

Hydraulischer Abgleich von Zirkulationsanlagen

Erst berechnet und dann richtig eingestellt

Warmes Wasser kommt aus der Wand – denkt der Kunde und hat Recht. Wie inzwischen gerichtlich entschieden wurde, darf es auch morgens nicht länger als 30 Sekunden dauern, bis das heiße Nass zur Verfügung steht. Warmhaltungssystemen, wie Begleitheizungen oder Zirkulationsanlagen, kommt die Aufgabe zu, die Wärmeverluste, die in den Warmwasserleitungen entstehen, auszugleichen. Mehr noch: Das Halten der Temperatur sichert die Erfüllung wichtiger hygienischer Anforderungen. Bleibt es heiß im Rohr, haben Legionellen keine Chance. Während Begleitheizungen selbstregelnd sind, muss man bei einer Zirkulationsanlage die Volumenströme richtig verteilen. Man spricht von einem hydraulischen Abgleich. Wie man ausrechnet, wie viel Wasser wo hin muss, lesen Sie hier.

Energieverluste ausgleichen

Auch die beste Wärmedämmung einer Warmwasserleitung kann nicht verhindern, dass Energie verloren geht. Steht das warme Wasser längere Zeit in der Leitung (z. B. nachts), kühlt es ab. Der Wärmeverlust einer

entsprechend der EnEV [1] gedämmten Leitung ist bekannt. Kellerleitungen verlieren 11 Watt Energie pro Meter. Steigleitungen haben einen Verlust von 7 W/m. Der Zirkulationsvolumenstrom muss nun so groß sein, dass das Wasser die verloren gegangene Wärme nachliefert. Sind in einer Warmwasseranlage mehrere Steigleitungen installiert, muss zudem dafür gesorgt sein, dass jeder Steigleitung der nötige Zirkulationsvolumenstrom zukommt. Der Zirkulationsvolumenstrom für jede Steigleitung muss berechnet und über so genannte Strangregulierventile eingestellt werden. Verzichtet man darauf, nimmt der Zirkulationsvolumenstrom den kürzesten Weg, der zurück zum Trinkwassererwärmer führt. Dann wird die Steigleitung, die dicht beim Wärmeerzeuger liegt gut beschickt. Die anderen Steigleitungen bekommen vom Zirkulationsvolumenstrom allerdings wenig oder gar nichts mehr ab. Sie kühlen aus – trotz vorhandener Zirkulationsanlage.

Dass auch morgens sofort warmes Wasser zur Verfügung steht, gehört zum Komfortanspruch der Kunden



Bild: Grohe

Wie viel Wasser insgesamt?

Um zu ermitteln, wie viel Wasser durch welchen Anlagenteil zirkulieren muss, dient das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DVGW-Arbeitsblatt W 553 [2]. Damit soll sichergestellt werden, dass die Temperaturdifferenz zwischen dem Warmwasseraustritt am Trinkwassererwärmer und dem Anschluss der Zirkulationsleitung an die Warmwasserleitung nicht mehr als zwei Kelvin beträgt. Da bekannt ist, mit welchem Wärmeverlust pro Meter Warmwasserleitung zu rechnen ist (11 W/m bei Kellerleitungen und 7 W/m bei Steigleitungen), kann der Gesamtwärmeverlust für den Fließweg des Warmwassers ermittelt werden. Mit der folgenden Formel wird nun errechnet, wie viel Wasser zirkulieren muss, um diesen Wärmeverlust auszugleichen.

$$\dot{V}_p = \frac{l_{w,k} \cdot \dot{q}_{w,k} + l_{w,s} \cdot \dot{q}_{w,s}}{\ell \cdot c \cdot \Delta\vartheta_w}$$

\dot{V}_p = Förderstrom der Zirkulationspumpe

$l_{w,k}$ = Länge der Warmwasserleitung Keller

$l_{w,s}$ = Länge der Warmwasserleitungen Schacht

$\dot{q}_{w,k}$ = Wärmeverlust der Kellerleitungen

$\dot{q}_{w,s}$ = Wärmeverlust der Leitungen im Schacht

ℓ = Dichte des Wassers

c = spezifische Wärmekapazität des Wassers

$\Delta\vartheta_w$ = Temperaturdifferenz

Werden die Längen in der Einheit m, die Dichte in kg/l und die Wärmekapazität in Wh/kg·K eingesetzt, erhält man im Ergebnis den Förderstrom in der Einheit l/s. Diese Wassermenge ist der nötige Förderstrom der Zirkulationspumpe (Zirkulationsvolumenstrom).

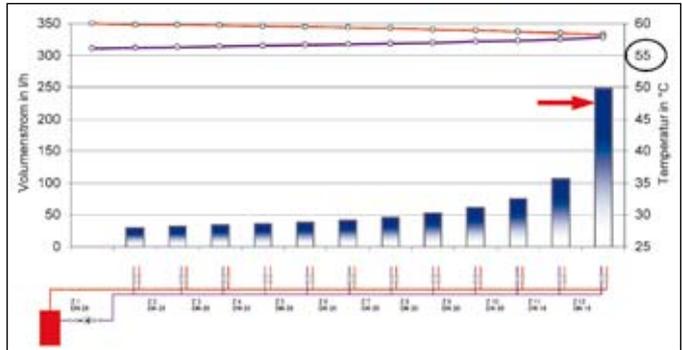


Bild: Kemper

Je weiter eine Steigleitung vom Trinkwassererwärmer entfernt liegt, desto mehr Zirkulationsvolumenstrom benötigt sie

Wie viel wo hin?

Handelt es sich um eine Wassererwärmungsanlage mit zwei oder mehreren Steigleitungen, muss ermittelt werden, wie der Fördervolumenstrom auf die einzelnen Steigleitungen verteilt werden muss, um die Wärmeverluste auszugleichen. Man geht dazu in der Fließrichtung des Warmwassers, beginnend am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers, vor. Die Zirkulationspumpe „drückt“ den Fördervolumenstrom aus dem Speicher in die Warmwasserleitung. Am Abzweig der ersten Steigleitung stellt sich die Frage, wie viel vom Fördervolumenstrom in den Abzweig gedrückt werden muss, um die Wärmeverluste in der Steigleitung auszugleichen. Wie groß der abzweigende und der durchfließende Volumenstrom sein müssen, wird mit diesen Formeln ermittelt:

$$\dot{V}_d = \dot{V} \cdot \frac{\dot{Q}_d}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d}$$

$$\dot{V}_a = \dot{V} \cdot \frac{\dot{Q}_a}{\dot{Q}_a + \dot{Q}_d}$$

\dot{V} = ankommender Volumenstrom

\dot{V}_a = Volumenstrom in abzweigende Warmwasserleitung

\dot{V}_d = Volumenstrom in durchgehender Warmwasserleitung

\dot{Q}_a = Wärmeverlust in abzweigender Warmwasserleitung

\dot{Q}_d = Wärmeverlust in durchgehender Warmwasserleitung

Anstatt mit der Formel zu rechnen, kann man natürlich auch den durchgehenden Volumenstrom ermitteln, indem man den abzweigenden Volumenstrom vom ankommenden Volumenstrom subtrahiert. Setzt man die Berechnung der Volumenströme nach dem ersten Abzweig fort, wird zur Betrachtung der Volumenstromverteilung am nächsten Abzweig der zuvor ermittelte „Volumenstrom in durchgehender Warmwasserleitung“ wieder zum „ankommenden Volumenstrom“ und die Formeln werden erneut angewandt. Auf diese Weise wird ermittelt, welche Volumenströme in den Warmwasserleitungen zirkulieren müssen, um in Zeiten der Nichtbenutzung einer Abkühlung entgegenzuwirken.

Je weiter desto mehr

Bei der Berechnung fällt auf, dass die nötigen abzweigenden Zirkulationsvolumenströme immer größer werden, je länger der Fließweg des Warmwassers ist. Mit dem Berech-



Bild: Kemper

Mit Hilfe von Strangregulierventilen wird der Zirkulationsvolumenstrom für jede Steigleitung exakt eingestellt

nungsverfahren wird also berücksichtigt, dass der Wärmeverlust in der Warmwasserleitung mit jedem Meter Leitung zunimmt. Strömt der Zirkulationsvolumenstrom durch die Warmwasserleitung, kühlt das zirkulierende Wasser ab. Um auch die Wärmeverluste in weiter vom Trinkwassererwärmer entfernt liegenden Steigleitungen auszugleichen, sind folglich größere Volumenströme nötig. Damit die Verteilung des Zirkulationsvolumenstromes auf die einzelnen Steigleitungen wie berechnet erfolgt, müssen Strangregulierventile eingebaut werden. An diesen kann der Volumenstrom für jede Steigleitung exakt eingestellt werden.

Immer langsam voran

Die Volumenströme müssen über die Zirkulationsleitungen wieder zum Trinkwassererwärmer transportiert werden. Den Teilstrecken der Zirkulationsleitung zum Trinkwassererwärmer hin folgend, sind die Volumenströme also lediglich zu addieren, da

die Zirkulationsleitung quasi der „Rücklauf“ der Warmwasserleitung ist. Für die so ermittelten Volumenströme der einzelnen Teilstrecken einer Zirkulationsanlage werden dann aus den Rohrdimensionierungstabellen der DIN 1988-3 [3] die nötigen Rohrnennweiten ermittelt. Dabei ist die Fließgeschwindigkeit in der Zirkulationsleitung zu beachten: Diese sollte mit 0,2 m/s bis 0,5 m/s ausgelegt werden; sie darf maximal 1,0 m/s betragen, wenn Pumpen mit relativ großen Förderhöhen zur Verfügung stehen. Um den hydraulischen Abgleich des Zirkulationssystems zu erreichen, sollten pumpennahe Leitungen für eine Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/s (bzw. 1,0 m/s) ausgelegt sein. Leitungen, die weiter entfernt von der Zirkulationspumpe liegen, sollten mit einer Fließgeschwindigkeit von maximal 0,3 m/s betrieben werden. Dabei müssen Zirkulationsleitungen einen Mindestinnendurchmesser von 10 mm haben.

Den ungünstigsten Weg finden

Wurden unter Berücksichtigung dieser Einflussgrößen die Nennweiten der Teilstrecken eines Zirkulationssystems festgelegt, sind auch die Rohrreibungsdrukverluste, die in den Teilstrecken entstehen, bekannt. Die Rohrreibungsdrukverluste der

möglichen Fließwege werden addiert. Ein solcher Fließweg führt immer von einer in die Zirkulation eingebundenen Steigleitung zum Trinkwassererwärmer (z. B. Fließweg 1 = Steigleitung 3 bis Speicher /

Fließweg 2 = Steigleitung 2 bis Speicher / Fließweg 3 = Steigleitung 1 bis Speicher). Dabei werden nur die Druckverluste erfasst, die in den zugehörigen Zirkulationsleitungen entstehen. Druckverluste, die der Zirkulationsvolumenstrom auf seinem Weg durch die Warmwasserleitungen erfährt, bleiben unberücksichtigt, da diese verschwindend gering sind. Schließlich sind die Warmwasserleitungen ja für ganz andere

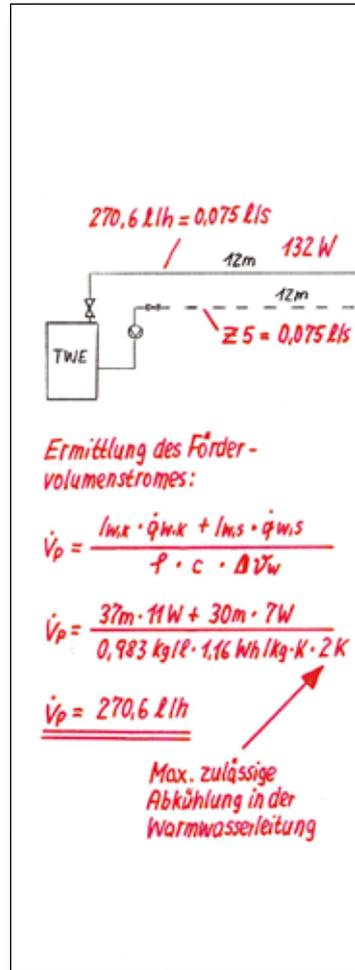


Bild: Fernlehrgang „Sicherheitstechnik an häuslichen Bewässerungsanlagen“, Fachverband NRW

Dictionary	
Strömungsgeschwindigkeit	Flow speed
Warmwasserbereitung	hot water generation
Zentrale Trinkwassererwärmungsanlage	central drinking water heating system
Zirkulationsanlage	circulation-system

Volumenströme berechnet. Diese Additionen lassen erkennen, auf welchem der Fließwege das Wasser den größten Druckverlust erfährt. Auf dem Druckverlust des ungünstigsten Fließweges der Zirkulation (also der Fließweg mit dem größten Druckverlust in der Zirkulationsleitung) werden dann 20 bis 40 Prozent für Einzelwiderständedruckverluste aufgeschlagen. Damit ist der größtmögliche Druckverlust des Zirkulations-

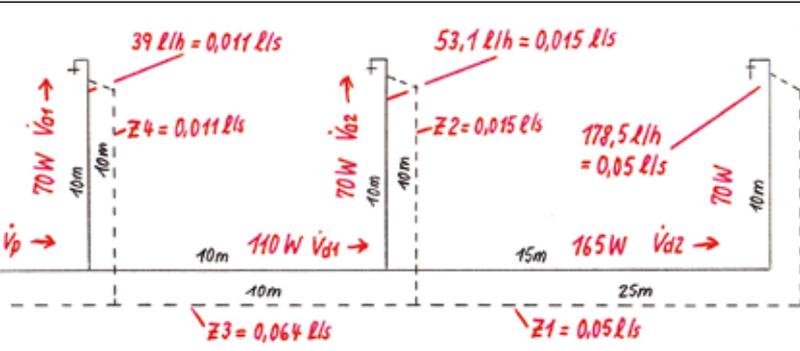
onssystems ermittelt. Dieser Druck entspricht dem notwendigen Förderdruck der Zirkulationspumpe.

Stimmen die Zirkulationsvolumenströme auf allen Fließwegen und sind die Nennweiten der Zirkulationsleitungen passend ausgewählt ist sicher, dass der Anlagenbenutzer nicht lange auf das warme Wasser warten muss. Vor allem aber liegt die Betriebstempe-

ratur der Warmwasserleitungen an keiner Stelle unter 58°C. Und das mögen Legionellen nun mal gar nicht so gerne.

Literaturnachweis:

- [1] EnEV: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 553: Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwasser-Erwärmungsanlagen
- [3] DIN 1988-3: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Ermittlung der Rohrdurchmesser



Die ganze Berechnung auf einen Blick: Ermittlung des Fördervolumenstromes, Ermittlung der Teilvolumenströme, Bestimmung der Nennweiten und des Pumpenförderdruckes

Ermittlung der Teilvolumenströme:

Hier immer alle nachfolgenden Q

$$\dot{V}_{a1} = \dot{V}_p \cdot \frac{\dot{Q}_{a1}}{\dot{Q}_{a1} + \dot{Q}_{d1} + \dot{Q}_{a2} + \dot{Q}_{d2}}$$

$$\dot{V}_{a1} = 270,6 \text{ l/h} \cdot \frac{70W}{70W + 110W + 70W + 165W + 70W}$$

$$\dot{V}_{a1} = 39 \text{ l/h}$$

$$\dot{V}_{d1} = \dot{V}_p - \dot{V}_{a1}$$

$$\dot{V}_{d1} = 270,6 \text{ l/h} - 39 \text{ l/h}$$

$$\dot{V}_{d1} = 231,6 \text{ l/h}$$

$$\dot{V}_{a2} = \dot{V}_{d1} \cdot \frac{\dot{Q}_{a2}}{\dot{Q}_{a2} + \dot{Q}_{d2}}$$

$$\dot{V}_{a2} = 231,6 \text{ l/h} \cdot \frac{70W}{70W + 165W + 70W}$$

$$\dot{V}_{a2} = 53,1 \text{ l/h}$$

$\dot{V}_{d2} = \dot{V}_{d1} - \dot{V}_{a2}$

$\dot{V}_{d2} = 231,6 \text{ l/h} - 53,1 \text{ l/h}$

$\dot{V}_{d2} = 178,5 \text{ l/h}$

Rohrmaterial: Kupferrohr DINEN 1057

Teilstrecke	Rohrlängungslänge	Burmen-durch-fuß	Salz-durch-fuß	Nennweite	Rechner-fließge-schwin-digkeit	Rohr-nen-nweite	Druck-verlust aus Rohr-reibung
TS	l	mm	mm	DN	m/s	R	f · l · mbar
1	2	3	4	5	6	7	8
Z1	25	0,05		15	0,25	0,8	20
Z2	10	0,015		10	0,25	1,6	16
Z3	10	0,064		15	0,35	1,5	15
Z4	10	0,011		10	0,25	1,6	16
Z5	12	0,075		15	0,40	1,9	23

Druckverlust ungünstigster Fließweg: 58 mbar
 Pumpenförderdruck: 58 mbar + 20% = 69,6 mbar