

Zirkulationsventile mit elektrischem Stellantrieb

Mit dem konstruktiven Aufbau und der Bemessung des Rohrnetzes sowie dem planerischen Einsatz der erforderlichen Reguliertechnik werden die entscheidenden Einflussgrößen für die Funktion und die Wirtschaftlichkeit eines Warmwasser-Zirkulationssystems festgelegt

Für eine effiziente und hygienisch sichere Betriebsweise von Trinkwasserinstallationen sind abgeglichene Zirkulationsstränge und die Einhaltung der Mindesttemperaturen der warmgehenden Leitungen eine wesentliche Grundvoraussetzung. Die Industrie bietet mittlerweile automatisch arbeitende Zirkulationsventile an, die einen weitestgehend von Berechnungen unabhängigen sicheren Betrieb suggerieren. Doch das ist ein Trugschluss. Warum eine differenzierte Berechnung nach 1988-300 zwingend erforderlich ist, was bei der Auslegung von Zirkulationsnetzen generell zu beachten ist und welche Vorteile elektronische Zirkulationsventile aufweisen, das beschreiben die Autoren im nachfolgenden Gastbeitrag.

In Trinkwassersystemen innerhalb von Gebäuden stellen fakultative opportunistische Krankheitserreger ein stetig wachsendes Gesundheitsproblem dar. Die Zahl wasserbürtiger Ausbrüche nimmt weltweit immer noch zu, führt zu vermehrten Erkrankungen und Todesfällen und stellt darüber hinaus eine erhebliche soziale und wirtschaftliche Last für die Allgemeinheit dar. Im Infektionsschutzgesetz wird gefordert, dass Wasser für den menschlichen Gebrauch so beschaffen sein muss, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist. Zur Sicherstellung dieser Anforderung muss in Trinkwasserinstallationen, neben der Stagnationsvermeidung, der Sicher-

stellung einer überwiegend turbulenten Durchströmung der Leitungsanlage und der Begrenzung des Nahrungsangebots, insbesondere der Temperaturbereich vermieden werden, der im Wachstumsoptimum fakultativer Krankheitserreger liegt.

Anforderungen an die Temperatur des Trinkwassers

Für einen sicheren Betriebszustand sollte das untere Temperaturniveau des Trinkwassers idealerweise bei $< 20^{\circ}\text{C}$ liegen. Unter Einbeziehung eines Sicherheitszuschlages ist ein hygienisch sicheres oberes Niveau erst ab $> 55^{\circ}\text{C}$ zu gewährleisten. Temperaturen zwischen 25°C und 45°C sind strikt zu vermeiden [1].

Zur Temperaturhaltung im erwärmten Trinkwasser wird in DIN 1988-200

daher gefordert: „Am Wasseraustritt des Trinkwassererwärmers mit Zirkulation ist eine Temperatur von mindestens 60°C aus hygienischen Gründen einzuhalten. In zirkulierenden Trinkwasserinstallationen darf ein Temperaturabfall von 5K nicht überschritten werden.“ Die Austrittstemperatur aus dem Speicher muss konstant sein. Eine kurzzeitige Absenkung der Speicheraustrittstemperatur ist nur mit dem Auftreten von Spitzenlasten im Minutenbereich tolerierbar. Eine Schalthysterese ist nicht zulässig.

Wohngebäude

In gut durchströmten Trinkwasserinstallationen wird nur für die Warmwasser-Verteilungs- und Steigleitungen eine Temperaturhaltung durch Zirkulation $> 55^{\circ}\text{C}$

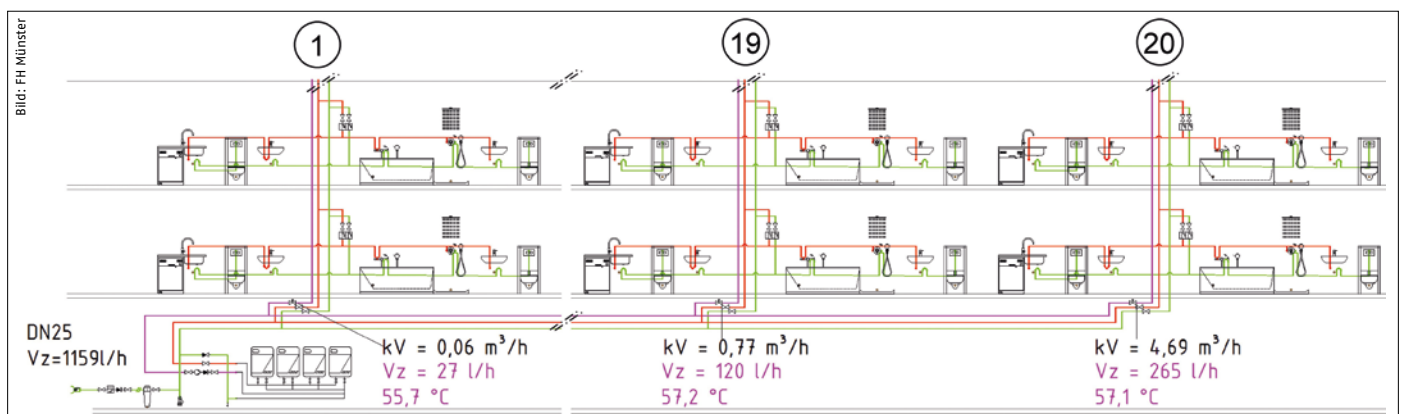


Bild 1: Berechnungsbeispiel: Wohngebäude mit 20 Steigleitungen und 5 Geschossen Zirkulationsvolumenströme über Steigleitungen und Kv-Werte sowie zugehörige Sollwerttemperaturen an den statischen Regulierventilen.



Bild 5: Prüfstand für thermostatische Zirkulationsventile an der FH Münster – Fachbereich EGU.

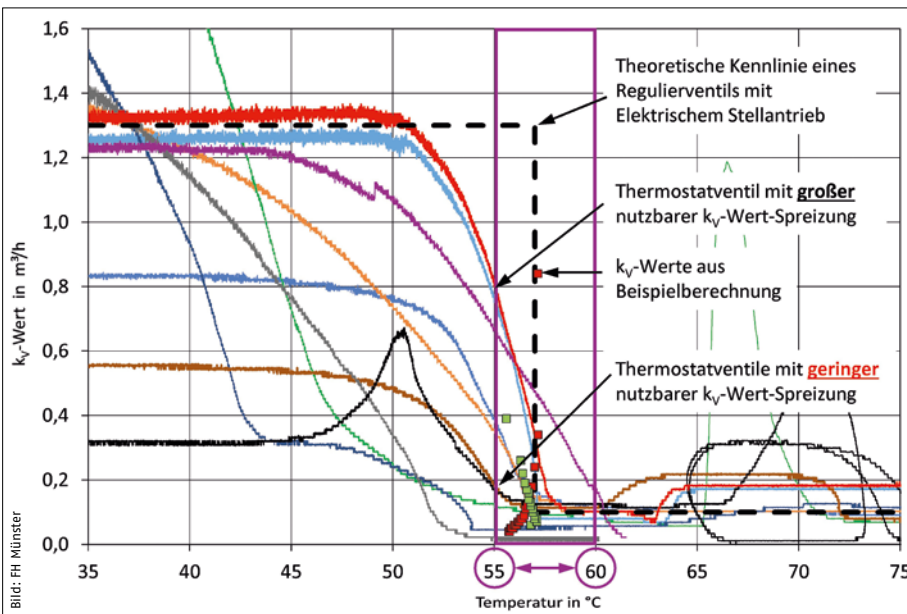


Bild 6: Messtechnisch ermittelte Kennlinien thermostatischer Zirkulationsventile DN 15.

neuen Zirkulationskreis. Zur Sicherstellung einer Warmwasserzirkulation im energetischen Optimum darf in jedem dieser Zirkulationskreise nur der Volumenstrom fließen, der gerade noch zur Temperaturhaltung notwendig ist (Bilder 1 und 3). Damit dieses Ziel erreicht werden kann, muss ein hydraulischer Abgleich vorgenommen werden. Das heißt, dass bei den errechneten Zirkulationsvolumenströmen (Bild 3) die Pumpendruckdifferenz in

jedem Zirkulationskreis gleich der Summe der Druckverluste in Regulierventilen und dem Rohrnetz sein muss (Bild 4).

Zirkulationsventile

Die für den hydraulischen Abgleich fehlende Differenz (blauer Anteil des Balkendiagramms in Bild 4) zwischen Pumpendruck und den Druckverlusten im Rohrnetz (roter Anteil) muss im jeweiligen Zirkulationskreis in mindestens einem

Zirkulationsventil erzeugt werden. Bei mehrstufiger Einregulierung muss sich dabei immer ein Regulierventil in der jeweiligen Teilstrecke mit dem Anschluss der Zirkulation an die Verbrauchsleitung befinden.

Ist der hydraulische Abgleich unvollständig, kommt es zu Kurzschlüssen, in denen i.d.R. große Zirkulationsvolumenströme abfließen, die dann für die Temperaturhaltung an anderen Stellen im Rohrnetz nicht mehr zur Verfügung stehen. Die Folge ist ein weiträumiger Temperaturabfall weit unter 55°C (Bild 2), der auch durch Erhöhung der Pumpenleistung meistens nicht mehr beseitigt werden kann!

kv-Wert

Die Bemessung und die Einstellung der Zirkulationsregulierventile müssen über den so genannten kv-Wert vorgenommen werden. Der verfügbare kv-Wert-Bereich eines Regulierventils muss messtechnisch ermittelt und vom Hersteller des Ventils in seinen technischen Unterlagen angegeben werden. Der jeweils am Zirkulationsventil für den hydraulischen Abgleich geforderte Wert, muss im Verlauf einer Rohrnetzrechnung aus dem Zirkulationsvolumenstrom \dot{V}_z (Bild 3) und dem Druckverlust über dem Ventil Δp_D (Bild 4) berechnet werden. Der so ermittelte Wert muss sich im nutzbaren kv-Wert-Bereich (55 - 60°C) des ausgewählten Ventils befinden (z.B. Bild 6).

Statische Zirkulationsventile

Die Einregulierung eines größeren Zirkulationssystems mit statischen Zirkulationsventilen erfordert immer eine genaue Rohrnetzrechnung für die tatsächlich ausgeführte Trinkwasserinstallation. Sie liefert auch die Einstellwerte für jedes Regulierventil. Abweichungen des realisierten Zirkulationssystems von der ursprünglichen Planung müssen ggf. während der Inbetriebnahme aufwändig durch Nachregulieren der Ventile von Hand ausgeglichen werden.

Da bei den Regulierventilen in Pumpennähe die freien Strömungsquerschnitte im Ventil sehr gering werden müssen (kleine kv-Werte), besteht bei statischen Regulierventilen die Gefahr, dass sich

Schwebstoffe im Bereich des Regelquerschnittes absetzen und zu dauerhaften Funktionsstörungen führen. Bei temperaturgeregelten Ventilen ist eine daraus resultierende Störung erfahrungsgemäß eher unwahrscheinlich, da mit Verringerung des Ventilquerschnitts im laufenden Betrieb und dem damit verbundenen Temperaturabfall, das Ventil automatisch weiter öffnen würde.

Thermostatische Zirkulationsventile

Im Verlaufe der Rohrnetzrechnung kann neben dem Zirkulationsvolumenstrom und dem Druckverlust über dem Regulierventil auch die Ventiltemperatur berechnet werden, die sich bei einem idealen hydraulischen Abgleich einstellt (Bild 3). Diese Ventiltemperaturen sind anlagenabhängig und für jedes Regulierventil unterschiedlich. In allen Systemen, die mit einer Speicherausstrittstemperatur von 60°C und einer zugelassenen Temperaturdifferenz von 5 K betrieben werden sollen, liegen sie in einem engen Temperaturbereich, zwischen ca. 55,5 und 57,5°C.

In der Beispielberechnung (Ergebnisse in Bild 1 und Bild 3) muss z.B. für den idealen hydraulischen Abgleich in der PWH-Steigleitung (1) ein Zirkulationsvolumenstrom von nur 27 l/h fließen, bei einer Sollwerttemperatur am Ventil von 55,7 °C. In der hydraulisch ungünstigsten Steigleitung (20) muss sich dagegen idealerweise ein erheblich größerer Zirkulationsvolumenstrom von 265 l/h bei 57,1 °C einstellen. Sollen geeignete Drosselstellungen über die Temperatur des zirkulierenden Wassers aufgebaut werden, müssen, wegen der engen Verknüpfung zwischen Sollwerttemperatur am Ventil und Zirkulationsvolumenstrom, die eingesetzten Zirkulationsventile über eine hohe Regelgüte verfügen. Wegen der grundsätzlichen Bedeutung für die Funktion der Warmwasserzirkulation wurden daher für geregelte Zirkulationsventile in der Trinkwasserinstallation Prüfanforderungen aufgestellt [4].

Wie die Zusammenstellung einiger im Prüfstand messtechnisch ermittelter Kennlinien handelsüblicher thermostatischer Zirkulationsventile DN 15 zeigt, verfügten die im Jahr 2019 untersuchten

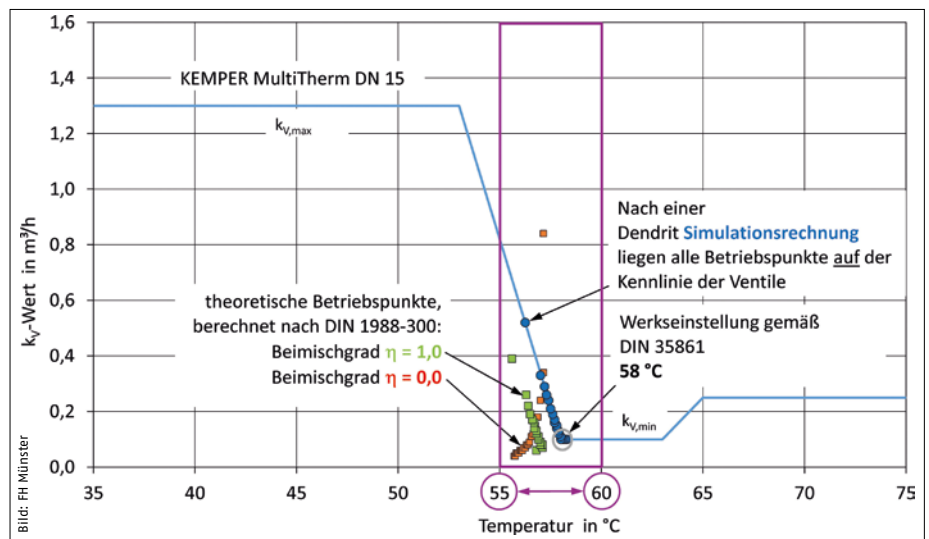


Bild 7: Einregulierung bei Werkseinstellung (58°C).

Ventile über stark unterschiedliche Eigenschaften (Bild 6). Bei vielen Thermostatventilen stimmten die vom Hersteller veröffentlichten Kennlinien nicht im notwendigen Maße mit den erzielten Messergebnissen überein. Sie erreichten dabei meistens nicht den werksseitig eingestellten Temperatursollwert (meistens 57°C) im zugelassenen Toleranzbereich von ± 1 K und häufig auch nicht den minimal geforderten kv-Wert. Sie öffneten darüber hinaus auch in den meisten Fällen bei 55°C nicht weit genug.

In der Beispielberechnung (Bild 6) beträgt die rechnerisch ermittelte kv-Wert-Spreizung der Regulierventile zwischen $kv = 0,05$ und $0,82 \text{ m}^3/\text{h}$. Die meisten untersuchten thermostatischen Regulierventile verfügten im Temperaturbereich zwischen 55 und 60°C aber nur über eine wesentlich geringere nutzbare kv-Wert-Spreizung. Einige Ventile wiesen im Bereich $> 55^\circ\text{C}$ sogar einen konstanten kv-Wert aus (Bild 5). Diese Ventile eignen sich nicht für die automatische Einregulierung größerer Zirkulationssysteme nur über die Temperatur des zirkulierenden Wassers. Bei derartigen Ventilen sind immer manuelle Eingriffe erforderlich.

Der Einsatzbereich eines thermostatischen Zirkulationsventils wird durch den minimal erreichbaren kv-Wert und maßgeblich durch die nutzbare Regelflanke zwischen 55°C und dem am Ventil eingestellten Temperatursollwert definiert. Mit

der nutzbaren Regelflanke wird festgelegt, wie weit das Ventil bei eingestelltem Temperatursollwert schließen und wie weit es bei 55°C öffnen kann¹⁾. Wird eine automatische Einregulierung größerer Zirkulationssysteme angestrebt, müssen die Ventile als Grundvoraussetzung über eine möglichst lange nutzbare Regelflanke verfügen (Bild 6 – „rote“ und „blaue“ Kennlinie oder Bild 7).

Nach der hydraulischen Berechnung eines Zirkulationssystems liegen die berechneten Betriebspunkte noch nicht auf der Kennlinie thermostatischer Zirkulationsventile mit Werkseinstellung (Bild 7). Das Ergebnis ist dadurch hydraulisch unbestimmt und genügt noch nicht den normativen Berechnungsanforderungen. Für den rechnerischen Nachweis des hydraulischen Abgleichs eines Zirkulationssystems gemäß DIN 1988-300 müssen alle berechneten Betriebspunkte auf der Ventilkennlinie liegen.

Dieser Nachweis kann über eine Simulationsrechnung (z. B. Dendrit Studio [6]) geführt werden, bei der alle Betriebspunkte durch eine geeignete Variation der Zirkulationsvolumenströme auf die jeweilige

¹⁾ Anmerkung der Autoren: Gemäß DIN 35861 ist bei thermostatischen Zirkulationsregulierventilen der am Ventil eingestellte Temperatursollwert (meistens 57 °C) die Temperatur, bei der das Ventil den minimal möglichen kv-Wert erreicht und nicht die Temperatur des zirkulierenden Wassers am Einbaort!

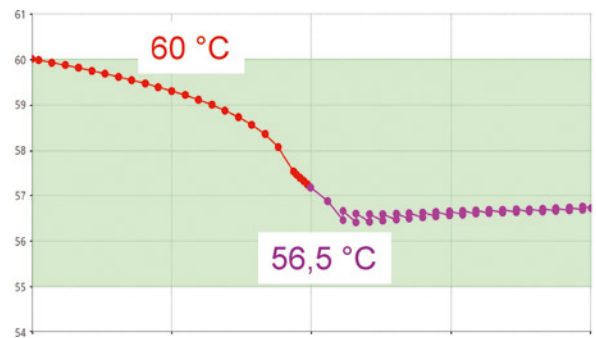
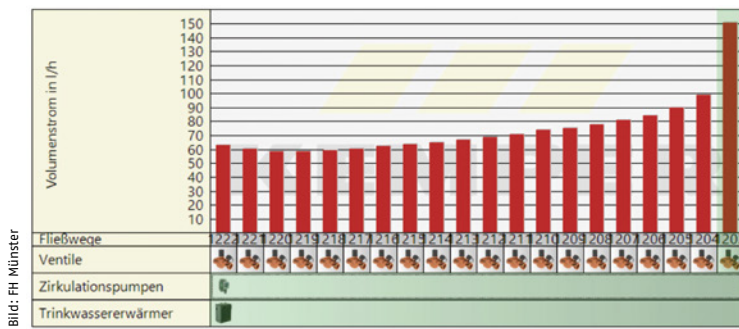


Bild 8: Zirkulationsvolumenströme über Steigleitungen und Nachweis der Temperaturhaltung > 55 °C bei hydraulischem Abgleich mit „MultiTherm“-Zirkulationsventilen bei Werkseinstellung 58 °C.

ge Kennlinie der Ventile gerechnet werden (Bild 7). Das Rohrnetz wird dabei nicht mehr verändert. Mit diesem zusätzlichen Berechnungsschritt kann der Nachweis geführt werden, dass das Zirkulationssystem auch bei Werkseinstellung der thermostatischen Zirkulationsventile im Sinne der DIN 1988-300 [7] hydraulisch abgeglichen ist und dabei die Temperaturanforderungen gemäß DIN 1988-200 [2] erfüllt werden (Bild 8).

Die langjährige Berechnungserfahrung mit Simulationsrechnungen für sehr große und stark verzweigte Zirkulationssysteme in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen usw. zeigt, dass sich die geforderten Temperaturen $\geq 55^\circ\text{C}$ mit der Werkseinstellung (richtig bemessener) Zirkulationsventile „automatisch“ einstellen (Bild 8).

Zirkulationsventile mit elektrischem Stellantrieb

Für den Einsatz in ausgedehnten Zirkulationssystemen muss ein Zirkulationsventil im Temperaturbereich von 55°C bis 60°C grundsätzlich über eine möglichst große verfügbare kv-Wert-Spreizung verfügen. Ist das nicht der Fall, kann es zu Fehlfunktionen kommen, da die zur Temperaturhaltung notwendigen Zirkulationsvolumenströme in pumpenfernen Kreisen nicht fließen können.

Ein Ventil mit elektrischem Stellmotor muss im Beharrungszustand jeden Kv-Wert zwischen Kv_{\max} und Kv_{\min} einstellen können, der erforderlich ist, damit die Temperatur des zirkulierenden Wassers den jeweils eingestellten Temperatursollwert (Bild 3) mit einer möglichst

geringen Abweichung erreicht.²⁾ Es darf erwartet werden, dass die verfügbare kv-Wert-Spreizung bei derartigen Zirkulationsventilen wesentlich größer ist als bei einem Thermostatventil (Bild 6) und damit der Einsatzbereich universeller ist.

Die Werbeaussage, dass ein Zirkulationssystem bei Einsatz von Zirkulationsventilen mit elektrischem Stellantrieb nicht mehr berechnet werden muss, ist allerdings grundlegend falsch. Das Gegenteil ist der Fall. Das Potenzial dieser Ventile kann nur dann vollständig ausgenutzt werden, wenn die Leitungsanlage (Verbrauchs- und Zirkulationsleitungen) auf Grundlage der a.a.R.d.T. hydraulisch berechnet und bemessen wurde, die Zirkulationspumpen die berechneten Zirkulationsvolumenströme zur Verfügung stellen können und die Sollwerttemperaturen (Bild 3) für den idealen hydraulischen Abgleich bekannt und an den Regulierventilen eingestellt sind. Nur unter diesen Voraussetzungen gelingt im laufenden Betrieb eine Temperaturhaltung $\geq 55^\circ\text{C}$ in der Nähe des energetischen Optimums.

Die Energieeinsparung, die mit der Sicherstellung des energetischen Betriebsoptimums einer Warmwasserzirkulation verbunden ist, ist meistens größer als die Reduzierung des Energieeinsatzes, die mit dem risikoreichen Absenken des Temperaturniveaus erreicht werden kann. Es macht also aus technischer und hygienischer Sicht Sinn, zuerst den idealen hydraulischen Abgleich eines Zirkulationssystems anzustreben, bevor man sich mit einer Temperaturabsenkung auseinandersetzt.

Da moderne Ventilkonstruktionen i.d.R. mit einem Funkmodul ausgerüstet

sind, können sie ggf. auf einfachem Wege per Funk auf die Temperatursollwerte der Berechnung eingestellt werden. Damit liegt jeder berechnete Betriebspunkt sofort auf der Kennlinie des Ventils. Die Berechnungsanforderungen aus DIN 1988-300 sind erfüllt. Es darf ein wirtschaftlicher Betrieb in der Nähe des energetischen Optimums erwartet werden.

Ist der Temperatursollwert an allen Zirkulationsventilen von gleicher Größe, z.B. 57°C (Bild 6), wird der ideale hydraulische Abgleich des Zirkulationssystems nicht erreicht und es fließen in der Trinkwasserinstallation andere Zirkulationsvolumenströme als nach DIN 1988-300 vorgesehen sind. Es kann prinzipiell nicht ausgeschlossen werden, dass dadurch die Temperaturen des zirkulierenden Wassers in hydraulisch ungünstigen Bereichen unter 55°C abfallen und ein wirtschaftlicher Betrieb nicht gegeben ist. In solchen Fällen muss per Simulationsrechnung nachgewiesen werden, dass mit dieser – von der Norm abweichenden – Einstellung, eine Temperatur $> 55^\circ\text{C}$ im gesamten Zirkulationssystem eingehalten werden kann. Ergebnisse entsprechender Simulationsrechnungen liegen für diesen Fall allerdings noch nicht in ausreichendem Maße vor, so dass eine grundsätzliche Bewertung der Temperaturhaltung und der Wirtschaftlichkeit dieser Regelstrategie zurzeit noch nicht möglich ist.

²⁾ Anmerkung der Autoren: Es muss beachtet werden, dass – anders als bei einem thermostatischen Zirkulationsregulierventil gemäß DIN 35861 – der Temperatursollwert bei einem Zirkulationsregulierventil mit elektrischem Stellantrieb, der Temperatur des zirkulierenden Wassers am Ventil entspricht.

Fazit

Zirkulationsventile mit elektrischem Stellantrieb, die mit einem Funkmodul ausgestattet sind, versprechen sowohl einen verbesserten hydraulischen Abgleich als auch eine verbesserte Wirtschaftlichkeit der Warmwasser-Zirkulation. Damit diese Erwartungshaltung erfüllt werden kann, müssen Regulierventile mit elektrischen Stellantrieben auf die Ergebnisse einer hydraulischen Berechnung (DIN 1988-300) eingestellt werden können und über eine hohe Regeltüte verfügen.

Regulierventile mit einem Funkmodul ermöglichen darüber hinaus eine kontinuierliche Temperaturüberwachung im laufenden Betrieb. In vergleichbarer Weise wie für thermostatische Zirkulationsventile, sollte für die Sicherstellung von Qualitätsmerkmalen, eine angepasste Technische Prüfgrundlage für Zirkulati-

onsventile mit elektrischem Stellantrieb entwickelt werden. ◀

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker, FH Münster, Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt, Lehr- und Forschungsgebiet: Sanitärtechnik

Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann, Sachverständiger, ehemals FH Münster, Mitautor von Beuth-Kommentaren zu den Normen der Trinkwasserinstallation

Autor: Oliver Dresemann, M.Eng., Wissenschaftlicher Mitarbeiter/Projektingenieur, FH Münster, Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt

Literatur:

[1] Mathys, W. (2024). Legionella, Pseudomonas und Co. Fakultative opportunistische Krankheitserreger in Trinkwasserinstallationssystemen von Gebäuden. – Der Einfluss der Gebäudetechnik auf die Gesundheit des Menschen – Kemper-Kompetenzbroschüre

[2] DIN 1988-200 (2012-05).

Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen; Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe

[3] DVGW W 551 (2004-04). Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasserinstallationen

[4] DIN 35861 (2022-06), Geregelte Zirkulationsventile in der Trinkwasserinstallation

[5] C. Bäcker, Chr. Hornbergs (FH Münster 2019), – Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Thermostatische Regulierventile in Warmwasser-Zirkulationssystemen“

[6] Dendrit Haustechnik-Software GmbH, Dülmen; Dendrit STUDIO, Trinkwasserinstallation

[7] DIN 1988-300:2012-05, Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser