 400 l Volumen.

Bei Anlagen mit trinkwassergefülltem Speicher ist es in der Regel energetisch und hygienisch sinnvoll, die erforderliche Zapfrate durch eine großzügige Bemessung der Nachheizleistung bei minimaler Speichergroße zu erreichen.

Die Ermittlung des Primärenergiekennwertes für die in die engere Wahl fallenden Anlagenkonfigurationen wird empfohlen, z.B. nach dem explizierten Verfahren der DIN 4701 Teil 10. Sinnvoll sind weiterhin der Einsatz selbstregelnder Zirkulationsventile und dezentraler oder zentraler Regelungen zur Temperaturüberwachung in den Zirkulationssträngen.

Hygiene und Energieeffizienz können dann miteinander vereinbart werden, wenn Warmwassersysteme gleichmäßig durchströmt werden, regelmäßig Wasser gezapft wird, alle Komponenten so klein wie möglich ausgelegt sind und damit eine kurze Verweildauer des Wassers in allen Zweigen des Netzes erreicht wird. Zapfstellen mit geringer Zapfmenge, unregelmäßigem Bedarf oder langen Leitungswegen sollten nicht an ein zentrales Warmwassernetz angeschlossen bzw. im Sanierungsfall stillgelegt werden.

6.2. Effiziente Versorgungskonzepte:

Dezentrale Kleinanlagen anstelle von Großanlagen

Die folgenden Konzepte ermöglichen es nicht nur die Warmwassertemperatur auf die erforderliche Zapftemperatur zu begrenzen, sondern verbessern die hygieni-

schen Bedingungen durch kompakte Warmwassernetze und durch reduzierte Kalkabscheidung. Werden Warmwasserversorgungssysteme als Kleinanlagen konzipiert, werden keine Anforderungen an die Mindesttemperaturen und den Betrieb der Zirkulation gestellt. Große Objekte können mit mehreren Kleinanlagen versorgt werden. Der Nachheizkreis kann vollständig bedarfsabhängig betrieben werden, z.B. mittels Zeitschaltuhr, Anforderungstastern oder Anwesenheitssensoren in den Umkleiden. Für die schnelle Wärmebereitstellung können Heizungspufferspeicher eingesetzt werden, die ideal mit thermischen Solaranlagen kombinierbar sind.

Dezentrale Durchlauf-Warmwasserbereiter mit Plattenwärmetauschern,

auch Frischwasserstationen genannt, können in der Nähe der Zapfstellen eingeplant werden, sodass das Warmwasserleitungsvolumen zwischen Wärmetauscher und Zapfstellen unter 3 Litern liegt. Damit ist keine Zirkulation erforderlich. Eine integrierte elektronische Regelung hält die eingestellte Warmwassertemperatur konstant. Die Wärmebereitstellung erfolgt über einen Heizkreis der direkt aus der Heizungsanlage oder aus einem Pufferspeicher versorgt wird (Abb. 2). Außerhalb der Nutzungszeiten oder solange keine Anforderung vorliegt, kann dieser Heizkreis ohne hygienisches Risiko abgeschaltet und damit die Bereitschaftsverluste vermieden werden. Solche dezentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmer stellen für viele Fälle die energetisch und hygienisch optimale Lösung dar. Sie können ohne Einschränkungen bei der erforderlichen Zapftemperatur betrieben werden, die für Duschen ca. 43°C beträgt.

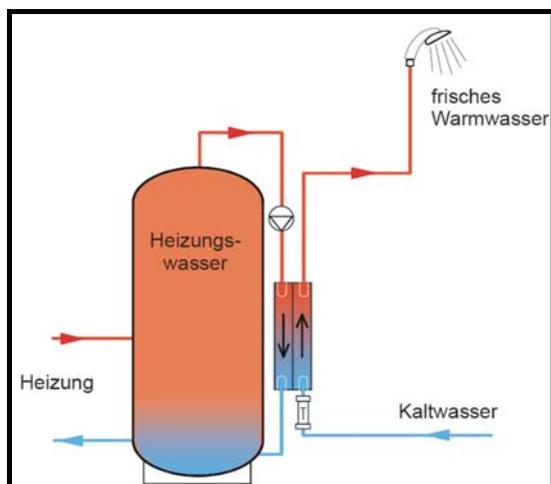


Abbildung 2: Funktionsschema einer Durchlaufwarmwasserbereitung mit Pufferspeicher (4)

Dezentrale Warmwasserspeicher mit maximal 400 Litern Trinkwasserinhalt sollten so nahe an den Zapfstellen aufgestellt werden, dass das Leitungsvolumen zwischen Speichern und Zapfstellen weniger als 3 Liter beträgt und somit keine Zirkulation erforderlich ist. Hierbei kann es sich um Speicher mit internen oder externen Wärmetauschern handeln. Externe Wärmetauscher (Speicherladesysteme) ermöglichen höhere Nachheizleistungen und Zapfmengen. Für Kleinanlagen wird keine tägliche Speicheraufheizung gefordert. Eine Einstellung der Reglertemperatur auf die erforderliche Zapftemperatur (ca. 43°C) wird empfohlen. Diese Empfehlung weicht allerdings von der DVGW W 551 ab, die auch für Speichervolumina unter 400 l eine Temperatur von 60°C empfiehlt, jedoch nicht fordert.

Pufferspeichersysteme mit innenliegendem Trinkwasserspeicher werden insbesondere als Solarspeicher für thermische Solaranlagen angeboten. Diese innenliegenden Warmwasserspeicher weisen jedoch geringe Nachheizleistungen auf, so dass ihr Einsatzbereich in öffentlichen Ge-

bäuden begrenzt ist. Auch hier sollte angestrebt werden, unter 3 l Leitungsvolumen zu bleiben.

Dezentrale elektrische Warmwasserbereitung ohne Zirkulation ist insbesondere bei weit verteilten Zapfstellen und geringen Verbrauchsmengen sinnvoll. In vielen Fällen sind Kombinationen sinnvoll: Elektrische Warmwasserbereitung für periphere Zapfstellen und zentrale Warmwasserbereitung für Duschen oder Küchen.

Die Entscheidung über das Warmwasserkonzept sollte auf Grundlage des Primärenergie- und Kostenvergleichs einer Bedarfsanalyse erfolgen. Bei Objekten mit großem Warmwasserbedarf wie Sportanlagen und Bädern sollte der Einsatz von thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung geprüft werden.

Grundsätzlich sind alle Warmwasserleitungen sehr gut zu dämmen. Kaltwasserleitungen sollten ebenfalls gedämmt und so geführt werden, dass sie nicht von Warmwasser- oder Heizleitungen erwärmt werden können.

7. Fazit

Warmwassersysteme können dann hygienisch und energetisch sinnvoll betrieben werden, wenn sie möglichst klein dimensioniert werden. Dezentrale Versorgungssysteme mit einer Wärmebereitstellung über Heizkreise sind in vielen Fällen eine energetisch und hygienisch optimale Lösung. Auch dezentrale elektrische Warmwasserbereiter können hier durchaus sinnvoll eingesetzt werden. In jedem Fall sind mikrobiologische Untersuchungen des Wassers zu empfehlen.

Quellen

- (1) Wolfgang Hentschel, Dieter Waider, Kommentar zum DVGW-Arbeitsblatt W 551, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn, 2004
- (2) DVGW Arbeitsblatt W 551, April 2004, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn, 2004
- (3) Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001), Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001 (BGBl. I S. 959-980), in Kraft getreten am 01. Januar 2003
- (4) IDM Energiesysteme GmbH, Untere Gänshalde 13, D-86381 Krumbach

Erarbeitet von:

Ralf Bermich, Heidelberg

Dr. Jürgen Görres, Stuttgart

Wolfgang Hentschel, Stadtgesundheitsamt Frankfurt

Dr. Volker Kienzlen,

Mathias Linder, Frankfurt

Arno Schönau, Kaiserslautern

Dr. Erich Zeller, Gesundheitsamt Stuttgart

Weitere Exemplare und Hinweise sind erhältlich bei:

Deutscher Städtetag, Hausvogteiplatz 1, 10117 Berlin, E-Mail: johanna.seitz@staedtetag.de
oder im Internet des Deutschen Städtetages unter dem Link
<http://www.staedtetag.de/fachinformationen/energie/061541/index.html>